ПРОБНЫЕ ВЕРСИИ ПО, DVD ROM
УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ,
А ТАКЖЕ ЭКСКЛЮЗИВНЫЕ
БИБЛИОТЕКИ ЗВУКОВ!

РЕАЛЬНЫЙ МИР

Цифровой звук

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Создаем студию звукозаписи

Синтезаторы и эффекты

Запись и мастеринг

С компьютером на сцену

И многое другое!

ПИТЕР КИРН

REAL WORLD Digital Audio

Industrial-Strength Production Techniques

Peter Kirn

Peachpit Press

РЕАЛЬНЫЙ МИР
Цифровой звук

Питер Кирн

ВИЛЬЯМС

Москва • Санкт-Петербург • Киев
2008

ББК 32.973.26-018.2.75
К43
УДК 681.3.07

Издательский дом "Вильямс"

Зав. редакцией *С.Н. Тригуб*

Перевод с английского и редакция *С.А. Добродеева*

По общим вопросам обращайтесь в Издательский дом "Вильямс" по адресу:
info@williamspublishing.com, http://www.williamspublishing.com
115419, Москва, а/я 783; 03150, Киев, а/я 152

Кирн, Питер.

К43 Цифровой звук. Реальный мир: Пер. с англ — М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2008. — 720 с. : ил. — Парал. тит. англ.

ISBN 978-5-8459-1324-1 (рус.)

Практическое руководство энциклопедического характера по использованию компьютерных технологий в звукозаписи и музыкальном творчестве, охватывающее все аспекты создания музыкальной продукции: подбор оборудования и ПО, запись, редактирование и добавление эффектов, микширование и подготовка мастера-оригинала фонограммы, синтез звука, MIDI-технология и виртуальные инструменты, озвучивание видеозаписей, автоматизация управления музыкальным комплексом.

Книга рассчитана на читателей, желающих освоить компьютерные технологии работы с цифровым звуком на профессиональном уровне.

ББК 32.973.26-018.2.75

Все названия программных продуктов являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

Никакая часть настоящего издания ни в каких целях не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на это нет письменного разрешения издательства PeachPit Press.

Authorized translation from the English language edition published by PeachPit Press., Copyright © 2006 by Peter Kirn.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Russian language edition is published by Williams Publishing House according to the Agreement with R&I Enterprises International, Copyright © 2008.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher

ISBN 978-5-8459-1324-1 (рус.)
ISBN 0-321-30460-8 (англ.)

© Издательский дом "Вильямс", 2008
© by Peter Kirn, 2006

Оглавление

Введение. Технологии для музыкального творчества 19

Глава 1. Основы теории цифрового звука 26

Глава 2. Выбор инструментов 73

Глава 3. Установка оборудования студии 120

Глава 4. Подготовка компьютера для работы со звуком 149

Глава 5. Быстрые наброски композиции с помощью MIDI- и аудиообразцов 179

Глава 6. Запись инструментов и звуков 214

Глава 7. Обработка и эффекты 259

Глава 8. MIDI: ноты, ритмы и техника исполнения 344

Глава 9. Методы синтеза звука и программные инструменты 416

Глава 10. Монтаж фонограммы: аранжировка, микширование и подготовка мастера-оригинала звукозаписи 496

Глава 11. Создание компьютерной нотной партитуры 565

Глава 12. Музыка и звук для видео 604

Глава 13. Компьютерные аудиотехнологии на сцене 639

Приложение. Информация, записанная на DVD 705

Предметный указатель 707

Содержание

Введение. Технологии для музыкального творчества 19

Структура книги 20

На кого рассчитана эта книга 22

Как пользоваться этой книгой 23
- Ключевые вопросы 23
- Информация, записанная на прилагаемом к книге DVD, и практические примеры 23
- Интернет-ресурсы 24
- Использование книги в качестве учебника 24
- Ключевые пиктограммы 24

Глава 1. Основы теории цифрового звука 26

Как рождается звук 27
- Параметры звуковой волны 30
  - Амплитуда 30
  - Частота 31
- Синусоидальные волны и форма звукового сигнала 33
  - Познакомимся поближе с синусоидальной волной 33
  - Обертоны 33
  - Фаза 37
  - Что происходит при наложении волн друг на друга 38

Восприятие звука на слух 41
- Как мы различаем на слух высоту тона 41
  - Диапазон слышимых частот 41
  - Основной тон 42
  - Низкие тоны, высокие тоны и октавы 42
  - Музыкальные интервалы и тональности 44
  - Музыкальные интервалы и цифровые технологии обработки звука 46
- Как мы различаем громкость 47
  - Шкала децибелов 48
  - Использование разных логарифмических единиц измерения для разных величин 48
  - Громкость звука и цифровые технологии обработки звука 49
  - Как мы различаем тембр звука 51
- Как выглядит звук в программе обработки звука 51

Звук в цифровой форме 55
- Преобразователи 56
- Аналоговый и цифровой аудиосигналы 56
  - Аналоговый аудиосигнал 57
  - Цифровой аудиосигнал 58

Качество оцифрованного звука 60
Частота дискретизации и ширина полосы частот сигнала 61
Разрядность квантования сигнала по уровню и соотношение "сигнал– шум" 64
Стандартные значения частоты дискретизации и разрядности квантования, используемые в аудиотехнике 65
Файловые форматы цифровой звукозаписи 66
MIDI 69
Закрепление полученных теоретических знаний на практике 72

Глава 2. Выбор инструментов 73

Входы и выходы 74
Запись и воспроизведение: преобразователи 75
Устройство сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером 76
Разбираемся с аудиовходами и аудиовыходами 79
Аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразование аудиосигнала 80
Подключение к компьютеру 80
ПО, входящее в комплект оборудования сопряжения 82
Пульты управления студийным комплексом 82
Комбинированные устройства 82

Какой компьютер выбрать 84
Выбор операционной системы 84
Mac OS и Windows в сравнении 85
Linux 85
Настройка конфигурации компьютера 90
Заказные и музыкальные компьютеры 94

Инструменты для работы со звуком и музыкой 97
Возможности программного обеспечения 97
Многодорожечная запись/редактирование 97
Секвенсинг 98
Редактирование формы сигнала 99
Редактирование, базирующееся на использовании образцов звуков 100
Редактирование, базирующееся на использовании циклически повторяемых аудиообразцов 101
Технология синтеза звуков (музыкальные инструменты) 101
Обработка сигнала (эффекты) 102
Обработка выходного аудиосигнала гитары 102
Мастеринг 104
Специализированные приложения для ди-джеев 104
Нотная запись 105
Модульность и интерактивное управление 105
Узкоспециализированные утилиты 107
Создание программной студии 107
Интегрированные рабочие станции 107
Программное оснащение студии звукозаписи путем комбинации различных программ 112
Оснащение студии аппаратными средствами 113

Прежде чем покупать, прицените 116

Глава 3. Установка оборудования студии 120

Обустройство рабочего места 121
Эргономика 121
Звукоизоляция и звукопоглощающие конструкции 122
Размещение акустических систем 124

Соединяем аппаратуру 126
Типы разъемов 127
Видеокабели 131
Согласование кабелей с входами/выходами аппаратуры по типу разъема 131
У каждого разъема есть своя "половинка" 132
Моно, стерео и многоканальные соединения 132
Согласование входов и выходов по напряжению сигнала 133
Согласование входов/выходов по сопротивлению 134
Шумы и фон переменного тока 135
Симметричное и несимметричное подключения 136
Цифровой аудиоинтерфейс 138
Учимся правильно подключать аппаратуру на реальных примерах 142
Компьютерный аудиоинтерфейс 143
Аппаратный микшер 145

Глава 4. Подготовка компьютера для работы со звуком 149

Подключение виртуальной студии 150
Установка и конфигурирование аппаратного обеспечения для работы со звуком 150
Аудиодрайверы и операционные системы 151
Операционная система Mac OS X: Core Audio 151
Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Mac OS X 152
Операционная система Windows: форматы WDM и ASIO 154
Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Windows 155
Операционная система Linux: формат ALSA 157
Конфигурирование интерфейса 158
Задержка 158
Настройки режима работы 158
Инсталляция подключаемых модулей эффектов и инструментов 159
Стандартные, ориентированные на определенную операционную платформу, форматы подключаемых модулей 159
Фирменные форматы подключаемых модулей для программной платформы компании *Digidesign* 160
Где на жестком диске хранятся инсталлированные подключаемые модули 163
Операционная система Mac OS X 163
Операционная система Windows 163

Обслуживание виртуальной студии 165
Защита от копирования и защитные заглушки 165
Методы защиты от копирования 165
Копирование с защитой от копирования 166

Текущее обслуживание дисковой памяти компьютера 168
Оптимизация скорости обработки аудиоинформации 171
Рекомендации пользователям Mac OS X 174
Рекомендации пользователям Windows 176

Глава 5. Быстрые наброски композиции с помощью MIDI- и аудиообразцов 179

MIDI-образцы и циклически повторяемые аудиообразцы 180
Как отличить MIDI-образец (pattern) от аудиообразца (loop) 181
Независимое изменение высоты тона и темпа 182
Музыка из готовых образцов 185

Создаем дорожку аккомпанемента в приложении GarageBand 185
GarageBand: первое знакомство 186
Дополнительное оборудование 188
Практическое занятие 1. Приступаем к сочинению и выбираем аудиообразцы (loop) 188
Практическое занятие 2. Создаем простую аранжировку 191
Практическое занятие 3. Совершенствуем структуру сочинения 193
Практическое занятие 4. Микшируем и записываем 197
Обнародуем готовое исполнение: iTunes 199
Углубленный курс работы в GarageBand 200

Создаем автомат музыкальных ритмов (Kinetic) 202
Первое знакомство с программой Kinetic 203
Дополнительное оборудование 205
Практическое занятие 1. Патчи, образцы и ритмы 205
Практическое занятие 2. Создаем набор образцов музыкальных ритмов 208
Практическое занятие 3. Переходим к танцам 210
Углубленный курс работы в Kinetic 212

Глава 6. Запись инструментов и звуков 214

Характеристики микрофонов 215
Направленность микрофона 218
Диаграмма направленности 218
Эффект близости и кардоидная диаграмма направленности микрофона 218
Выбор диаграммы направленности микрофона 220
Типы и варианты конструкции микрофонов 220
Динамические микрофоны 222
Конденсаторные микрофоны 224
Ленточные микрофоны 227

Применение микрофонов 230
Принципы размещения микрофонов 230
Размещение микрофона вплотную и на удалении 230
Расставляем микрофоны 234
Микрофонная запись обычных музыкальных инструментов 235
Вокал 236
Рояль 237

Электрогитара и бас-гитара (с усилителем) 240
Акустическая гитара 242
Ударная установка 243
Семейство медных духовых инструментов 246
Деревянные духовые инструменты 247
Струнные инструменты 248
Другие распространенные варианты звукозаписи 250

Цифровая звукозапись 250
Установка уровней 251
Запас динамического диапазона 251
Нелинейные искажения (дистошн) 253
Прослушивание 254
Способы записи 254
Практика: приступаем к делу! 255
Приложение Audacity 256
Приложение Ableton Live 256

Глава 7. Обработка и эффекты 259

Основы цифровой обработки сигналов 260
В чем заключается обработка сигналов 260
Цифровая обработка сигналов 261
Деструктивная и недеструктивная обработки в сравнении 262
Использование эффектов, не реализуемых в режиме реального времени 264
Плавное изменение уровня сигнала 264
Скорость, ритм и тональность 265
Нормализация 265
Реверс 267
Маршрутизация сигнала при использовании процессоров, работающих в режиме реального времени 268
Что такое канал 268
Канальная панель 269
Механизм insert (вставка) 271
Механизм send/return (посылка/возврат) 271
Механизм side-chaining (через боковую цепь) 275
Практика: добавление эффектов в Ableton Live 276
Вставляем эффект 276
Подключаем эффект, используя механизм send 277

Частотная коррекция 279
Варианты амплитудно-частотных характеристик фильтров 279
Фильтры верхних и нижних частот 279
Сглаживающий (shelving) фильтр 282
Обостряющий (peaking) фильтр 283
Комбинированные инструменты фильтрации: эквалайзеры 285
Многополосный параметрический эквалайзер 286
Графические эквалайзеры 290
Ди-джеевский эквалайзер 291
Степ-фильтр и другие музыкальные эффекты 292
Практика: коррекция спектра сигнала в Ableton Live 294

Процессоры динамических характеристик 297
Компрессор 298
Ограничитель 301
Экспандер 302
Пороговый шумоподавитель 304
Универсальные процессоры динамических характеристик 305
Формирователь огибающей 309
Коррекция огибающей 310
Практика: коррекция динамических характеристик сигнала в Ableton Live 311
Компрессор 312
Пороговый подавитель 313

Эффекты во временной области 314
Процессор задержки/эффекта "эхо" 314
Ревербератор 316
Традиционные цифровые ревербераторы 318
Сверточный ревербератор 319

Процессоры спецэффектов 323
Процессоры искажений 323
Искажения общего характера 324
Цифровые искажения 325
Модуляция 326
НЧ-модуляция 327
Стандартные применения модуляции 327
Практика: модулируемый фильтр в Ableton Live 329
Кольцевая модуляция 332
Вокодер 333
Коррекция высоты тона 336
Подавление помех/восстановление качества звука 339
Утилиты 340

Глава 8. MIDI: ноты, ритмы и техника исполнения 344

MIDI-порты: входы, выходы и транзитные выходы 345
Отправка, прием и обработка MIDI-сообщений 345
Контроллеры 345
Приемники 346
Секвенсеры 347

Подключение инструментов и аппаратуры 348
USB и FireWire 348
5-контактный MIDI-разъем 348
Клавиатуры 353
Сольные и бас-гитары 355
Барабаны и другие ударные инструменты 357
Другие музыкальные инструменты 361
Конфигурирование секвенсеров и MIDI-приложений 363
Программы и каналы 363

Конфигурирование MIDI-входа 365
Конфигурирование MIDI-выхода 365
Конфигурирование и запись аудиосигналов 365

Как MIDI-технология моделирует исполнения 367
Спецификация и реализации стандарта MIDI 368
Нота, тон и скорость 370
События note-on и note-off 370
Длительность и "залипшие" ноты 373
Номер ноты 374
Параметр velocity 374
Практика: игра на клавишном инструменте 375
Как усилить выразительность 377
Плавное изменение высоты тона (pitch-bend) 379
Параметр aftertouch 379
Сообщения типа control change 380
Практика: реалистичное звучание язычковых духовых инструментов с помощью амплитудной и частотной модуляции и выбора диапазона звучания 384
Программы звука и группы программ звука 386
Системные сообщения 388
Сообщения типа SysEx 388
MIDI-сообщения типа Time Code и clock 389

Запись исполнения 391
Синхронизация темпа исполнения 391
Функции Overwrite (перезапись) и Merge (наложение) 392
Функция Split (разделение) 394
Функция Step Entry (пошаговый ввод) 394
Компьютерные (QWERTY) и виртуальные клавиатуры 394

Редактирование MIDI-исполнений и манипулирование ими 395
Способы отображения и редактирования MIDI-записи 395
Нотация в виде тональной развертки во времени (piano roll) 396
Графическое редактирование регулировок 396
Редактирование событий 397
Редакторы ритмов 398
Квантование 398
Квантование по заданному ритмическому трафарету (groove quantization) 400
Квантование аудиозаписей 400
Практика: запись и редактирование MIDI-клипов 401
MIDI-эффекты 405
MIDI-эффекты в "живом" исполнении 406
Использование режиссерских пультов 407
Шаблоны конфигурации 407
Функция обучения (MIDI Learn) 409
Практика: назначаем MIDI-регулятор 410
Варианты применения: работаем с микшерами и инструментами 411
Использование формата SMF 412

Глава 9. Методы синтеза звука и программные инструменты 416

Основы синтеза звука 417
Что такое синтез звука 417
В каких вариантах используются синтезаторы 418
Элементы патча синтезатора 419
Самодельные патчи 419
Генераторы 423
Голоса и многоголосие 423
Настройки высоты тона 424
Основные методы синтеза звука 426
Аналоговый метод субтрактивного синтеза звука 428
Методы ЧМ-синтеза и аддитивного синтеза звука 430
Сэмплеры и проигрыватели сэмплов 432
Другие методы синтеза 434
Методы синтеза звучания гитары 435
Физическое моделирование 436

Сэмплеры и воспроизведение сэмплов 437
Библиотеки сэмплов 438
Создание установок для сэмплеров 441
Раскладка клавиатуры 441
Раскладка клавиатуры для набора ударных инструментов 443
Циклически повторяемые аудиообразцы (loop) и стартовые точки 445
Технология воспроизведения сэмплов, позволяющая учитывать технику исполнения: параметр velocity 447
Потоковая передача данных из оперативной памяти и с жесткого диска 451
Фильтры, модуляция и эффекты 451
Практика: базовые приемы работы с сэмплами в Ableton Live 452
Практика: настройка набора ударных инструментов в программе Impulse 454

Составные элементы технологий синтеза звука: виртуальные аналоговые инструменты 456
Сигналы простой формы и тембры 457
Синусоидальное колебание 460
Треугольное колебание 462
Пилообразное колебание 462
Прямоугольное колебание 465
Огибающие 467
Что такое огибающая 468
Форма огибающей 468
Практика: ADSR и амплитуда 470
Микширование сигналов генераторов 474
Практика: микширование и расстройка 474
Метод кольцевой модуляции 475
Синхронизация генераторов и тембр звука 478
Частотная модуляция (ЧМ) 479
Использование фильтров в субтрактивном синтезе 480
Анатомия фильтрации 481

Меню Mode 482
Настройка Cutoff 483
Практика: параметр resonance и самовозбуждение 483
Способы модуляции характеристик фильтра по времени звучания и высоте тона ноты 484
Практика: тонкая настройка с помощью фильтра тембра звучания, характерного для медных духовых инструментов 485
Практика: "качание" характеристик фильтра 486

Модуляция и эффекты 487
Что такое модуляция 487
Функциональные схемы реализации модуляции 487
НЧ-генераторы (LFO) 489
Синусоидальное колебание 490
Треугольное и пилообразное колебания (ramp up/down) 490
Прямоугольное колебание 491
Случайное колебание 491
Эффекты 492
Следующие шаги 494

Глава 10. Монтаж фонограммы: аранжировка, микширование и подготовка мастера-оригинала звукозаписи 496

Аранжировка 497
Файл сведения проекта 498
Недеструктивное редактирование 498
Управление файлами 500
Графический редактор аранжировки (Arrangement View) и временная шкала (Timeline) 500
Ритмические сегменты и доли такта в аудиозаписи 502
Инструменты автоматического обнаружения ритмических интервалов 502
Как работает технология "деформирования" 505
Использование технологии деформирования при работе с музыкой 506
Регионы 508
Метки и координатные сетки 510
Дорожка темпа 511
Метки аранжировки и перегруппировка 513

Микширование 514
Регулятор уровня микшируемого сигнала и канальная панель 515
Регулировка коэффициента передачи 516
Группирование регуляторов громкости и дорожек 518
Стратегии микширования 520
Балансирование 520
Пространство звука и обработка сигналов 522
Процессоры динамических характеристик и баланс 522
Частотная коррекция и баланс 523
Создание эффекта пространственного разнесения источников звука 524
Стереозвук 525

Объемный звук 528
Тиражирование звукозаписей в формате объемного звука 532
Автоматизация регулирования параметров микширования и огибающие 534
Автоматизация регистрации управляющей информации 535
Рисуем огибающие 538

Сведение фонограммы, создание мастера-оригинала и тиражирование готовой звукозаписи 540
Контрольная фонограмма: тестирование звукозаписи 541
Эффекты, предназначенные для использования на стадии подготовки мастера-оригинала записи 543
Варианты использования эффектов на стадии подготовки мастера-оригинала 544
Эквалайзеры 545
Динамический диапазон 546
Расширители стереобазы, возбудители/расширители и другие инструменты отделки 548
Сведение и экспорт 549
Сглаживание (dithering) и качество экспортируемой звукозаписи 551
Распространение готовых звукозаписей 553
CD 553
DVD 556
Распространение по сети 558
Коллективная работа над проектами 562

Глава 11. Создание компьютерной нотной партитуры 565

Какие задачи решает ПО нотной записи 566
Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) в сопоставлении со специализированными программами 571

С чего начинается нотная партитура 574
Шаблоны и инструменты быстрого старта 574
Ввод нот 575
Ввод с помощью мыши 576
Ввод с помощью компьютерной клавиатуры 577
Пошаговый ввод нот с помощью MIDI-клавиатуры 580
Запись в режиме реального времени 580
Импорт нотных данных из формата SMF 583
Сканирование нотных партитур 585
Транскрибирование звука 587
Верстка партитуры 587

Распечатка, воспроизведение и коллективное использование партитуры 591
Верстка нот 592
Партитуры и инструментальные партии 593
Воспроизведение и интерпретация 596
Распространение файлов нотных записей 600
Формат PDF 600
Формат MIDI 601

Формат аудио 601
Публикация в Web и электронная коммерция 601
Формат MusicXML 603

Глава 12. Музыка и звук для видео 604

Синхронизация, программы и форматы 605
Синхронизация звука и изображения 605
Требования к ПО аудиозаписи для озвучивания видео 606
Управление файлами видеозаписи 608
Техпроцесс 608
Файловые форматы и кодирование 609
Комплексные пакеты ПО 612
Форматы для обмена данными между приложениями 612
Время, кадры и временной код SMPTE 613

Музыкальное оформление для видео 616
Разметка и точки привязки 616
Коррекция темпа 618
Синхронизация в программах нотной записи 618
"Живое" исполнение музыкального сопровождения 620
Экспорт аудиозаписи для переноса в программу видеомонтажа 621

Практика видеосъемки 621
Озвучивание при раздельной записи видео и звукового сопровождения 622
Запись и привязка по времени 623
"Хлопушки" и нумераторы 623
Сигнал временного кода 625
Стандарты записи 629
Монтаж: захват и синхронизация 630
Захват видео- и аудиоданных 633
Синхронизация 635
Синхронизация диалога 637

Глава 13. Компьютерные аудиотехнологии на сцене 639

Цифровые аудиотехнологии в сценическом выступлении 640
Инструменты для "живого" исполнения 642
Манипулирование звуками 643
Игра одновременно на нескольких инструментах 645
Базовые приложения для подключения программных синтезаторов 647
Арпеджиаторы и генераторы MIDI-трафаретов 649
Арпеджиаторы 649
Генератор MIDI-трафаретов на свой вкус 650
Манипулирование эффектами в "живом" выступлении 652
Задержка воспроизведения звука при "живом" исполнении 653
Подключение и отключение эффектов 654
Управление в режиме реального времени 655
Синхронизация 659
Синхронизация ритма: "ведущий" и "ведомый" 659
Технология ReWire 660

Синхронизация по MIDI-интерфейсу 662
Отбиваем такт 665
Сетевые компьютеры и распределенная обработка данных 666

Аранжировка в процессе выступления и клипы 668
Заготовленные аранжировки 668
Режиссерские реплики 669
Метрономные дорожки 669
Оперативные аранжировки по ходу выступления: манипулирование аудио- и MIDI-клипами 670
Запуск MIDI- и аудиоклипов в программе Ableton Live 672
Запуск аудиоклипов с помощью барабанных сэмплеров 676
Раскладка клипов по аппаратным MIDI-манипуляторам 677
Запись сэмплов во время выступления 678

Ди-джеинг и новые аранжировки музыкальных композиций в ходе выступления 681
DJ-микшеры 682
Программное обеспечение для ди-джеинга 683
Управление файлами 686
Инструменты режиссуры и управления тональностью 686
Служебный канал звука для прослушивания через наушники 687
"Царапание" звука с помощью компьютера 688
Подключение проигрывателя 689
Управление компьютером с помощью грампластинки 690
Альтернативная аппаратура для реализации технологии "царапания" 694

Индивидуальная "подгонка" программного обеспечения для выступлений 695
Правильный выбор интерактивного инструмента 696
Как осваивать эти утилиты 699
Футуристическая интерактивная музыка 702

Приложение. Информация, записанная на DVD 705

Папки Tools и Extras 705

Папка Soundware 706

Предметный указатель 707

Благодарности

Хотя на обложке этой книги указан один автор, книга является плодом усилий замечательной команды. Автор благодарит всех сотрудников издательства *Peachpit Press*, в частности Гэри Носворти (Gary Norsworthy) за ее неустанное руководство, Анну-Мари Волкер (Anne-Marie Walker), Симми Ковер (Simmy Cover), Дэвида Лейшмана (David Leishman), Эрика Джеффри (Eric Geoffrey) и нашу талантливую рабочую группу. Спасибо Джиму Айкину (Jim Aikin), благодаря интуиции и беспримерному опыту которого работа над книгой шла по плану, и Туве Фридман (Tova Friedman), иллюстрации которой стали украшением книги.

Спасибо всем, кто щедро делился своими знаниями, в частности пионеру электронной музыки Кертису Роудсу (Curtis Roads) из Калифорнийского университета (University of California), Бену Чадаби (Ben Chadabe) из ассоциации *Electronic Music Foundation*, Джону Эпплтону (Jon Appleton) из Дартмутского колледжа (Dartmouth College), ударнику Полю Вертико (Paul Wertico), редактору-монтажеру Павлу Вдовчаку (Pawel Wdowczak), Фрэнку Вердероса (Frank Verderosa) из *Nutmeg Audio Post*, специалисту в области аппаратного обеспечения Линдсею Вильямсу (Lyndsay Williams) из *Microsoft Research Cambridge*, музыковеду Алану Ричтмаеру (Alan Richtmyer) и музыкантам Тиму Плэйсу (Tim Place), Роберту Хенке (Robert Henke) и Тиму Иксайлу (Tim Exile).

Многие работники музыкальной индустрии предоставили образцы своей продукции для тестирования, а также поделились своими техническим опытом и идеями. Это, в частности, Стив Томас (Steve Thomas) и Джесси Джост (Jesse Jost) из компании *Cakewalk*, Тобиас Тон (Tobias Thon) из компании *Native Instruments*, Дейв Хилл (Dave Hill) из компании *Ableton*, Кристина Вилхелми (Christine Wilhelmy) из компании *Apple*, Майк Лохмэн (Mike Lohman) из компании *Shure*, Рейнел Эйджэр (Reinel Adejar) из компании *Digidesign*, Лашандра Хикс (LaShundra Hicks) из *Akai/Alesis/Numark*, Марша Вдовин (Marsha Vdovin), представлявшая компании *Cycling '74* и *Propellerhead*, Джим Купер (Jim Cooper) из компании *MOTU*, Лесли Баттонов (Leslie Buttonow) из компании *Korg*, Тара Каллахэн (Tara Callahan) из компании *Roland*, Шэйн Свишер (Shane Swisher) из компании *Yamaha*, Старр Акерман (Starr Ackerman) и Джени Карлиева (Jeni Karlieva) из компании *IK Multimedia* и многие другие, в том числе сотрудники компаний *Sennheiser*, *Novation*, *M-Audio*, *Mackie*, *Denecke*, *MakeMusic*!, *Sibelius*, *FXpansion*, *Behringer*, *Edirol*, *Brian Moore Guitar*, *Ms. Pinky*, *Auralex Acoustics*, *Fervent Software*, *Executive Software* и *TrackTeam Audio*.

От всей души выражаю признательность моему учителю в области электронной музыки Джону Янелли (John Yannelli) из колледжа *Sarah Lawrence College*, чья настойчивость в стремлении помочь желающим разобраться в этих вопросах всегда служила для меня примером, Кристоферу Брину (Christopher Breen) из *Macworld*, наставившему меня на этот путь, моей семье за неутомимую поддержку моих грандиозных проектов и моей коллеге Дженифер за ее блестящий талант терпеливого читателя и терпение, с которым она побуждала меня к этой работе.

ВВЕДЕНИЕ

Технологии для музыкального творчества

Некогда технологии цифровой звукозаписи были исключительной привилегией очень богатых людей, университетских лабораторий и студий звукозаписи, которые стоили миллионы долларов. Времена изменились. Сегодня технологии цифровой звукозаписи и производства музыкальной продукции стали доступны всем, у кого есть компьютер с весьма скромными по современным меркам характеристиками. И традиционная звукозапись — это только начало. Компьютеры — это инструмент, с помощью которого можно сочинять новые музыкальные произведения и создавать новые звуки; это и музыкальный инструмент, и инструмент для озвучивания кинофильмов и звукового сопровождения теле- и радиопередач. Музыкальные студии, оснащенные профессиональным оборудованием, как и раньше, стоят дорого и доступны далеко не всем, а профессиональная подготовка и опыт ценятся на вес золота. Но и любитель в своей домашней студии сможет создавать звукозаписи профессионального качества. Более того, для этого необязательно нужна даже "домашняя" студия. И действительно, ничто не мешает теперь сочинять музыку, сидя в кресле пассажирского самолета, и импровизировать на портативном компьютере прямо во время концертного выступления.

Инструменты, предназначенные для работы с цифровым звуком, стали, по сути, принципиально новым музыкальным инструментом, или, точнее, ансамблем инструментов. Но, хотя современные звуковые технологии становятся все доступнее, предоставляя любому желающему возможность создать восхитительную музыку, никто не обещал, что в совершенстве овладеть этими инструментами будет легко и просто. Для того чтобы научиться хорошо "играть" на таком инструменте, как и на любом другом музыкальном инструменте, необходимо иметь способности и много и упорно учиться.

Новые технологии компьютерного производства музыки предъявляют новые требования и к музыкантам. Теперь уже недостаточно уметь играть на каком-то одном инструменте (например, на рояле или электрогитаре), а все остальные вопросы, касающиеся технологии звукозаписи, переложить на плечи других специалистов. Сегодня музыкантам необходимо уметь сочетать разнообразные возможности современных технологий цифрового звука так, чтобы добиться нужного эффекта. Теперь музыканту приходится быть одновременно и исполнителем, и композитором, и дирижером, и продюсером, и компьютерщиком.

В этой книге собрана информация, необходимая для овладения новыми знаниями и навыками, требующимися для профессиональной работы с цифровым звуком. И хотя разнообразие музыкальных стилей, вкусов и исполнителей поистине неисчислимо, есть круг общих вопросов, которые интересуют нас всех и в которых все мы должны разбираться досконально.

Нам необходимо понимать физическую сущность звука, чтобы эффективно использовать компьютер для обработки звуковой информации. Нам необходимо научиться создавать новые звуки и воссоздавать естественное звучание инструментов. Нам необходимо уметь записывать звучание как акустических, так и электронных музыкальных инструментов, звуки голоса и множество звуков реального мира, окружающих нас, причем записывать так, чтобы на слух качество записанного звука не отличалось от оригинального. Мы хотим распространять свои музыкальные произведения в виде нотных партитур, компакт-дисков, записей, распространяемых через Интернет, в виде фонограмм для видео- и кинофильмов или исполнять их на концертах. Для того чтобы реально научиться этому, необходимо познакомиться с инструментами и технологиями, используемыми для этих целей, решить, какое оборудование и программное обеспечение необходимо приобрести, разобраться в том, как его подключать и какие кабели для этого необходимы, и научиться работать с ним.

Изучение любого предмета, как правило, начинается с усвоения незнакомой терминологии. “А для чего предназначен «экспандер»?”

Студент прочитал название аудиоэффекта в руководстве по программному продукту, который он изучает. В этом руководстве размером с телефонный справочник было вполне достаточно места для того, чтобы подробно объяснить, что означает этот термин. Но вместо того, чтобы дать четкое и понятное объяснение, автор написал нечто невразумительное, понятное, возможно, лишь тем, кто уже знает, что это означает на самом деле. Ну что может понять новичок из следующего текста: “Модуль цифрового экспандера Brand X обеспечивает высококачественное экспандирование входного сигнала звука”?

А что означает “экспандирование”?

Тем, кому уже доводилось оказаться в такой ситуации, по-видимому, не нужно объяснять, зачем необходимы более широкие знания в области технологий цифровой обработки звука. Теперь, когда такой учебник у вас есть, осталось только открыть его. Всем нам знакома ситуация, описанная выше: наверняка любой из нас, даже если он прекрасно разбирается в одних вопросах, может иметь весьма смутное представление о вопросах из других областей знаний, поэтому приступаем к учебе.

Структура книги

Эта книга представляет собой исчерпывающий курс по созданию музыки с помощью компьютерных технологий цифровой звукозаписи. Это практическое руководство, призванное помочь вам в приобретении разнообразных навыков, необходимых для создания музыкальных композиций различных жанров и использования широкой гаммы звуковых эффектов. Для тех, кто уже имеет опыт работы с цифровым звуком, эта книга может служить хорошим справочником, но она составлена таким образом, что последовательно, глава за главой, читая ее, вы приобретете углубленные теоретические знания в этой области, что облегчит вашу дальнейшую работу.

Главы 1–4 посвящены теоретическим основам звукозаписи, а также выбору компонентов аппаратного и программного оснащения и конфигурации студии звукозаписи.

- **Глава 1.** В главе 1 объясняется, что такое звук, как мы различаем звуки и как осуществляется преобразование звука в цифровую форму. Знание этих основ теории поможет вам разобраться в терминологии и концепциях, используемых в современной звукозаписи, и добиться нужных результатов.
- **Глава 2.** В главе 2 приводится обзор современного аппаратного и программного обеспечения и объясняется, для чего предназначен тот или иной из этих продуктов и как правильно подобрать оснащение студий звукозаписи для конкретной цели.
- **Глава 3.** Глава 3 посвящена вопросам конфигурирования и оптимизации компьютера и аппаратного оснащения для работы со звуком на профессиональном уровне.
- **Глава 4.** Глава 4 посвящена вопросам подключения аппаратуры, начиная с объяснения типов и маркировки кабелей (один из наиболее часто задаваемых вопросов) и заканчивая разнообразными вариантами объединения аппаратуры в единый студийный комплекс.

Главы 5–9 охватывают вопросы разнообразных технологий музыкального производства. Читателей могут интересовать те или иные из них.

- **Глава 5.** В главе 5 рассматривается использование разнообразных программных инструментов для создания завершенного музыкального сочинения, при этом особое внимание уделяется двум практическим руководствам для начинающих: одно из них предназначено для пользователей, работающих на операционной платформе ОС Mac, а другое – для пользователей ОС Windows. В этой главе объясняется методика использования технологии циклически повторяемых аудиообразцов (loop) для создания музыкального сочинения на конкретных примерах создания дорожек аккомпанемента и исполнения музыкальных импровизаций путем использования заготовленных образцов музыкальных ритмов (groove).
- **Глава 6.** В главе 6 описываются устройства, принципы работы и приемы использования разнообразных типов микрофонов, в том числе примеры размещения и настройки микрофонов для записи многих широко распространенных музыкальных инструментов.
- **Глава 7.** Глава 7 посвящена методам обработки данных и эффектов, используемых в технологиях цифровой обработки звука. В этой главе вы ознакомитесь с разнообразными эффектами и методами их оптимального использования для создания музыкальной продукции.
- **Глава 8.** Глава 8 представляет собой вводный курс в MIDI-технологию, освещающий вопросы использования этой технологии для записи музыкального исполнения и управления программными средствами.
- **Глава 9.** Глава 9 посвящена созданию и редактированию оригинальных звуков с помощью цифровых инструментов, превращающих компьютер или аппаратный синтезатор в выразительный музыкальный инструмент.

В главах 10–13 обобщаются темы, рассмотренные в предыдущих главах, а также демонстрируются примеры создания законченной работы. Это может быть дорожка звукозаписи, предназначенная для записи на CD или другое средство распространения, нотная партитура, озвученная видеозапись или концертное выступление.

- **Глава 10.** В главе 10 рассматриваются следующие темы: технология превращения "сырого" материала, собранного в аудиопроекте, в законченную фонограмму, файловые форматы, предназначенные для хранения законченной фонограммы, спосо-

бы распространения завершенных музыкальных произведений на CD, DVD и через Интернет.

- **Глава 11.** Глава 11 посвящена созданию, редактированию и распространению нотных записей.
- **Глава 12.** Глава 12 посвящена использованию технологий цифровой звукозаписи в озвучивании видеозаписей и кинофильмов, в том числе синхронизации изображения и звука, коррекции синхроданных и манипулированию ими, а также форматам видеозаписи.
- **Глава 13.** В главе 13 изучаются технологии, предназначенные для превращения компьютера в музыкальный инструмент и его использования в "живом" музыкальном исполнении, начиная с музыкального аккомпанемента и заканчивая интерактивным концертом, в котором применяются синхронизированные с музыкой визуальные эффекты.

На кого рассчитана эта книга

Эта книга предназначена, главным образом, для музыкантов. Но слово "музыкант" понимается в данном случае более широко: оно в равной степени относится к операторам звукозаписи и режиссерам, композиторам и аранжировщикам, ди-джеям и исполнителям, играющим на электромузыкальных инструментах. Если вы используете компьютерные технологии для создания музыкальных сочинений или разнообразных звуков, эта книга написана для вас.

Акустика, MIDI-технология, обработка аудиоданных, технологии синтеза звука, микширование, сведение и мастеринг, нотная запись, озвучивание видеозаписей и электронная музыка на сцене — каждой из этих тем в отдельности посвящено множество книг. Но реальность такова, что очень многим людям приходится использовать эти технологии в самых разнообразных комбинациях. Для решения всего комплекса подобных задач предназначены специальные пакеты программ — Apple Logic Pro, Digidesign Pro Tools, Cakewalk SONAR, оснащенные полным арсеналом инструментов для работы со звуком. Очевидно, что эти технологии определенным образом пересекаются и взаимодействуют друг с другом, как и люди, пользующиеся ими.

Поскольку каждая тема достойна отдельной книги, рассмотреть каждую из них во всех подробностях в этой книге просто нереально. Данная книга делает экскурс во все эти области знаний, начиная с основ. На ее страницах вы найдете объяснение терминологии и концепций, которые в руководствах по работе с конкретными аппаратными и программными средствами используются без каких-либо объяснений, как будто пользователь уже хорошо с ними знаком. Здесь вы найдете также рекомендации по практическому использованию конкретных устройств и приложений в своем творчестве. Тем, кто только начинает осваивать цифровые технологии, эта книга даст отличную возможность приступить к освоению на практике выбранных ими инструментов. Тем, кто уже не новичок в этом деле, книга *Цифровой звук. Реальный мир* облегчит освоение новых, более сложных средств обработки звука и понимание вопросов, рассматриваемых в специальной литературе, посвященной этой тематике. В тексте книги приведен ряд ссылок на полезные оригинальные публикации.

В этой книге рассматриваются технологии, используемые в профессиональной работе со звуком. Тем не менее особый интерес данная книга представляет именно для неискушенных пользователей. Например, специалист, многие годы занимающийся звукозапи-

сью, может не иметь ни малейшего представления о технологии синтеза звуков. Поэтому было сделано все возможное для максимально доходчивого объяснения каждой из рассматриваемых тем.

В книге *Цифровой звук. Реальный мир* компьютер рассматривается не как незаменимый инструмент для работы с цифровым звуком, а как своего рода концентратор, используемый наряду с другим оборудованием. Для все большего числа музыкантов и звукорежиссеров это реалии современного производства аудиопродукции. Это не означает невозможность реализовать упомянутые технологии с помощью аппаратных средств, выполняющих функции, аналогичные тем, которые реализованы в программных приложениях. Новое аудиооборудование по своим функциональным возможностям часто во многом заменяет программные средства и даже включает в себя компьютерное ПО. В конце концов, при всем разнообразии конкретных ситуаций основополагающие принципы остаются в большинстве своем неизменными. Но там, где это уместно, примеры, приводимые в этой книге, базируются на использовании компьютеров и программных средств.

Как пользоваться этой книгой

Для тех, кто не склонен читать книги от первой до последней страницы, в этой книге предусмотрены указатели, помогающие ориентироваться в широком круге рассматриваемых тем и быстро находить необходимую информацию.

Ключевые вопросы

В начале каждой главы приводятся ключевые вопросы — ключевые термины и темы, рассматриваемые в данной главе. Тем, кому изучение теории кажется утомительным занятием, рекомендуем начать с раздела “С чего начать”, чтобы получить представление о первом практическом шаге в освоении данной темы.

Информация, записанная на прилагаемом к книге DVD, и практические примеры

Практические руководства и советы, имеющиеся в каждой главе, помогут читателю правильно и в нужное время приступить к применению получаемых теоретических знаний на практике с помощью демонстрационных версий ПО и библиотек данных, записанных на DVD, прилагаемом к данной книге. Обзор информации, записанной на DVD, приведен в приложении.

Конечно, и те, кто уже выбрали для себя конкретное ПО, найдут на DVD полезные инструкции и примеры. На DVD также имеются кроссплатформенные библиотеки данных, в том числе бесплатные аудиообразцы и сэмплы, которые можно использовать во многих приложениях.

Демонстрационные версии ПО и сохранение файлов. За исключением приложения Sound-School и программы Audacity с открытым исходным кодом, в демоверсиях программ, записанных на DVD, заблокирована функция сохранения результатов работы. Тем не менее они могут быть использованы в образовательных целях.

Интернет-ресурсы

Поскольку мир цифрового звука развивается стремительными темпами, просмотрите дополнительные материалы к данной книге, публикуемые на Web-сайте `www.realworlddigitalaudio.com`. Здесь же вы найдете ссылки на новые источники информации, новости из мира цифрового звука и другие сетевые ресурсы и дополнительные сведения. На этом Web-сайте также публикуется серия документов под названием *Pro Files* — это интервью с ведущими музыкантами и специалистами в области цифрового звука.

Использование книги в качестве учебника

Хотя данная книга не является учебником (имеются хорошие учебники по этой теме), она написана так, что вполне может быть использована в качестве учебного пособия по вводному курсу электронной музыки, компьютерной музыки и производства аудиопродукции, в частности в средних школах и на первых курсах высших учебных заведений. В этой книге не рассматриваются программы с открытым исходным кодом, такие как Csound, Reaktor, Max/MSP и Pure Data, которые чаще всего используются в академических курсах. Но разделы книги, посвященные MIDI-технологии, синтезу и обработке звука, а также сценическому творчеству, соответствуют учебному плану курсов, базирующихся на этом ПО.

Модульная структура глав означает, что отдельные разделы могут использоваться в качестве дополнительного материала по этим учебным темам, в частности это касается таких тем, как запись и обработка цифрового звука, MIDI-технология и синтез звука, нотная запись, а также микширование, сведение аранжировки в завершенную фонограмму и подготовка к тиражированию (мастеринг).

Ключевые пиктограммы

По всему тексту книги вам будут постоянно встречаться выделенные окошки текста и заметки на полях, в которых приводится дополнительная информация. Для указания, какого рода информация в них приводится, используются специальные условные обозначения — пиктограммы. Ниже приведен перечень используемых в данной книге пиктограмм.

указывает на дополнительные, углубленные сведения по теме, коротко затронутой в основном тексте.

указывает на определение важного термина или концепции.

указывает на ссылку на файлы или учебные примеры, записанные на DVD, прилагаемом к данной книге.

указывает на процедуру, которую вы можете реализовать на своем компьютере.

указывает на полезный прием, способствующий ускорению и повышению эффективности работы.

Пиктограмма Web указывает на ссылку или описание сетевых ресурсов.

Ждем ваших отзывов!

Вы, читатель этой книги, и есть главный ее критик. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересны любые ваши замечания в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам бумажное или электронное письмо либо просто посетить наш Web-сервер и оставить свои замечания там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится ли вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Отправляя письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также свой обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию новых книг.

Наши электронные адреса:

E-mail: `info@williamspublishing.com`

WWW: `http://www.williamspublishing.com`

Наши почтовые адреса:

в России: 115419, Москва, а/я 783

в Украине: 03150, Киев, а/я 152

ГЛАВА 1

Основы теории цифрового звука

Самый важный инструмент восприятия звука — это наш слух, благодаря которому мы способны улавливать малейшие колебания давления воздуха, которые называем звуком. Технология цифровой звукозаписи обеспечивает преобразование колебаний давления воздуха в электрический сигнал и цифровую форму и обратное преобразование. Для того чтобы понять, как работает аппаратура цифровой звукозаписи, необходимо иметь представление о физической сущности звука и о том, как мы различаем и измеряем звук.

Ключевые вопросы

Сущность цифрового звука

Для того чтобы понять природу звука, необходимо усвоить следующие понятия.

- Как звук распространяется в воздухе
- Какими параметрами характеризуется звук и как он выглядит при визуализации графическими средствами в программах цифровой обработки звука
- Как мы различаем высоту звука, громкость и тембр
- В чем заключаются технологии аналоговой и цифровой записи и воспроизведения звука
- Чем определяется качество цифрового звука и в каком виде он хранится

Ключевые термины

- Сжатие и разрежение
- Амплитуда и частота
- Эффект Доплера
- Гармоническое колебание
- Основной музыкальный тон, обертоны, частичные тоны, гармоники, гармонический/негармонический
- Фазовая нейтрализация
- Основная тональность, октавная эквивалентность, музыкальный интервал, диссонанс, такт

- Основные единицы измерения: герц (Гц) — единица измерения частоты колебаний; децибел (дБ); полутон и цент
- Преобразователь; аналоговый и цифровой; аналого-цифровой преобразователь, цифроаналоговый преобразователь; дискретизация; частота дискретизации; глубина квантования
- Сглаживание; частота Найквиста (половинная частота дискретизации); уровень шумов; отношение "сигнал — шум"
- Сжатие: с потерями и без потерь; композитные (interleaved)/раздельные файлы звукозаписи

Как рождается звук

Мы настолько привыкли к звукам, которые окружают нас в жизни, что не задумываемся о том, что они представляют собой на самом деле? С физической точки зрения звук — это колебания, распространяющиеся в какой-либо среде. Под этой средой мы подразумеваем воздух, полагая, что мало кому придет в голову давать концерт под водой, в плавательном бассейне. Для наших практических целей достаточно ограничиться представлением о звуке как о последовательности сжатий и разрежений воздуха, распространяющихся от источника звука.

Например, когда вы ударяете по барабану, его мембрана (кожа, натянутая на барабан) начинает вибрировать, быстро колеблясь вверх-вниз (**рис. 1.1**). Материалы типа мембраны барабана или струны вибрируют, потому что они обладают упругостью. Точно так "запоет" и натянутая резиновая нить, если ее ущипнуть, как струну. Когда мембрана барабана, растягиваясь, изгибается наружу, она заставляет молекулы в слое воздуха, прилегающем к ней, сближаться — и создается повышенное давление, так называемое *сжатие*. При последующем движении мембраны в обратном направлении молекулы воздуха "разбегаются" друг от друга — создается пониженное давление, так называемое *разрежение*. Звук барабана затухает быстро, но, как бы там ни было, мембрана барабана, перед тем как успокоиться, успевает совершить достаточно много колебаний, создавая последовательность сжатий и разрежений воздуха. Типичные графики звукового сигнала, как создаваемые компьютерными программами цифровой обработки звука, так и приводимые в учебниках по физике, демонстрируют колебательный характер изменений давления воздуха — зоны повышенного давления чередуются с зонами пониженного давления. Графики имеют форму волнистой линии, аналогичной примеру, приведенному на рис. 1.1.

Изменения давления не просто возникают и исчезают в слое воздуха, непосредственно окружающем источник. Если бы все происходило именно так, мы бы ничего не услышали. Колебания давления *расходятся* от барабана (или любого другого вибрирующего предмета), распространяясь от источника в воздухе во все стороны. Распространяющиеся колебания давления воздуха называются *звуковыми волнами*. Эти волны распространяются точно так же, как волны от камешка, брошенного в пруд, хотя между ними есть принципиальное различие: в отличие от звуковых колебаний, колебания поверхности воды происходят вверх-вниз. Напротив, звуковые волны — это продольные волны: колебания давления воздуха происходят в продольном направлении вдоль линии, соединяющей источник и приемник звука (**рис. 1.2**). Когда мембрана барабана перестает вибрировать, звуковые волны рассеиваются, давление воздуха выравнивается и звук исчезает.

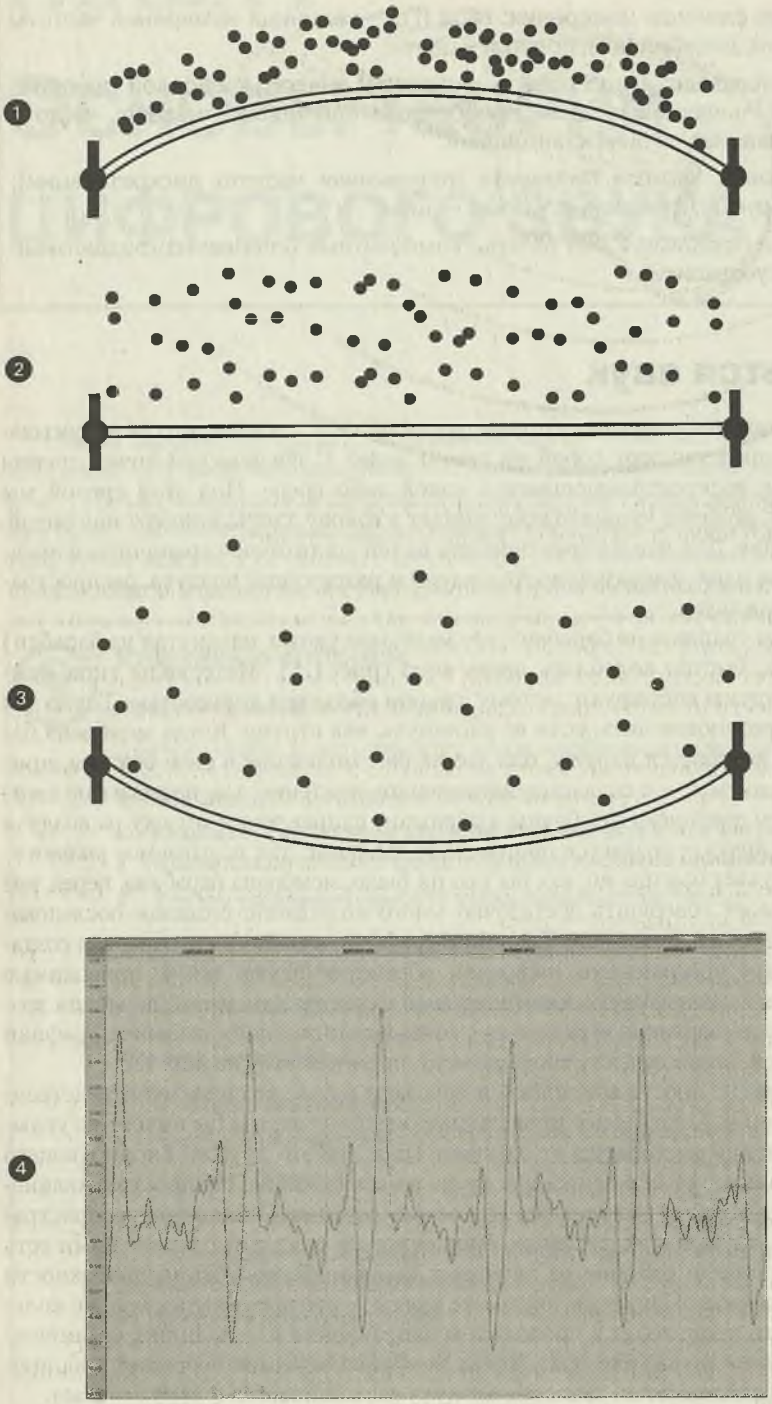


Рис. 1.1. *Вибрации, создаваемые источником звука, вызывают резкие колебания давления воздуха, окружающего источник. Когда вибрирующая мембрана барабана, растягиваясь, выгибается наружу (1), она заставляет молекулы прилегающего к ней слоя воздуха сближаться друг с другом, создавая сжатие. Когда затем мембрана, сжимаясь, выпрямляется (2), давление воздуха снижается, восстанавливаясь до нормального значения. Когда затем мембрана, растягиваясь, выгибается в противоположном направлении, внутрь барабана (3), давление в прилегающем слое воздуха становится ниже нормального — и создается разрежение. Колебания мембраны барабана вызывают звуковые волны, которые распространяются в воздухе от источника звука. Компьютерные программы цифровой обработки звука позволяют представить этот процесс в виде графика колебания давления воздуха во времени (4)*

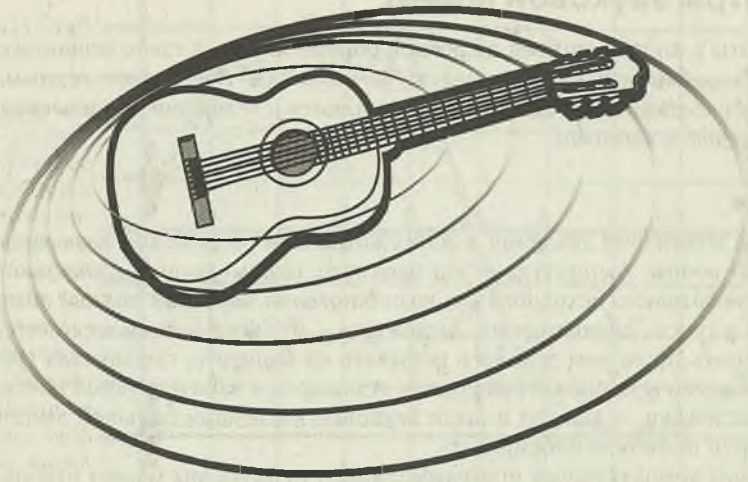


Рис. 1.2. *Волны сжатий и разрежений расходятся в воздухе от источника. Этот процесс называется* распространением волн

От источника звука расходятся не волны воздуха, а волны звука, распространяющиеся в воздухе. Воздух вибрирует, но когда вы слышите звук виолончели, это не значит, что этот звук создал воздух, который "добежал" к вам от виолончели, точно так же как волны, набегающие на берег Австралии, не приносят с собой воду от берегов Гавайских островов. В действительности от источника, создавшего волну, переносится не вода, а энергия колебаний.

Если бы не было вибрирующего предмета, не было бы и звука. Каков правильный ответ на старую загадку: "Если в лесу упало дерево, а рядом не было никого и никто не слышал, как оно упало, был ли на самом деле звук от его падения?" Ну, конечно же, был! При падении дерева возникли звуковые волны, которые разнеслись в воздухе во все стороны. Воздух — это среда, в которой распространяются звуковые колебания. Не было бы воздуха, не было бы и звука от падения дерева.

Изучением закономерностей распространения звуковых колебаний в воздухе и других средах занимается одна из отраслей физики, которая называется *акустикой*. Она изучает закономерности распространения звуковых колебаний в различных физических условиях (изучением того, как живые существа воспринимают звуковые колебания, а это особый круг вопросов, занимается *психоакустика*).

Акустика — это одна из отраслей физики, но инженеры-акустики занимаются вопросами, непосредственно касающимися музыкантов: акустикой концертных залов и студий звукозаписи. Специалисты по акустике занимаются, например, следующими вопросами: как на звучание оркестра влияют отражения звука от стен зала или насколько сильным будет гул голосов в ресторане, который планируется разместить в строящемся здании, когда в нем будет полным-полно посетителей. Возможно, вас не интересует карьера инженера-акустика, но понимание на элементарном уровне физики звука поможет вам правильно выбрать размещение микрофона при записи вокального произведения, правильно установить параметры цифрового ревербератора, чтобы добиться максимальной достоверности звучания фонограммы, и найти правильные решения бесчисленного множества других вопросов.

Параметры звуковой волны

Для работы с инструментами цифровой обработки звука такое нечеткое определение звука, как "колебания давления воздуха", становится уже недостаточным. В технике цифровой обработки звука важнейшими являются следующие физические параметры звука: *амплитуда* и *частота*.

Амплитуда

Величина изменения давления в зоне сжатия или разрежения называется *амплитудой* звуковой волны. Амплитуда — это параметр, описывающий, насколько изменяется давление относительно исходного (до возникновения звуковой волны) значения давления воздуха в ту или иную сторону. Амплитуда — это физический параметр звука, т.е. ее можно измерить. Если вам довелось побывать на концерте, где звучала громкая, с "рокочущими" басами музыка, которая гулом отдавалась в вашей грудной клетке, то, что вы ощущали физически, — как раз и были звуковые колебания большой амплитуды, которые заставляли ваше тело вибрировать.

С помощью компьютерных программ обработки звука мы можем отобразить эти периодические повышения и понижения давления во времени в виде графика; он будет иметь вид волнообразной линии, похожей на ту, которая изображена на рис. 1.1. Высота, на которую волнообразная линия, поднимаясь и опускаясь, отклоняется от горизонтальной оси графика, характеризует изменение давления относительно среднего значения — амплитуду волны (**рис. 1.3**). Этот график напоминает волну в океане — волнообразная линия поднимается вверх, образуя *пик* или *горб*, и, дойдя до вершины (точка максимума), опускается вниз, до нижней точки (точка минимума), образуя *впадину*, и снова взмывает вверх. Точка, в которой волнообразная линия пересекает осевую линию графика, называется *точкой перехода через нуль*. В этой точке давление равно стационарному (т.е. в отсутствие звуковой волны) давлению воздуха. Общий вид кривой изменения давления во времени называется *волной*. За очень редким исключением, какое бы устройство из широчайшего спектра оборудования, используемого в цифровой звукозаписи, мы ни взяли, оно предназначено либо для генерирования звуковых сигналов, либо для той или иной их обработки. (Одним из важных исключений является MIDI-аппаратура; с этой технологией цифрового звука вы ознакомитесь в конце данной главы, а ее углубленным изучением мы займемся в главе 8.)

Частота звука и высота тона

Частота звука и высота тона (или высота звука), строго говоря, — это не одно и то же. Но мы будем трактовать эти термины в грубом приближении как эквивалентные понятия, понимая под ними примерно одно и то же. В музыке высота звука обозначается названием ноты, например "до", "ре бемоль", "ми диез" и т.п. Частота выражается в герцах (Гц).

Стандартная единица измерения частоты

Частота периодического сигнала, измеряемая в герцах (Гц), определяется как количество периодов колебания (период — это "горб" плюс "провал"), укладывающихся на временном интервале в одну секунду.

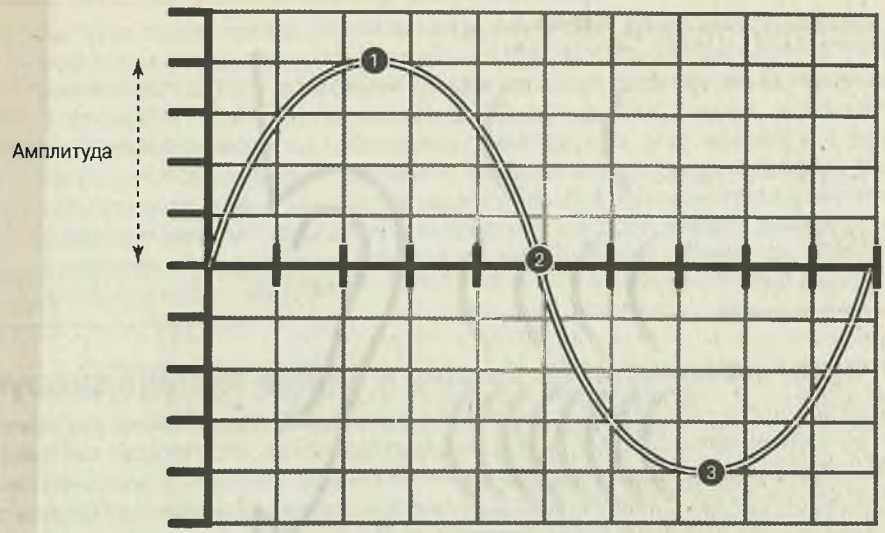


Рис. 1.3. *График изменения во времени давления имеет вид волнообразной линии. Повышение давления воздуха в зоне сжатия относительно нормального значения изображается на графике "горбом" (1). Точки пересечения графика с осевой линией — точки перехода через нуль — соответствуют нормальному давлению воздуха (2). Понижение давления воздуха в зоне разрежения относительно нормального значения изображается на графике "впадиной" (3)*

Частота

Когда повторяющиеся колебания давления воздуха достигают наших ушей, мы воспринимаем их не как отдельные, повторяющиеся флуктуации давления воздуха, а как непрерывный звук. Наш слуховой аппарат и наш мозг обладают способностью в высшей степени точно определять количество "горбов" и "впадин" волны, укладывающихся на определенном временном интервале.

Чем чаще "горбы" и "впадины" следуют друг за другом, тем чаще барабанная перепонка под их воздействием выгибается и тем выше звук, который мы слышим; чем реже "горбы" и "впадины" следуют друг за другом, тем меньше их достигает барабанной перепонки за тот же временной интервал и, соответственно, мы слышим более низкий звук (**рис. 1.4**).

В науке количество "горбов" (или "провалов" звуковой волны), проходящих через данную точку пространства за заданный интервал времени, называется *частотой*. Частота периодического процесса определяется как *количество периодов, укладывающихся на интервале времени, равном одной секунде. Период* волны состоит из двух полуволн — верхней и нижней ("горб" плюс "провал"). Частота измеряется в герцах (Гц) и означает количество периодов, или полных колебаний ("горб" плюс "провал"), которые совершает волна за одну секунду.

Другой широко используемой характеристикой звуковых волн является *длина волны* — расстояние между соседними "горбами" (или соседними "провалами"). Длина волны обратно пропорциональна ее частоте, т.е. чем больше длина волны, тем ниже ее частота, и наоборот, чем меньше длина волны, тем выше ее частота. Это несложно понять: чем больше расстояние между соседними гребнями волны, тем меньше их достигает уха за определенный временной интервал. Эта взаимосвязь иллюстрируется на рис. 1.4.

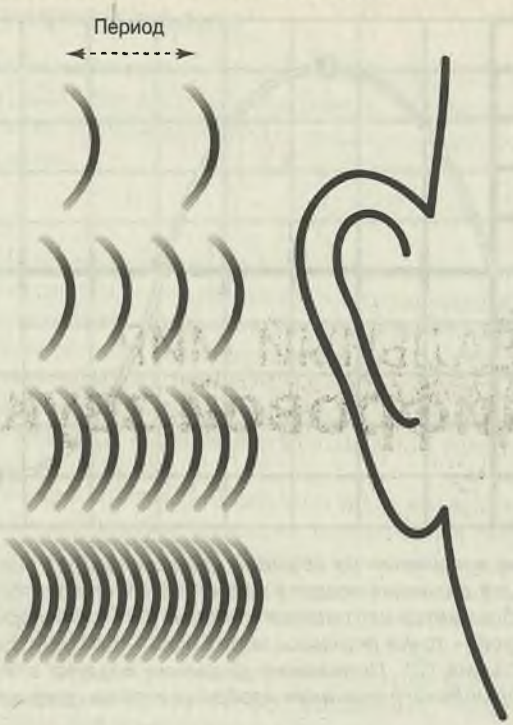


Рис. 1.4. *Мы различаем высоту звука по частоте колебания давления воздуха. Чем больше "горбов" и "провалов" звуковой волны достигает уха за определенный временной интервал (т.е. чем выше частота волны или, соответственно, чем меньше длина волны), тем выше тон звука*

С какой скоростью распространяется звук

При нормальных условиях, т.е. при комнатной температуре и нормальной влажности воздуха, звуковая волна распространяется в атмосфере со скоростью примерно 1125 футов в секунду (343 м/с), т.е. совсем ненамного больше крейсерской скорости пассажирского самолета. Поэтому в большом помещении мы различаем запаздывание, или задержку, с которой звук, отраженный от стен, доходит до нас. Этот эффект запаздывания учитывается в цифровой аудиотехнике при создании реалистических моделей акустики помещений.

Эффект Доплера

Если источник звука движется, а наблюдатель, воспринимающий звук, неподвижен или, наоборот, источник звука неподвижен, а движется наблюдатель, высота звука, воспринимаемого наблюдателем, меняется. Изменение высо-

ты тона гудка поезда, проходящего мимо нас, объясняется именно этим эффектом: когда поезд приближается к нам, колебания "сжимаются" (частота звука повышается), колебания "растягиваются" (частота звука понижается). Этот эффект был назван эффектом Доплера. Программы, используемые в цифровой звукозаписи, позволяют имитировать этот эффект и с успехом используются звукорежиссерами в телевидении и кинематографии. (Удивительное совпадение, но этот же эффект лежит в основе используемого в астрофизике метода определения скорости, с которой звезды движутся в пространстве. Длины волн в спектре излучения звезд зависят от скорости их движения в пространстве.)

Синусоидальные волны и форма звукового сигнала

В мире реальных звуков вы не встретите сигналов идеальной синусоидальной формы — энергия практически любого звукового сигнала распределена по спектру частот. Эта закономерность является фундаментом, на котором базируется принцип действия таких устройств цифровой обработки звука, как эквалайзеры и фильтры (см. главу 7). Но в аудиотехнике такая идеальная волна оказалась очень полезной абстракцией — своего рода эталоном, или стандартным элементом, используемым в анализе сигналов сложной формы. *Синусоидальная волна* имеет постоянную частоту колебаний и ее энергия сосредоточена на одной частоте.

Познакомимся поближе с синусоидальной волной

Синусоидальная волна — это *периодическое* (т.е. повторяющееся с постоянным периодом) колебание простейшей формы. Синусоидальная волна напоминает американские горки — так же плавно вздымается вверх и опускается вниз (**рис. 1.5**). Звук, который мы назвали бы "чистым тоном", например звук флейты, если не используется эффект вибрато, свист, звук камертона — все эти звуки по форме близки к синусоиде. Даже напряжение сети переменного тока в наших домашних розетках имеет в идеальном случае синусоидальную форму.

Изображение синусоидальной волны, аналогичное изображениям, которые приведены на рис. 1.3 и 1.5, чаще всего можно встретить в учебниках по физике и технике звукозаписи. Но главное достоинство этой идеальной волны заключается не в ее красоте и наглядности, а в том, что любой реальный звуковой сигнал можно анализировать с помощью математических методов, представив его в виде суммы синусоидальных волн различных частот. Эти математические методы лежат в основе многих технологий цифровой обработки звука. В результате сложная картина нерегулярных звуков, окружающих нас в реальном мире, может быть представлена в виде комбинации синусоидальных составляющих различных частот.

Обертоны

Большинство людей интуитивно полагают, что отдельный музыкальный тон, например звук гитарной струны, звучащей на одной ноте, — это звук одной частоты. На самом деле, хотя вибрирующая струна гитары создает звук одной, определенной высоты тона, вибрирует она не на одной, а одновременно на нескольких частотах (**рис. 1.6**). Невероятное разнообразие оттенков звука в реальном мире (и звуков, создаваемых с помощью цифровых технологий) образуется именно благодаря сложному сочетанию гармонических колебаний разных частот.

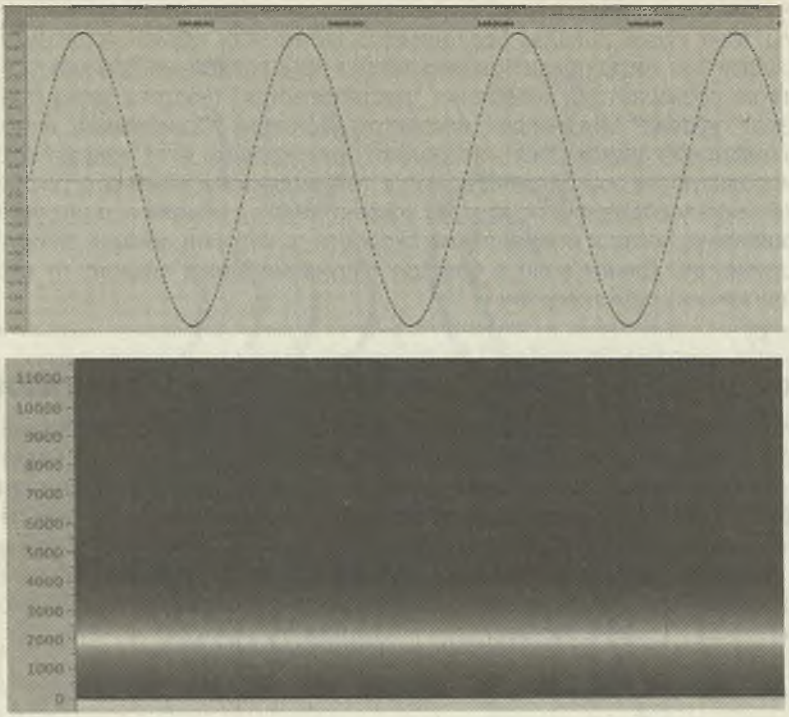


Рис. 1.5. *Компьютеры способны с определенной точностью моделировать идеальную синусоиду. Пример такого синусоидального сигнала, смоделированного с помощью программы Apple Soundtrack Pro, показан на верхнем рисунке. На нижнем рисунке показан спектр этого сигнала: он имеет вид узкой горизонтальной линии; в отличие от других звуковых сигналов гармонический сигнал, т.е. сигнал, форма которого описывается синусоидальной функцией, имеет в спектре только одну составляющую и энергия сигнала сосредоточена на единственной частоте. Небольшая "размытость" горизонтальной линии вызвана не тем, что в спектре синусоидального сигнала присутствуют составляющие других частот, а неидеальностью смоделированной синусоиды, т.е. ограниченной точностью алгоритма моделирования*

Как показано на рис. 1.6, струна совершает колебания не только по всей длине, но и на половине длины, одной третьей длины и так далее, и все эти колебания совершаются одновременно. Поскольку длины волн колебаний струны уменьшаются последовательно в 2, 3, 4, 5 и так далее раз, т.е. в целое число раз, частоты этих колебаний, которые обратно пропорциональны длине волны колебаний, возрастают соответственно в 2, 3, 4, 5 и так далее раз, т.е. в целое число раз. Таким образом, частоты колебаний струны, изображенных на рис. 1.6, последовательно возрастают по мере уменьшения длины волны колебаний.

Колебание на самой низкой из этих частот (обычно это звук, который в нашем понимании соответствует ноте) называется *основным тоном*, а его частота — *основной частотой* или частотой основного тона. Колебания на частотах выше основной частоты называются *обертонами* (тоны "over" — "выше" основного тона) или *частичными тонами* (поскольку они являются отдельными составляющими данного звучания в целом).

Обертоны, изображенные на рис. 1.6, имеют одну особенность: частоты этих колебаний кратны основной частоте, т.е. выше ее в целое число раз. Колебание, частота которого кратна основной частоте, называется *гармоникой*. Такая последовательность частот (превышающих основную частоту в 2, 3, 4 раза и так далее, т.е. в целое число раз) называется натуральным (гармоническим) звукорядом. Звуки многих настроенных музыкальных инструментов, таких, например, как фортепиано и скрипка, представляют собой сложные по гармоническому составу колебания, значительная часть энергии которых сосредоточена на частотах гармоник основной частоты или на частотах, очень близких к ним.

Поскольку частоты колебаний натурального звукоряда кратны основной частоте, звук, являющийся комбинацией колебаний только этих частот, представляет собой строго периодическое колебание — форма сигнала звука будет повторяться с частотой, равной основной частоте.

Но не все обертоны являются гармониками основной частоты. В составе реальных звуковых сигналов часто имеются обертоны, частоты которых не являются кратными частотами основной частоты. Такие обертоны называются *негармоническими обертонами* или ча-

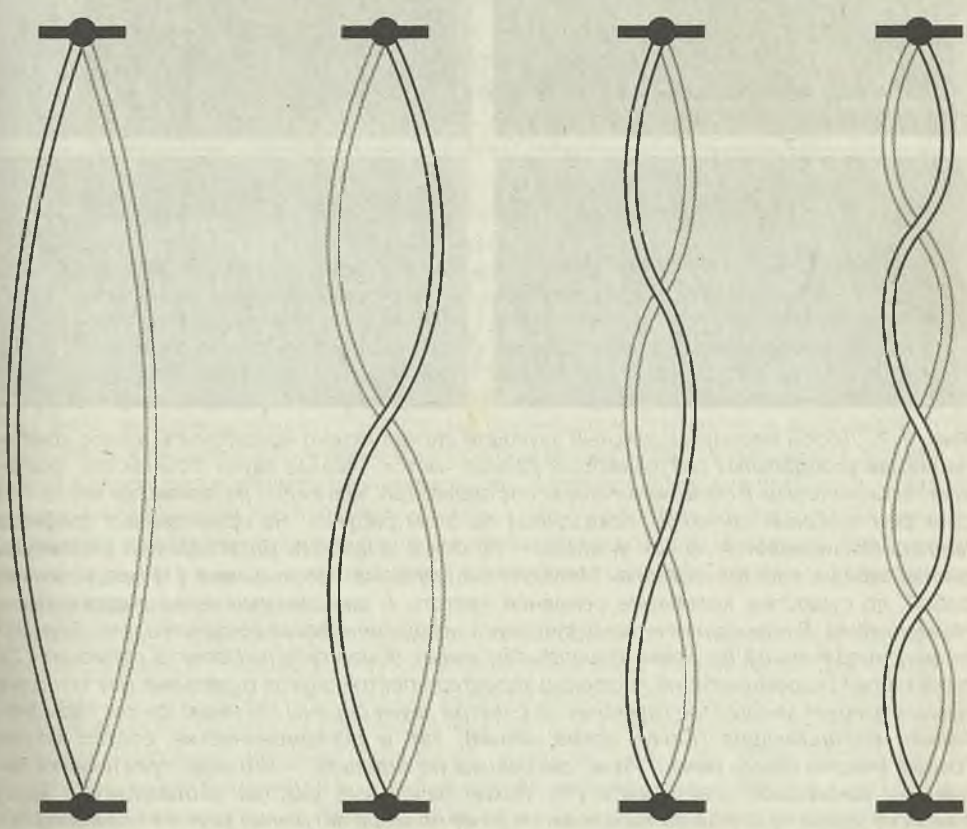


Рис. 1.6. *Струна, как и любое другое вибрирующее тело, совершает колебания не на единственной частоте, а одновременно на многих частотах. Колебания совершает не только вся струна целиком по всей длине, но и ее участки длиной, равной 1/2, 1/3, 1/4 и так далее длины струны*

ще — просто составляющими спектра сигнала. (Отметим, что составляющие спектра сигнала не обязательно являются негармоническими обертонами. Все гармоники являются составляющими спектра сигнала, но не все составляющие спектра сигнала являются гармониками.) Поскольку частоты негармонических составляющих не привязаны к основной частоте, звуковой сигнал, в состав которого входят составляющая основной частоты и негармонические составляющие, является непериодическим сигналом; форма такого сигнала не повторяется с определенным периодом. В звуках струнных инструментов, например обычной акустической гитары, содержится множество негармонических обертонов, еще больше их в звуках таких инструментов, как тарелки (на **рис. 1.7** показаны примеры разложения различных звуков на составляющие). Посмотрите на форму реальных звуковых сигналов с помощью программ цифровой обработки звука — и вы увидите, что они непериодические.

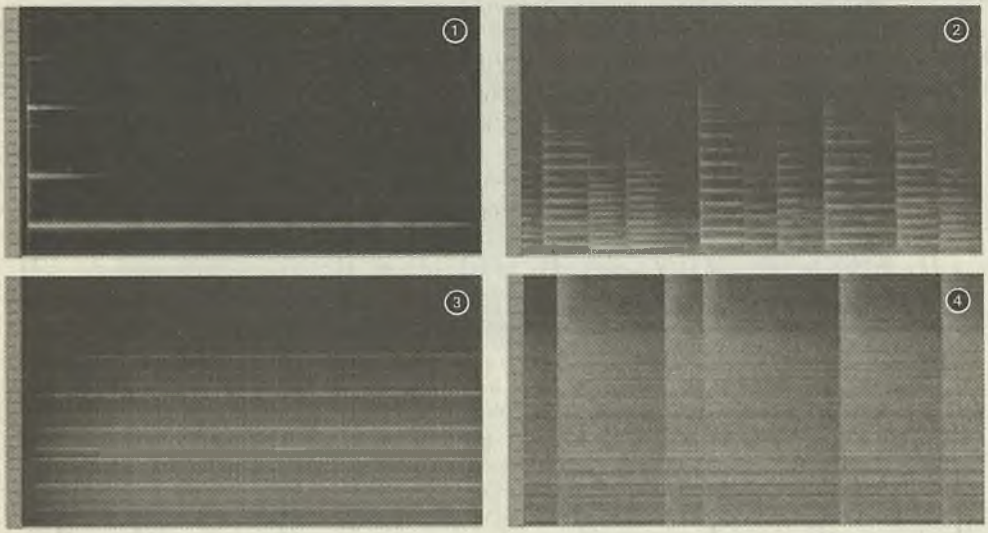


Рис. 1.7. *Любой несинусоидальный звуковой сигнал можно представить в виде комбинации синусоидальных составляющих разных частот. Разные звуки отличаются составом гармонических и негармонических составляющих, как видно из примеров частотных спектров звуковых сигналов, показанных на этом рисунке. На приведенных графиках частота отсчитывается по оси* ***y****, время — по оси* ***x****, а яркость характеризует амплитуды составляющих спектра сигнала. Мелодичное звучание колокольчика (1) представляет собой, по существу, колебание основной частоты с несколькими четко выраженными гармониками. В нем практически отсутствуют негармонические составляющие. Звук мелодии, исполненной на рояле Bosendorfer, имеет более богатый спектр гармоник (2); линейчатый (напоминающий лестницу) характер спектра звуков отдельных нот мелодии демонстрирует множество гармоник. В спектре звука сирены (3) имеются как гармонические составляющие (более яркие линии), так и негармонические составляющие (серые участки между ними). Ритм, сыгранный на тарелках, — это звук, практически лишенный какой-либо тональности (4). Яркие начальные участки соответствуют звуку в момент удара палочкой по тарелкам, но даже по мере затухания звук по-прежнему остается смесью негармонических составляющих, изображенных серыми участками*

Обычно мы не слышим обертоны по отдельности; они накладываются друг на друга, формируя звуковой сигнал более сложной формы. Но с помощью математического метода, который называется *преобразование Фурье*, любой сложный сигнал можно разло-

жить на комбинацию простых составляющих, представляющих собой синусоидальные сигналы разных частот. Этот математический метод, лежащий в основе многих технологий цифровой обработки сигналов, позволяет представить сигнал в виде спектра синусоидальных составляющих, примеры которых показаны на рис. 1.7 (конкретный пример использования этого математического метода приведен в разделе "Быстрое преобразование Фурье: таинства спектральной обработки" в главе 7; на этом математическом методе базируется также множество разных технологий цифровой обработки звука).

"Первый обертон" и "вторая гармоника" — это одно и то же, поскольку большинство звуковых сигналов можно представить в виде ряда синусоидальных составляющих более высоких и более низких частот. Обычно эти составляющие нумеруют в порядке роста частоты, но делать это можно по-разному. Первый обертон — это первая по порядку составляющая, частота которой превышает основную частоту. Но колебание основной частоты — это тоже гармоническое колебание (частота которого кратна основной частоте, только коэффициент кратности в данном случае равен 1). Таким образом, колебание основной частоты является первой гармоникой спектра сигнала. Получается, что первый обертон (т.е. составляющая, частота которой находится на октаву выше основной частоты) — это вторая гармоника, второй обертон — третья гармоника и т.д.

Фаза

Итак, мы познакомились с такими параметрами звукового сигнала, как амплитуда (характеризующая повышение или понижение давления воздуха) и частота (характеризующая число периодов колебания, укладывающихся на определенном интервале времени). Это важные характеристики, но по ним невозможно точно определить, когда волна колебания поднимается (давление воздуха повышается) и опускается (давление воздуха понижается). Для полного описания формы колебания необходима еще одна характеристика, *фаза*, которая позволяет "привязать" синусоидальную волну к выбранной точке отсчета по оси времени. На первый взгляд, фаза волны может показаться слишком уж заумной характеристикой, которая представляет интерес скорее для ученых, чем для музыкантов (им она вроде как и ни к чему), но вы увидите в последующих главах, насколько важна эта характеристика для решения практических задач. Например, учет соотношения фаз очень важен для правильного размещения микрофонов для записи "живого звука" музыкальных инструментов.

На языке тригонометрии фаза определяется как длина дуги окружности, выраженная в градусах. А какое отношение к синусоидальной волне имеет окружность? Дело в том, что синусоида — это фактически развертка во времени траектории, которую описывает часовая стрелка, вращающаяся на оси с равномерной скоростью. *Синусоидальная функция* — это так называемая тригонометрическая функция, а тригонометрия — это ветвь математики, основным объектом исследований которой являются геометрические фигуры. Синусоидальная функция используется не только для расчета углов и сторон треугольников, но и для определения положения точек на окружности. Поэтому она успешно используется в технической акустике для определения фазовых соотношений между колебаниями.

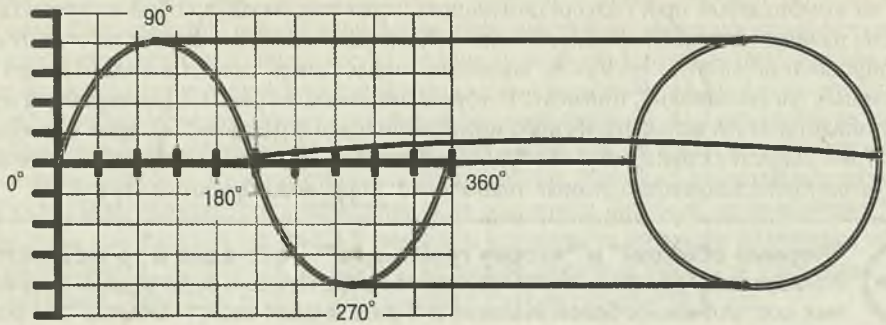


Рис. 1.8. *Период синусоиды несложно "привязать" к движению точки по окружности, тогда положение точки на синусоидальной кривой относительно начала периода будет измеряться ее фазой, которая находится в пределах от 0° до 360°. Положение любой точки на синусоиде можно измерить в градусах длины дуги окружности. Опорными точками синусоиды являются следующие точки: начало периода, точка, в которой функция равна нулю, — 0°, точка максимума — 90°, точка нуля — 180°, точка минимума — 270°, точка нуля функции — 360°. Точка 360° совпадает с точкой 0°; это одна и та же точка, потому что это одновременно конец периода и начало следующего периода*

Один период синусоидальной волны — это развертка во времени траектории, которую описывает точка, движущаяся по окружности с постоянной скоростью, за один оборот. Поэтому положение любой точки в пределах одного периода синусоиды можно указывать длиной дуги окружности, отсчитываемой от точки отсчета, принятой за 0°, т.е. в пределах от 0° до 360° (**рис. 1.8**). Поскольку начало периода принято за 0°, синусоида, возрастая, достигает максимума в точке 90°, затем, убывая, достигает нуля в точке 180°, далее достигает минимума в точке 270° и, возрастая, снова достигает нуля в точке 360°. Положение синусоиды относительно выбранной точки отсчета во времени определяется фазой синусоиды в этой точке.

На слух мы не можем определить фазу звуковой волны, но этот параметр не менее важен, чем амплитуда и частота, по другой причине. Фаза позволяет определить взаимное положение во времени двух синусоидальных волн одинаковой частоты, когда они встречаются, накладываясь друг на друга, и возникает явление, называемое *интерференцией волн.*

Что происходит при наложении волн друг на друга

Реальные звуки, как мы уже говорили, очень редко представляют собой синусоидальные волны, расходящиеся от одного источника звука: реальные источники излучают звук, энергия которого распределена в определенном спектре частот. Вдобавок к этому звук создается одновременно несколькими источниками, и мы слышим более сложный звуковой сигнал, представляющий собой смесь звуковых сигналов разных источников звука. Для наглядности представьте себе, что в лужу бросили сразу несколько камешков и волны от них, разбегаясь, накладываются друг на друга; в результате на поверхности воды образуется сложная картина волн. Аналогично звуковые волны нескольких источников звука, состоящие из различных комбинаций обертонов, расходятся в пространстве, накладываясь друг на друга и формируя тот звук, который мы слышим в результате.

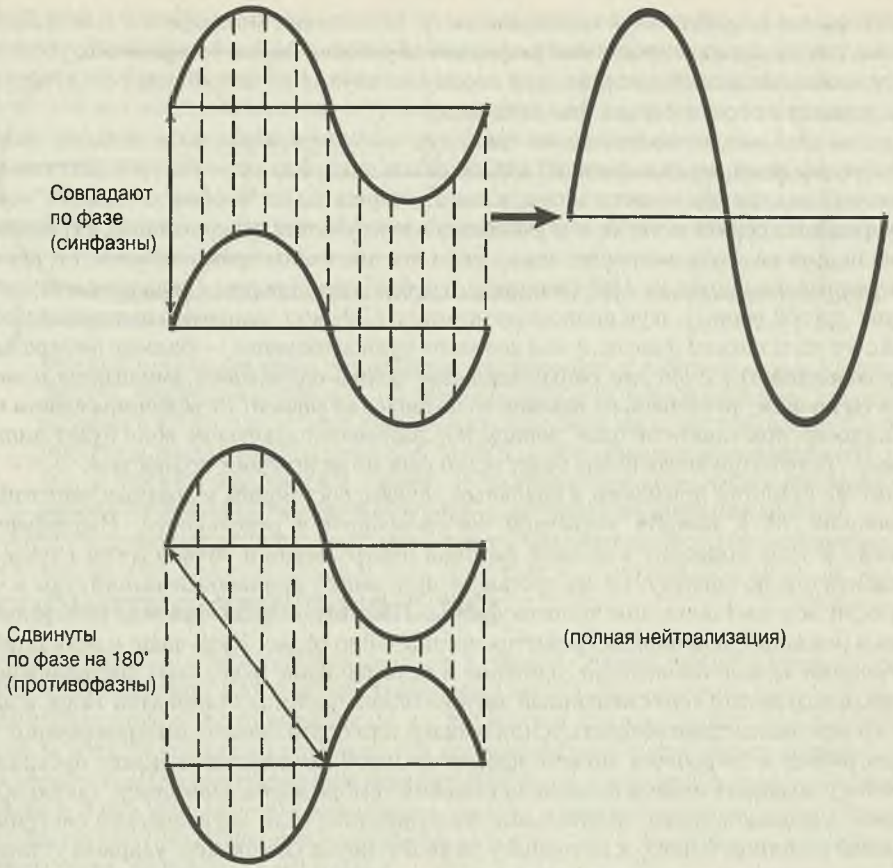


Рис. 1.9. *Интерференция двух синусоидальных волн одинаковых амплитуд и частот, между которыми отсутствует фазовый сдвиг (волны синфазны), приводит к тому, что результирующая волна имеет вдвое большую амплитуду (верхний график). Если фазовый сдвиг составляет 180° (волны противофазны), интерференция приводит к полному взаимному подавлению волн (нижний график); в результате волны полностью исчезают*

Когда звуковые волны, встречаясь, накладываются друг на друга, они интерферируют (этот процесс называют также *суперпозицией волн*). Интерференция может быть как *усиливающей*, когда в результате наложения волн друг на друга амплитуда результирующей волны становится больше амплитуды исходных волн, так и *ослабляющей*, когда амплитуда результирующей волны, получившейся в результате наложения волн друг на друга, оказывается меньше амплитуды исходных волн.

Если в точке наложения вершины "горбов" и "впадин" волн совпадают по времени друг с другом, амплитуда суммарной волны становится больше; иными словами, звук становится громче. Если же вершины "горбов" одной волны совпадают с вершинами "впадин" другой волны, то амплитуда суммарной волны снижается и звук становится тише. Если обе волны имеют одинаковую амплитуду, они полностью подавляют друг друга; амплитуда суммарной волны в этом случае оказывается равной нулю, т.е. звук полностью исчезает (**рис. 1.9**).

Если вы записываете звук одновременно с нескольких микрофонов или добавляете сигналы, смешивая их в программе цифровой обработки звука, то вам необходимо понимать основополагающий принцип: при сложении двух волн амплитуда результирующей волны зависит от соотношения фаз этих волн.

Иными словами, от соотношения фаз двух синусоидальных волн зависит, окажется ли их интерференция усиливающей или ослабляющей. Если две синусоидальные волны одинаковой амплитуды и частоты *синфазны*, т.е. вершины их "горбов" и "впадин" совпадают по времени, громкость звука, получившегося в результате суперпозиции, т.е. наложения этих волн друг на друга, возрастет вдвое. Если эти две волны *противофазны*, т.е. сдвинуты друг относительно друга на 180° (вершины "горбов" одной волны совпадают с вершинами "впадин" другой волны), звук полностью исчезает. (Эффект взаимного подавления колебаний за счет их сдвига по фазе получил довольно чудное название — *фазовая нейтрализация* (*phase cancellation*).) Если две синусоидальные волны одинаковой амплитуды и частоты сдвинуты по фазе, то степень их взаимного подавления зависит от величины сдвига по фазе. Например, при сдвиге по фазе, равном 90°, взаимное подавление волн будет лишь частичным — результирующая волна будет ослаблена, но не исчезнет полностью.

Этот же принцип применим к реальным звукам, состоящим из разных частотных составляющих, но к каждой частотной составляющей в отдельности. Интерференция реальных звуков приводит к полной фазовой нейтрализации только в том случае, если они идентичны по спектру, т.е. их составляющие имеют одинаковые амплитуды и частоты, и если все составляющие противофазны. Поэтому полная фазовая нейтрализация звуков в реальных условиях встречается чрезвычайно редко. Куда чаще в результате интерференции звуков происходит усиление или ослабление отдельных составляющих их спектра, в результате чего смешанный звук на одних частотах становится тише, а на других — громче вследствие эффекта усиливающей или ослабляющей интерференции.

При работе с цифровым звуком эффект фазовой компенсации может превратиться в проблему, вызывая нежелательные искажения тембра звука. Например, такую проблему может создавать звукоусилительное оборудование, если акустические системы расположены слишком близко к источнику "живого" звука (например, ударной установке). Это может привести к искажению естественности звучания музыкальных инструментов в результате наложения на естественный звук сдвинутого по фазе усиленного звука, воспроизводимого акустическими системами. Этот эффект можно использовать с выгодой — при правильно выбранном размещении акустических систем, обеспечивающем синфазность естественного и усиленного звуков, можно добиться дополнительного усиления звучания за счет эффекта усиливающей интерференции.

Аналогичная проблема возникает при записи звука с помощью нескольких микрофонов. Эта проблема становится особенно сложной при стереофонической записи и записи звучания ряда музыкальных инструментов, например акустической гитары или фортепиано, когда задача заключается в том, чтобы смешать сигналы, записанные с разных микрофонов. Из-за того, что звук в один микрофон поступает раньше, а в другой позже, мы записываем два похожих звуковых сигнала, сдвинутых по фазе друг относительно друга. При смешивании этих двух сигналов полного подавления не произойдет, но результирующий звуковой сигнал будет искаженным и более слабым, чем мы рассчитывали. Для того чтобы выявить такого рода проблему, достаточно сравнить смешанный сигнал от всех микрофонов с сигналом от одного микрофона и разместить микрофоны таким образом, чтобы добиться желаемого результата.

Фазовая нейтрализация не всегда является недостатком, с которым необходимо бороться. Глушитель в автомобиле состоит из набора металлических труб и резонансной камеры, сконструированных таким образом, чтобы максимально использовать эффект

ослабляющей интерференции для снижения шума выхлопа двигателя. Схема активного подавления акустических помех, используемая в шумозащитных наушниках, создает сигнал, противофазный сигналу внешнего шума, улавливаемому встроенным микрофоном; этот сигнал воспроизводится в громкоговорителях наушников, и за счет эффекта ослабляющей интерференции внешний шум эффективно подавляется.

В практике звукозаписи фазовую компенсацию можно использовать в творческих целях, целенаправленно внося "расстройку" между двумя резонаторами в синтезаторе; об этом читайте в главе 9 и в разделе "Музыкальные интервалы и тональности" этой главы.

Почему эффект фазовой нейтрализации играет такую важную роль в звукозаписи

Нежелательная фазовая нейтрализация вызывает искажение звука. Работая со звуком, необходимо помнить об эффекте фазовой нейтрализации. Это особенно важно, когда для записи или воспроизведения звука используется одновременно несколько микрофонов (см. главу 6) и при микшировании звука (см. главу 10). В технике звукозаписи эффект интерференции волн и фазовая нейтрализация используются и целенаправленно — для синтеза звука (см. главу 9).

Восприятие звука на слух

Звук — это не только физическое явление: в равной степени важным является то, как его воспринимают наши уши и обрабатывает наш мозг. Психоакустика — это наука, изучающая субъективное восприятие звука, т.е. то, как мы слышим звуки, окружающие нас в реальном мире, и как мы их различаем. В конечном счете цифровая звукозапись и музыка предназначены для слушателей, поэтому нам, безусловно, необходимо до тонкостей разбираться в том, как наш слух декодирует частоту и амплитуду звука и как они связаны с параметрами субъективного восприятия звука на слух — тональностью, громкостью и тембром звука, которые мы различаем.

Как мы различаем на слух высоту тона

У того, кто учился музыке, такое понятие, как высота тона, вызывает, по-видимому, ассоциации не с частотой, а с музыкальными нотами. Хотя наше восприятие звука базируется в определенной степени на его физической природе, занятия музыкой существенно влияют на то, как мы оцениваем тот или иной звук. Занятия музыкой способствуют развитию музыкального слуха, иными словами, способности различать тональность звука, привязывая ее к музыкальным тонам. Итак, когда мы слышим звук определенной частоты, мы воспринимаем его, как звук определенной тональности. Каким образом это происходит?

Диапазон слышимых частот

Для того чтобы мы могли вообще услышать звук, он должен находиться в диапазоне слышимых частот. Если звуковые колебания частотой 1 Гц имеют достаточно большую амплитуду, мы их можем ощущать, но не слышать (в любом случае эти колебания — тоже звук; просто он находится за пределами диапазона слышимых частот).

Мы слышим только те звуки, частоты которых находятся в диапазоне от 20 до примерно 22 000 Гц. Частоты ниже этого диапазона называются *инфразвуковыми*, выше —

ультразвуковыми. Инфразвуковые частоты в ряде случаев используются в звуковой технике для модуляции звука. Если в спектре звука имеются составляющие, попадающие в диапазон звуковых (слышимых) частот и находящиеся за пределами этого диапазона (составляющие инфразвуковых и ультразвуковых частот), наш слух воспринимает только составляющие звуковых частот.

Большинство людей с нормальным слухом начинают слышать звук с частоты примерно 20 Гц. Звук самой низкой фортепианной ноты (А0 — "ля" субконтроктавы) имеет частоту всего 28 Гц. Звук ноты "ля", но уже первой октавы (А4), это примерно посредине фортепианной клавиатуры, имеет частоту 440 Гц. Эта нота используется, как правило, для настройки в унисон инструментов в оркестрах и музыкальных ансамблях (прежде чем оркестр начнет играть, вы слышите эту ноту, которую играет гобой и по которой все оркестранты настраивают свои инструменты). Самая высокая фортепианная нота имеет частоту ниже 4200 Гц, но мы слышим звуки намного более высоких частот, примерно до 22 000 Гц, хотя с возрастом эта граница снижается.

Основной тон

Довольно несложно понять, как наш слух различает высоту тона в случае синусоидальной звуковой волны: количество сжатий и разрежений, воспринимаемых ухом в единицу времени, пересчитывается непосредственно в частоту. Но наш слух способен различать доминирующий тон в более сложных звуковых сигналах, спектр которых состоит из множества составляющих разных частот. Когда мы слышим звучание ноты "соль", сыгранной на каком-нибудь инструменте, мы не просто слышим звук частоты, соответствующей этой музыкальной ноте. Наш слух выделяет самую заметную составляющую в спектре сигнала — основной тон. Как правило, например, в звуке, исполненном на фортепиано или скрипке, *основной тон* — это составляющая самой низкой, основной частоты, хотя в редких случаях (например, в набатном звоне церковных колоколов) основным тоном может быть один из обертонов. Тем не менее наш слух выделяет этот тон в спектре слышимого звука, а остальные частотные составляющие придают звуку тембровую окраску. Именно благодаря этой способности мы слышим мелодию в сложных музыкальных композициях.

Низкие тоны, высокие тоны и октавы

Если вы способны (пусть даже фальшивя) напеть мелодию, значит, вы в состоянии отличить на слух, какой звук "выше", а какой "ниже". То есть вы можете подобрать на слух услышанную мелодию и отличить одну мелодию от другой, распознавая, какие звуки мелодии звучат ниже, а какие выше по сравнению друг с другом, по крайней мере в центральной части спектра частот, охватывающей музыкальные звуки.

На элементарном уровне восприятие высоких и низких тонов соответствует частоте звука: чем выше частота, тем выше слышимый тон; чем ниже частота, тем ниже слышимый тон. Но механизм нашего восприятия соотношения тонов более сложен. Наше восприятие соотношения звуков разных частот подчиняется нелинейной закономерности. Иными словами, когда мы слышим звуки двух разных частот и на слух сравниваем относительную высоту их тонов, она зависит не только от разности частот звуков, но и от их частот. При понижении частот этих звуков, но сохранении при этом неизменной разности частот относительная высота тонов, воспринимаемая нами на слух, становится больше, а при повышении частот звуков с сохранением неизменной разности частот между ними относительная высота тонов, воспринимаемая нами на слух, становится меньше.

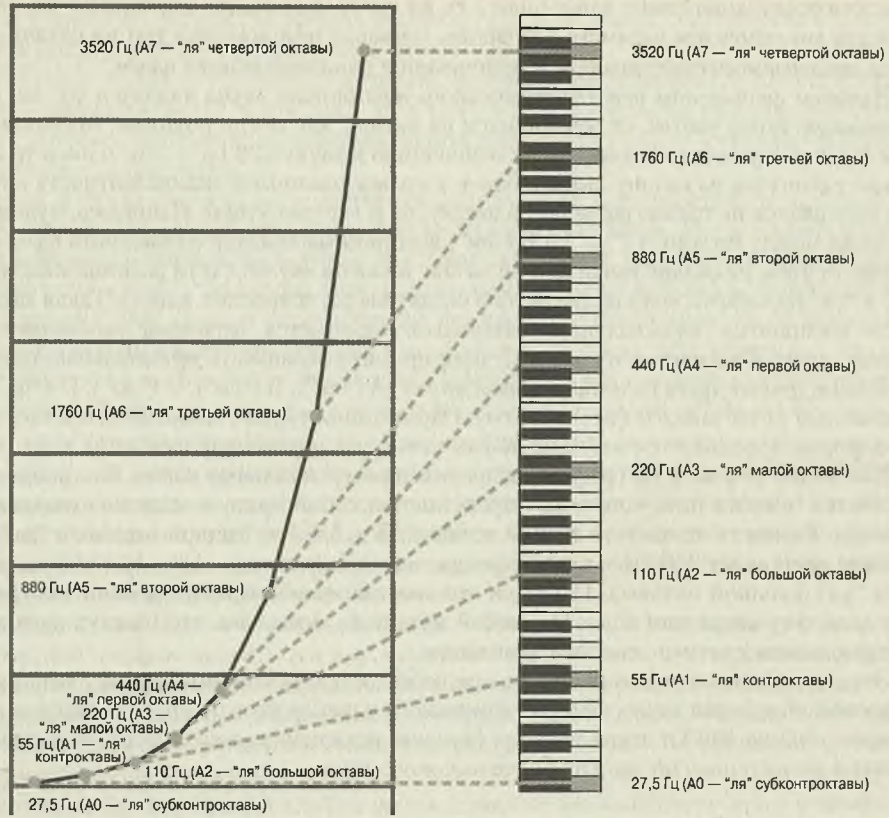


Рис. 1.10. *На фортепианной клавиатуре клавиши нот, отличающихся на октаву, расположены на одинаковом расстоянии друг од друга. Между клавишами любых двух нот, разнесенных на октаву, находятся семь клавиш. Большинство музыкантов скажут, что и звуки нот, отличающихся на октаву, сдвинуты на одинаковые интервалы, — для них это одна и та же нота, только на один интервал выше или ниже. Но по частоте звуки этих нот отличаются вдвое, демонстрируя, таким образом, что наше слуховое восприятие соотношения частот имеет нелинейный характер*

Возьмем самый наглядный музыкальный интервал — октаву, как показано на **рис. 1.10**. Выберем любую музыкальную ноту, которой соответствует определенная высота тона, т.е. частота, и удвоим эту частоту. Мы получим тон той же музыкальной ноты, но на октаву выше. Например, ноте А3 ("ля" малой октавы) соответствует частота 220 Гц. Удвоив ее, получаем частоту 440 Гц — она соответствует ноте А4 ("ля" первой октавы), т.е. на октаву выше. Аналогичным образом, разделив 220 Гц на 2, получим 100 Гц — эта частота соответствует ноте А2 ("ля" большой октавы), т.е. на октаву ниже. При повышении частоты в 2 раза высота тона повышается на октаву.

Эта закономерность объясняется не просто особенностями нашего слухового восприятия, а самой физической природой звука. Зажмите вибрирующую струну гитары посредине — и частота ее звучания возрастет вдвое. До тех пор, пока вы прижимаете струну посредине, частота ее звучания будет вдвое выше, поскольку частота обратно пропорциональна длине волны. (Уберите палец, и тем самым вы увеличите длину вибрирующей струны вдвое,

и частота ее звучания станет вдвое ниже.) То же самое происходит в программном синтезаторе, когда мы изменяем параметр Transpose, повышая или понижая тон на октаву: частота звука, создаваемого синтезатором, увеличивается или уменьшается вдвое.

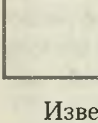
Важным феноменом психоакустического восприятия звука является то, что мы воспринимаем звуки частот, отличающихся на октаву, как очень похожие. Музыканты сказали бы, что звук частотой 440 Гц по отношению к звуку 220 Гц — это "одна и та же нота, только сдвинутая на октаву выше". Более того, мы различаем эквивалентность музыкальных интервалов не только размером в октаву, но и в доли октавы. Например, музыкальный интервал между нотами A ("ля") и B ("си") воспринимается, как одинаковый на слух, независимо от того, на октаву выше или на октаву ниже он звучит (хотя разница между нотами "ля" и "си" по частоте, если подняться на октаву вверх, возрастает вдвое). Такая закономерность восприятия музыкальных интервалов называется *октавной эквивалентностью*. Именно этим объясняется то, что в музыке принято обозначать музыкальные тоны, отличающиеся друг от друга на октаву, одной нотой (A ("ля"), B ("си"), C ("до"), D ("ре") и т.д.) независимо от их высоты (т.е. частоты). (Принцип октавной эквивалентности в той или иной форме используется в музыкальных культурах разных народов мира.)

Как видно из рис. 1.10, график распределения музыкальных тонов, построенный в координатах "высота тона — частота", представляет собой кривую экспоненциальной зависимости. Разность по частоте между нотами A3 и A4 ("ля" малой октавы и "ля" первой октавы) составляет 220 Гц — вдвое больше, чем между нотами A3 и A2 ("ля" малой октавы и "ля" большой октавы), 110 Гц, и это соотношение сохранится, если мы сдвинемся еще на октаву вверх или вниз. Но любой музыкант сказал бы, что на слух музыкальные интервалы между этими звуками одинаковы.

Это, вне всякого сомнения, важно при работе с настроечными параметрами программ цифровой обработки звука, которые привязаны к шкале частот. Транспонирование более низкого тона на 100 Гц вверх вызовет большее изменение высоты тона, чем сдвиг вверх на такой же интервал по частоте более высокого тона.

Музыкальные интервалы и тональности

Любые две тональности связаны друг с другом определенной пропорцией, которая называется *интервалом*. Простейший интервал — *октава*. Тональности, отличающиеся на октаву, связаны пропорцией 2:1. Наше восприятие на слух звучания двух нот, как звучащих "в тон" или "в диссонанс", базируется исключительно на этих пропорциях. Для нашего слуха первостепенное значение имеет не разность частот, а их отношение.



Звук, режущий слух, негармоничен. Акустический диссонанс, который является причиной такого явления, как биения звука, имеет определенное, хотя и не очень близкое, отношение к такому явлению, как музыкальный диссонанс. Но музыкальный диссонанс носит более сложный характер и его труднее охарактеризовать количественно, поскольку он связан с манерой использования музыкальных интервалов в различных музыкальных стилях. Эта тема выходит за рамки нашей книги.

Известные нам музыкальные тоны, например звучание нот мажорной гаммы, имеют определенные, известные частоты. Мы слышали их так часто, что узнаем на слух относительные интервалы между отдельными тонами. Если вы обладаете абсолютным слухом, то для вас не составит труда повторить услышанную мелодию, но даже если вы в состоянии спеть лишь "Happy Birthday", все равно вы подсознательно сохраните в памяти ме-

лодию и узнаете ее. Но откуда вообще возникли эти интервалы, по которым мы определяем, что инструмент звучит правильно, что он "настроен"?

В их основе лежит акустический феномен, которому мы обязаны своей способностью отличить, звучат две ноты "в тон" или "не в тон". Узкие интервалы, которые невозможно описать целочисленными пропорциями, порождают акустическое явление, называемое диссонансом или биениями.

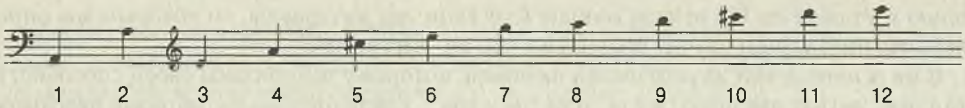
Биения в буквальном смысле являются результатом усиливающей и ослабляющей интерференции, вызванной разностью фаз между двумя тонами. Мы воспринимаем эти периодические изменения амплитуды как сдвиг тона — он может быть едва заметным или более отчетливым, "режущим слух завыванием". (Ярким примером, понятным всем, может служить звук старого расстроенного фортепиано. Вспомните, такой инструмент является типичным атрибутом салунов в ковбойских фильмах. Мы чувствуем, что инструмент расстроен, потому что в фортепиано для каждой ноты отведены три струны, которые должны быть настроены на одну и ту же частоту. Если это не так, то их звуки создают биения, которые мы воспринимаем как диссонанс.) В случае двух синусоидальных волн одинаковой амплитуды частота биений, возникающих при наложении этих звуков друг на друга, равна разностной частоте этих двух тонов. Например, в случае двух тонов, один из которых имеет частоту 440 Гц, а другой — 442 Гц, *комбинационный тон разностной частоты* будет иметь частоту 2 Гц и на слух это будет восприниматься как периодическая, дважды в секунду, пульсация амплитуды звука.

Интервалы, вызывающие диссонанс тонов, — это вовсе не обязательно скверная вещь; напротив, они часто используются для создания определенных художественных эффектов. Унисон — одновременное звучание двух слегка отличающихся по частоте источников — позволяет добиться специфического тембра звучания (мы поговорим об этом в главе 9, посвященной синтезу звука). Но акустический *диссонанс* — это именно то, благодаря чему мы чувствуем гармонию звуков.

Благодаря эффекту биений для нас не представляет ни малейшего труда уловить диссонанс, если два тона звучат в *унисон*, поэтому самый простой способ настройки, подстраиваете ли вы тональность аккомпанемента под свой голос или настраиваете два инструмента на одну и ту же тональность, — настройка в унисон. Также чрезвычайно легко настроить по исчезновению биений два тона с интервалом в октаву (пропорция 2:1) или с одним из других простых (так называемых основных) интервалов; это может быть, например, чистая квинта (пропорция 3:2). Комбинирование этих интервалов в музыкальный строй инструмента, в целом, оказывается, однако, куда более сложной задачей.

Теоретически, возможно, идеальным вариантом была бы настройка музыкальных тонов в пропорциях, соответствующих интервалам между низшими гармониками натурального звукоряда, т.е. в пропорциях 3:2 (чистая квинта), 4:3 (чистая кварта), 5:4 (большая терция), 6:5 (малая терция) и т.д. Частоты тонов натурального звукоряда формируют интервалы, очень близкие музыкальным интервалам, привычным нам (**рис. 1.11**). Октава, квинта (или путем инверсии — кварта), большая и малая терции — все эти музыкальные интервалы формируются первыми шестью гармониками натурального звукоряда. В действительности, используя целочисленные пропорции, можно создать музыкальную систему, которая очень близка этому звукоряду и, следовательно, обеспечивает очень точно "настроенное" звучание; эта система (которая фактически охватывает все семейство музыкальных систем) называется *чистой (точной) интонацией*.

Проблема в настройке исключительно по целочисленным пропорциям заключается в том, что при этом интервалы оказываются неодинакового размера. Это создает особенно серьезную проблему в случае клавишных инструментов, поскольку при переходе мелодии



(Порядковый номер ноты в гармоническом звукоряде)

Рис. 1.11. *Натуральный звукоряд состоит из тона основной частоты и последовательности гармонических обертонов, частоты которых кратны основной частоте (1x, 2x, 3x, 4x, 5x...). Эталоном, от которого строится натуральный звукоряд, является нота А2 (нота "ля" первой октавы, частота — 440 Гц). Тоны натурального звукоряда примерно соответствуют тонам музыкальных нот, указанных на рисунке, но не совпадают с ними, поскольку в современной музыке используется музыкальный звукоряд, отличный от натурального звукоряда*

из одной тональности в другую трудно сохранить аккордовую прогрессию. В этом случае получить тот же самый набор музыкальных интервалов в другой тональности можно, только перенастроив инструмент. Начиная с XVIII столетия, когда в музыке стал все шире использоваться переход из одной тональности в другую, музыканты стали использовать различные методы выравнивания музыкальных интервалов, чтобы сохранить приблизительно одинаковое восприятие на слух тонов и музыкальных интервалов при переносе музыкального сочинения из одной тональности в другую.

В современной музыке общепринятой является музыкальная система, получившая название *12-ступенный равномерно-темперированный строй.* Она обеспечивает идеальное эквидистантное, т.е. воспринимаемое на слух как одинаковое изменение высоты тона, звучание всех соседних нот. Если по порядку нажимать белые и черные клавиши настроенного фортепиано (или другого клавишного инструмента), то повышение тона на каждой ступени, воспринимаемое на слух, будет оставаться совершенно одинаковым, потому что пропорция частот соседних тонов постоянна. (Как мы уже говорили, наш слух сравнивает два тона не по разности, а по отношению их частот.) К сожалению, это не дробно-рациональная пропорция. Она представляет собой иррациональное число — корень двенадцатой степени из двух. Как ни странно, но это не дробно-рациональная пропорция.

В результате музыкальные тоны, указанные на рис. 1.11, только приблизительно соответствуют частотам натурального звукоряда. Все музыкальные интервалы, за исключением октавы, немного скорректированы. Если внимательно прислушаться к звучанию большой или малой терции, то можно уловить пульсации, т.е. некоторый диссонанс между ними, потому что в равномерно-темперированном строе терции отличаются пропорцией от терции натурального звукоряда. Но, поскольку этот музыкальный строй лежит в основе музыки, которую мы слышим с самого рождения, мы привыкли к этому и не воспринимаем диссонанс звучания этих музыкальных интервалов, как расстроенность инструмента (благодаря цифровым технологиям обработки звука стало куда легче, чем раньше, экспериментировать с различными музыкальными системами).

Музыкальные интервалы и цифровые технологии обработки звука

При выполнении ряда задач цифровой обработки звука, вероятно, потребуется использовать музыкальные, а не технические параметры, характеризующие высоту тона. Например, при переносе записанного музыкального пассажа в новую тональность удобнее, по-видимому, оперировать не частотой, а привычными музыкальными параметрами; без сомнения, настройки к примеру "вверх на тон" и "из тональности D ("ре мажор") в тональность E ("ми мажор")" куда понятнее, чем "пропорция частот тонов" и уж тем более

"абсолютное изменение частоты в герцах". В технике цифровой обработки звука в качестве стандартного интервала чаще всего используется *полутон* — стандартный интервал (ступень) между соседними звуками хроматической гаммы, т.е. музыкальный интервал между соседними нотами фортепианной октавы (включая как белые, так и черные клавиши). Если необходима повышенная точность, каждый полутон делится на сто *центов*.

Перевод названий нот в частоту и обратно

На сайте `www.phys.unsw.edu.au/~jw/notes.html` имеется online-конвертер для перевода названий нот в частоту. Он вам понравится!

Если в приложении значения параметра указываются в герцах, а не в музыкальных единицах высоты тона, не остается ничего другого, кроме как вручную переводить их в соответствующие ноты, чтобы оперировать терминами музыкальной гармонии. К счастью, на этот случай в Интернете вы найдете массу справочных таблиц и калькуляторов. В некоторых приложениях, например в Cycling '74 Max/MSP (`www.cycling74.com`), предусмотрен даже автоматический перевод из одних единиц в другие. Все они базируются на общепризнанной музыкальной системе — 12-ступенном равномерно-темперированном строе. В большинстве случаев достаточно помнить о том, что удвоение частоты соответствует повышению высоты музыкального тона на октаву. Например, звук частотой 1500 Гц на октаву выше звука частотой 750 Гц.

Как мы различаем громкость

Как и в случае высоты тона, расчет относительной громкости звука представляет собой непростую задачу, что объясняется особенностями нашего слухового восприятия.

Понятия "амплитуда" и "громкость" часто используются в одном и том же смысле, но, хотя это и родственные понятия, означают они не одно и то же. *Амплитуда* — это относительная мера, характеризующая как физические свойства звука (величина колебаний давления воздуха относительно его нормального, в отсутствие звука, значения), так и относительный уровень звукового сигнала (как цифрового, так и аналогового). С другой стороны, громкость — это субъективная характеристика, зависящая от конкретных особенностей слухового восприятия. Мы ощущаем громкость благодаря особенностям строения нашего слухового аппарата и алгоритму обработки мозгом звуковой информации.

Человеческий слух способен воспринимать акустические сигналы в широчайшем диапазоне амплитуд. В акустике в качестве параметра, характеризующего амплитуду звуковой волны, используется *уровень звукового давления*. Измерять его в абсолютных единицах было бы крайне неудобно, потому что диапазон чувствительности человеческого слуха к мощности звука невероятно широк — он составляет примерно десять триллионов к одному. Числа с огромным количеством нулей — вещь не очень удобная, и для регулировки громкости нам нужна более удобная шкала.

Шкала децибелов

Стандартный математический метод представления подобного внушительного диапазона чисел в более удобоваримом виде — использовать вместо *линейной* шкалы *логарифмическую*. Не углубляясь в математические тонкости этого преобразования, скажем проще: если увеличивать уровень звукового давления нелинейно — в десять, сто, тысячу и так далее раз, — то по шкале децибелов он будет расти линейно.

Единица измерения по такой шкале была названа *бел*, в честь Александра Грэхема Белла (Alexander Graham Bell). Эта единица оказалась чересчур большой для использования в акустике, поэтому на практике используется единица измерения *децибел* (*дБ*), равная одной десятой бела.

Вам, вероятно, известна другая, куда более распространенная логарифмическая шкала — шкала Рихтера, — по которой измеряют силу землетрясений. Подобно шкале Рихтера, шкала децибелов является общей шкалой измерения относительных величин. Поскольку мы измеряем не абсолютные величины типа длины и веса, которые измеряются в метрах и килограммах, а относительные, для нас принципиальными вопросами являются следующие: какую величину мы измеряем и по отношению к какой величине мы ее измеряем? Без привязки к определенному началу отсчета эта шкала лишена какого-либо смысла.

Началом отсчета, от которого строится логарифмическая шкала в децибелах, является произвольно выбранная точка — 0 дБ. Если звук имеет уровень 0 дБ, это вовсе не означает что его амплитуда равна нулю.

Использование разных логарифмических единиц измерения для разных величин

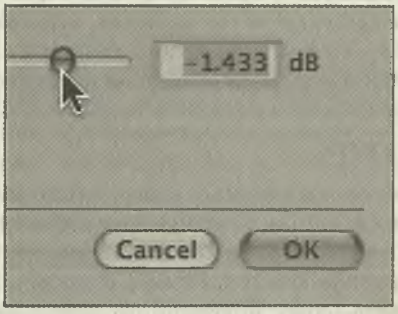
В акустике и звуковой технике логарифмическая шкала в децибелах используется для измерения субъективной громкости звука, воспринимаемой на слух, и измерения уровня сигнала в электронной аппаратуре. Сравнивать уровень звукового давления с уровнем электрического сигнала — это все равно что сравнивать апельсины с яблоками. Это вещи несопоставимые, хотя и в том, и в другом случаях измерения на практике производятся в децибелах. Нам понятен смысл шутки в фильме “This Is Spinal Tap”, когда один из персонажей — Найджел (Nigel) — по незнанию говорит, что “этот усилитель потянет все одиннадцать”, а не десять. В конце концов, любые единицы измерения громкости так или иначе связаны между собой.

Чувствительность человеческого слуха к громкости звука характеризует *уровень звукового давления по шкале децибелов* (SPL — Sound Pressure Level). За точку отсчета 0 дБ принят *порог слышимости* — минимальный уровень звукового давления, при котором большинство людей еще способны слышать звук (опять-таки, этот порог субъективен, люди с очень острым слухом могут расслышать звуки при уровне звукового давления даже ниже 0 дБ). Что касается уровня электрического сигнала, то он измеряется в разных единицах, например относительный уровень мощности сигнала измеряется в единицах dBm (дБмВт); “m” означает милливатт (т.е. уровень мощности измеряется по отношению к 1 мВт), относительный уровень по напряжению измеряется в единицах dBu и dBV (дБВ). Обрадуем тех, кого пугают эти непривычные единицы измерения: вам, скорее всего, не понадобится разбираться в различиях между ними. Эти единицы измерения встречаются, как правило, в технических характеристиках аудиооборудования и представляют интерес, в первую очередь, для инженеров, которым эти данные нужны для согласования аппаратуры.

Громкость звука и цифровые технологии обработки звука

Стандартные единицы измерения амплитуды

В программах цифровой обработки звука амплитуда звукового сигнала обычно характеризуется его относительным уровнем, выраженным в децибелах (дБ).



В программах цифровой обработки интенсивность звука обычно характеризуется его относительным уровнем, выраженным в децибелах. Например, в программном микшере в приложениях Digidesign Pro Tools и Cakewalk SONAR 0 дБ — это не порог слышимости звука, а точка отсчета, выбранная разработчиками приложения, исходя из определенных известных им соображений. Конкретный сигнал может иметь уровень как меньше 0 дБ (т.е. отрицательный уровень), так и выше 0 дБ. В некоторых приложениях 0 дБ — это максимально допустимый уровень сигнала, и в них отображаемый уровень сигнала всегда меньше 0 дБ.

Логарифмическая шкала громкости лишь приблизительно отражает закономерности различения изменения громкости сигнала, присущие человеческому слуху. Увеличение громкости на 3 дБ соответствует двукратному повышению звукового давления или интенсивность звука, уменьшение громкости на 3 дБ соответствует их двукратному понижению, но на слух изменение громкости звука будет едва заметным. Изменение громкости на 1–2 дБ, как правило, не различается. Для субъективного, т.е. на слух, восприятия повышения громкости вдвое необходимо, как правило, повысить уровень громкости примерно на 20–30 дБ.

Чувствительность человеческого слуха зависит также от частоты звука. Она максимальна в центральной части диапазона звуковых (слышимых) частот, это соответствует диапазону человеческой речи. На краях этого диапазона чувствительность снижается. В домашних стереофонических комплексах и в другой звуковоспроизводящей аппаратуре громкость регулируется с учетом этой особенности человеческого слуха: когда вы увеличиваете громкость звука регулятором громкости, на самом деле усиливаются только высокие и низкие частоты, а центральная часть спектра остается неизменной. За счет подъема высоких и низких частот компенсируется снижение чувствительности человеческого слуха на краях звукового диапазона. Таким образом, усиливаются именно те частоты, на которых человек хуже слышит при низкой громкости звука. В результате звук становится более сочным, более отчетливым, хотя его интенсивность возросла не настолько, как это кажется на слух (кстати, по той же причине при высоком уровне громкости такая коррекция дает очень слабый эффект, потому что при высоком уровне громкости происходит выравнивание кривой равной громкости). В разделе главы 7, посвященном

коррекции (на профессиональном жаргоне — *эквализации*, от англ. "equalization"), подробно рассматриваются способы коррекции спектра звукового сигнала и то, как они влияют на субъективное восприятие громкости звука.

Для вас важно одно — насколько вы чувствуете изменение громкости звука, изменяя ее уровень. Что, пришло время достать инженерный калькулятор и начать считать логарифмы? Вовсе нет; децибелы и были придуманы для того, чтобы избавить нас от этих хлопот. Они просто позволяют четче выразить субъективные ощущения, подсказывающие нам, какие коррективы необходимо внести в звук в той или иной полосе частот. Звукооператорам фраза "поднять средние частоты на пару децибелов" вполне понятна.

Защищайте слух

Здоровый человек в молодые годы слышит звуки в диапазоне частот примерно от 20 до 22 000 Гц. С возрастом верхняя граница частотного диапазона слышимого звука снижается. Звукочувствительные сенсоры нашего уха — крошечные, очень чувствительные волоски, покрывающие внутреннее ухо — чрезвычайно нежные. Сберечь слух вам помогут следующие простые меры безопасности: не подвергайте свой слух продолжительному воздействию громкого звука, работая в наушниках, делайте почаще перерывы и будьте осторожны, регулируя уровень громкости. Лучше всего устанавливать уровень громкости в наушниках следующим образом: начиная с минимального уровня, очень плавно увеличивайте громкость и, достигнув комфортного уровня прослушивания, остановитесь. Если вы не будете беречь свои уши от слишком громкого звука, вы, как минимум, потеряете остроту слуха.

Прослушивание при высоком уровне громкости звука представляет собой опасность для слуха — это может вызвать потерю слуха и болезненный, неизлечимый синдром постоянного звона в ушах (звон в ушах и ощущение усталости — это обычные симптомы чрезвычайно опасного уровня громкости звука). По этим соображениям звукооператоры (фанаты музыки) на рок-концертах работают в противошумных наушниках — вы это часто видите. Высокая громкость звука — это не только опасность для слуха, это и неизбежное снижение верности звуковоспроизведения и искажения, что весьма осложняет мониторинг звука.

Желающим подробнее ознакомиться с темой сохранения слуха рекомендуем следующие Интернет-ресурсы.

U.S. Center for Disease Control on Hearing & Health (`www.cdc.gov/ncbddd/dd/ddhi.htm`).

American Tinnitus Association — Американская ассоциация лиц, страдающих шумом в ушах (`www.ata.org`).

Для обеспечения нормальных условий работы обязательно необходимо точно измерить уровень фонового шума в децибелах (уровень звукового давления — SPL); подробную информацию по этому вопросу, нормы и методики вы найдете на Web-сайте **Государственного управления охраны труда правительства США** (`www.osha.gov`).

Как мы различаем тембр звука

Как мы уже говорили, практически любые звуки имеют достаточно широкий спектр (энергия звуков распределена по множеству частотных составляющих), но человеческий слух воспринимает их целостно, как единый звук. Конкретная комбинация этих составляющих по частоте и амплитуде определяет индивидуальность звука — его *тембр*.

Тембр звука целиком зависит от частот и амплитуд составляющих его спектра. Разные составляющие, как правило, затухают за разные промежутки времени, поэтому тембр звука, который мы слышим, отчасти зависит и от того, как спектр звука изменяется во времени. Именно характер изменения спектрального состава звука во времени позволяет нам отличать звучание тубы от звучания электрогитары. *Спектр* — это общая картина состава звука, распределения его энергии по составляющим различных звуковых частот. Увеличьте амплитуды обертонов звука, и в результате форма звуковой волны (которую вы видите на экране осциллографа или в окне программы обработки звука) изменится. Идеальная синусоидальная волна, как известно, представляет собой плавные, повторяющиеся с постоянным периодом, колебания давления воздуха — этот звуковой сигнал имеет одну частотную составляющую, в нем отсутствуют обертоны. Наложите на этот чистый тон гармоники, и форма получившейся звуковой волны станет более сложной, как показано на **рис. 1.12**. Добавьте негармонические составляющие, и периодический характер волны исчезнет — субъективно, на слух, вы почувствуете, как ранее отчетливый тон становится все менее различимым. Чем больше негармонических составляющих в спектре звука, тем менее выражена его тональность.

В противоположность тональным звукам *шум* представляет собой совершенно хаотичную звуковую волну, лишенную и намека на периодичность. Это видно на рис. 1.12. Звуки типа атмосферных радиопомех и шума ветра по составу спектра — это типичные шумы. В их частотном спектре отсутствуют четко выраженные гармоники, а энергия равномерно распределена по всем частотам. Идеальный "белый шум" имеет равномерный спектр: он называется "белым" в том же смысле, что и белый свет, энергия которого равномерно распределена по всему диапазону длин волн видимого света.

Эти свойства тембра станут еще более существенными, когда вы начнете придумывать оригинальные звучания и виртуальные инструменты. Эта тема с практическими примерами подробно рассматривается в главе 9.

Как выглядит звук в программе обработки звука

Теперь, изучив основы физики звука, посмотрим, в каком виде будет представлен звуковой сигнал, с которым вы будете работать в программах цифровой обработки. До сих пор мы имели дело с тремя основными параметрами описания звукового сигнала.

- **Время.** Без этого параметра невозможно представить музыкальный тон (поскольку частота — это всего-навсего количество колебаний в определенный промежуток времени) или мелодию (которая тоже имеет протяженность во времени).
- **Амплитуда/относительная величина колебаний давления воздуха.** Амплитуда — это основополагающее понятие, на котором базируется определение таких параметров, как интенсивность звука и субъективная громкость звука.
- **Частотный спектр и составляющие.** Характер изменения интенсивности различных составляющих спектра во времени дает субъективное восприятие тембра звука.

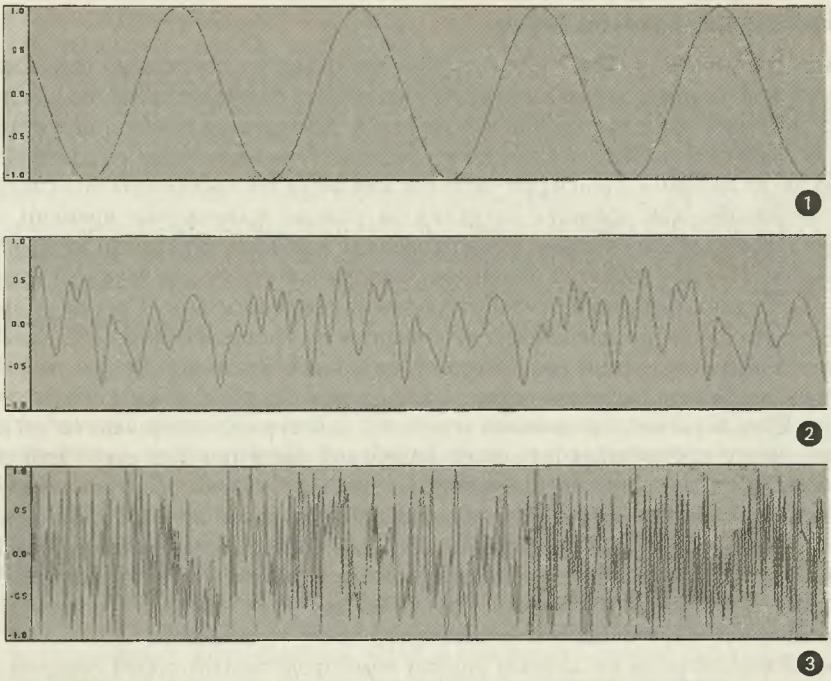


Рис. 1.12. *Если достаточно сильно увеличить изображение формы звукового сигнала во времени (так, чтобы были видны детали), то можно увидеть отдельные периоды (циклы) звуковой волны. Идеальная синусоидальная волна (1) имеет постоянный, отчетливо видный период повторения. Если добавить к ней гармоники (2), периодичность сохраняется, но форма звукового сигнала становится более сложной. Субъективно, на слух, такой сигнал имеет отчетливую тональность, но его тембр становится богаче. Шум, например искусственно созданный "белый шум" (3), — это непериодический, хаотический звуковой сигнал. У такого звука нет тональности, на слух он напоминает ветер или атмосферные радиочастотные помехи*

В программах цифровой обработки звука, по большей части, звук изображается в виде кривой в координатах "время — амплитуда". На **рис. 1.13** показан пример типичного представления звукового сигнала в окне программы цифровой обработки звука: по оси **y** нанесена шкала интенсивности сигнала или давления воздуха, по оси **x** — шкала времени.

Высота подъема кривой, отсчитываемая по оси **y**, дает грубое представление о величине изменения давления воздуха в реальной волне звукового сигнала, записанного в цифровой форме. С технологией преобразования звукового сигнала в цифровую форму вы познакомитесь в разделе "Звук в цифровой форме", приведенном далее в этой главе. Величина колебаний кривой вверх-вниз относительно оси **x** характеризует, как вы уже поняли, амплитуду звука. График показывает интенсивность звукового сигнала, записанного в цифровой форме, хотя шкала, нанесенная по оси **y**, часто бывает шкалой значений не в каких-то определенных единицах, например, децибелов, а в условных единицах без расшифровки их значения, например она может охватывать диапазон значений от –1,0 до 1 или от –100 до 100%. Если по оси **y** нанесена шкала в децибелах, то она может, на-

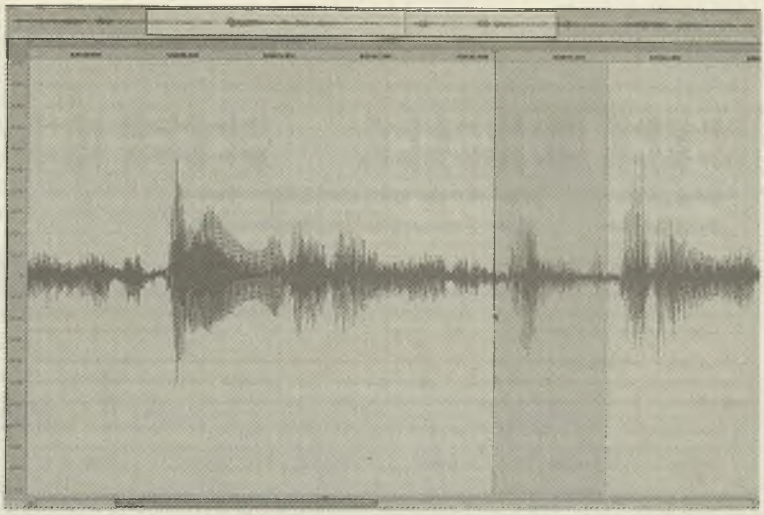


Рис. 1.13. *Типичное представление звукового сигнала в окне редактора звука на примере программы Apple Soundtrack Pro. В масштабе развертки по времени, чаще всего используемом в практике редактирования, невозможно разглядеть отдельные периоды звуковой волны, но зато можно оценить общую картину изменений амплитуды звука*

пример, охватывать диапазон от 0 дБ (максимальное значение) до –96,3 дБ (минимальное значение), характеризуя, таким образом, динамический диапазон программы цифровой обработки звука. В некоторых программах по оси **y** наносится шкала точных выборочных значений сигнала, например от –32 628 до 32 627, хотя такого рода шкала встречается весьма редко, поскольку данные, представленные в таком виде, сложно анализировать.

На DVD-диске. Простые редакторы звука — это эффективные и многофункциональные (как перочинные ножики) инструменты для работы с цифровым звуком. ПО Audacity, записанное на прилагаемом DVD-диске, — это бесплатный, с открытым исходным кодом пакет программных инструментов редактирования звука для любой из операционных платформ (Windows, Linux и Mac OS X).

Если еще уменьшить масштаб развертки по времени, чтобы охватить более длинный сегмент звукового сигнала, отдельные колебания формы звуковой волны станут неразличимы, но зато четче станет виден профиль амплитуды звукового сигнала во времени. Теперь вы сможете различить звуки отдельных слов песни или речи, удары барабана, звуки контрабаса и т.п. На **рис. 1.14** показан пример типичной картины звукового сигнала в окне программы цифровой обработки звука — аранжировка песни в окне программы ACID Pro (`http://mediasoftware.sonypictures.com`).

Представление звукового сигнала в явном виде, в координатах "амплитуда — время", — это не единственный вариант графического представления звука. Во многих программах предусмотрена возможность отображения амплитудно-частотного спектра звука, более удобного для анализа тембровых особенностей редактируемого звука, тонкой коррекции параметров используемых эффектов и коррекций в частотной области, как показано на **рис. 1.15**.

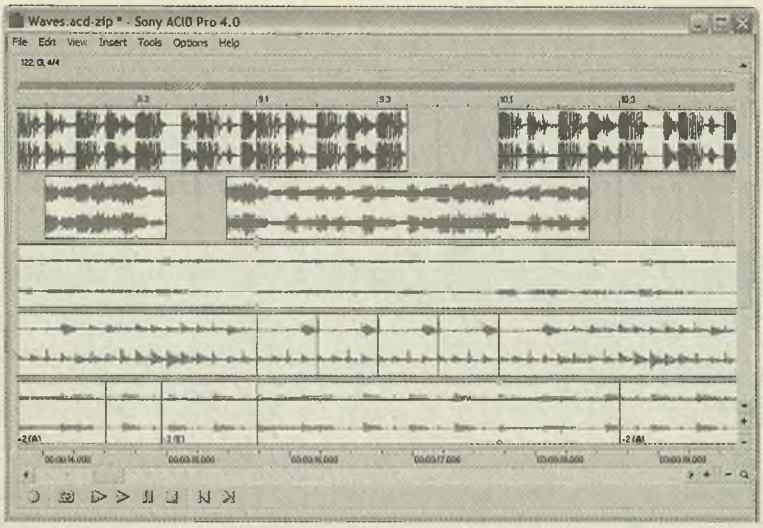


Рис. 1.14. *Профили звуковых сигналов, появляющиеся в окне программы Sony ACID Pro, в процессе исполнения песенной аранжировки. Здесь можно увидеть отдельные элементы песни во взаимосвязи друг с другом (ритмичные звуки барабана, отдельные звуки мелодии в том порядке, в каком они следуют в песенной аранжировке)*

Практика: графическое представление звука

Программа Audacity обеспечивает возможность открывать и просматривать аудиофайлы в формате Windows WAV и сжатые аудиофайлы в форматах OggVorbis и MP3. Откройте файл одного из этих форматов и посмотрите, как выглядит звуковой сигнал. Для увеличения масштаба изображения звукового сигнала по вертикали щелкните левой кнопкой мыши на нижнем краю изображения и, удерживая кнопку нажатой, перетащите его мышью вниз. Для увеличения (уменьшения) масштаба изображения звукового сигнала по горизонтали воспользуйтесь кнопками “+” и “–” виртуальной лупы на панели инструментов или соответствующей командой меню View. При достаточно большом увеличении вы увидите отдельные отсчеты — они имеют вид квадратиков на кривой звукового сигнала.

Многие приложения и подключаемые модули, помимо обычного изображения формы звукового сигнала во времени, позволяют представить сигнал в другой форме — в виде развертки спектра звукового сигнала во времени. Это дает возможность четче представить себе спектральный состав сигнала, особенно в процессе редактирования и фильтрации сигнала. В программе Audacity можно перейти от представления сигнала в виде амплитудно-временной кривой, которое в этой программе называется Waveform, к “спектрально-временному” представлению. В этой форме представления по оси **y** идет шкала частот, а амплитуда спектральных составляющих отображается яркостью. Чтобы выбрать эту форму отображения сигнала, щелкните мышью на стрелке, направленной вниз, рядом с именем файла и в открывшемся меню выберите команду Spectrum, как показано на рис. 1.15.

В некоторых приложениях эта концепция используется еще шире. Например, в программе U&I Software MetaSynth (www.uisoftware.com) вы можете синтезировать и редактировать звук с помощью инструментов, используемых обычно в графических редакторах, "рисуя" и корректируя графическое изображение спектра сигнала. В программе Adobe Audition предусмотрены графические инструменты фильтрации звука путем коррекции изображения амплитудно-временной кривой сигнала.

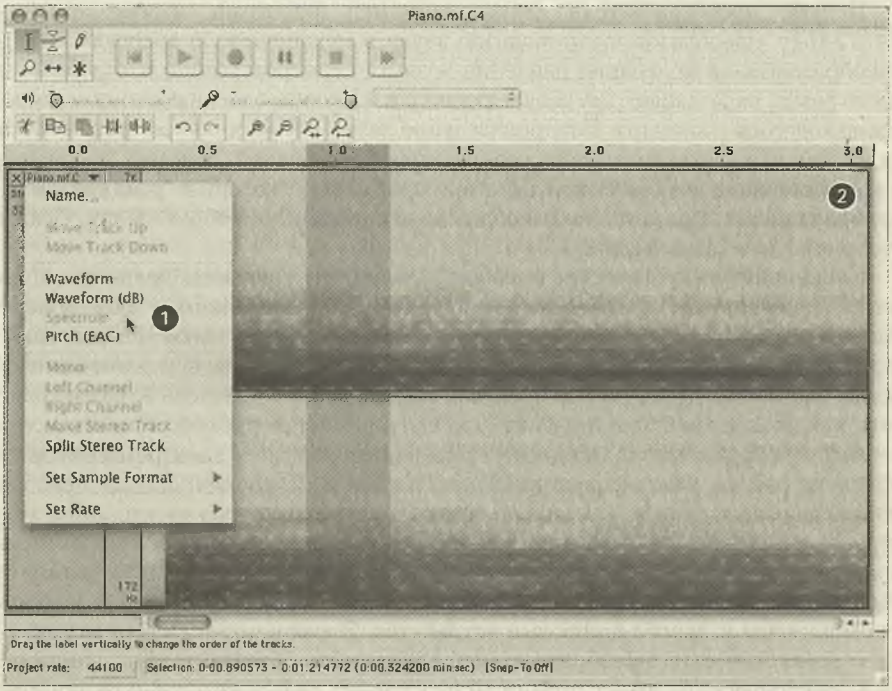


Рис. 1.15. *В программе Audacity щелкните мышью на стрелке, направленной вниз, рядом с именем файла и в открывшемся меню выберите команду Spectrum (1). Звуковой сигнал будет теперь изображаться в "спектрально-временной" форме представления, в которой амплитуда спектральных составляющих отображается яркостью (2). В спектре реального сигнала имеются четко выраженные спектральные составляющие, придающие звуку характерную тембровую окраску. В программе Audacity можно использовать такую форму представления сигнала для редактирования и фильтрации звука*

Звук в цифровой форме

До сих пор мы рассматривали звук как физическое явление, существующее в реальном мире, но для нас важнее всего научиться использовать технологии цифровой обработки звука. Для преобразования звука в цифровую форму, как и для обратного преобразования цифровой информации в слышимый звук, необходимы преобразователи — устройства, преобразующие один вид энергии в другой.

Преобразователи

Преобразователь — это устройство, преобразующее один вид энергии в другой. Примером преобразователя может служить обычный термометр. Он преобразует тепловую энергию в механическое движение столбика ртути. Преобразователь звука трансформирует звуковую волну, распространяющуюся в воздухе, в сигнал другой физической природы — в электрический сигнал. Наши уши — это, собственно, тоже преобразователи звука, трансформирующие звук в нервные импульсы, поступающие в мозг.

Первые преобразователи звука, например фонограф, изобретенный Эдисоном в 1877 году, преобразовывали энергию звука в механическую энергию. Эти устройства преобразовывали колебания давления воздуха непосредственно в колебания механического резца, нарезавшего звуковую канавку в восковом слое, нанесенном на поверхность вращающегося цилиндра. Воспроизведение звука осуществлялось также механическим способом: игла звукоснимателя, соединенная с мембраной, двигаясь по канавке звукозаписи, заставляла мембрану колебаться, создавая звук, который "усиливался" с помощью рупора типа мегафонного. Таким образом осуществлялось обратное преобразование звукозаписи в слышимый звук.

Современные акустические преобразователи — микрофоны, наушники и громкоговорители — являются преобразователями акустоэлектрического и электроакустического типов. Они преобразуют звук в электрический сигнал или, наоборот, электрический сигнал в звук. Вместо преобразования акустического сигнала в механические колебания резца, нарезающего канавку на носителе записи, как это делалось в граммофоне Эдисона, звук преобразуется в электрический сигнал с помощью промежуточного акустоэлектрического преобразователя, например подвижных катушек электромагнитов (подробное описание работы микрофонов приведено в главе 6). Звуковой сигнал, преобразованный в электрическую форму, уже можно обрабатывать с помощью электронной аудиоаппаратуры, хранить на магнитных носителях путем намагничивания слоя магнитных частичек, покрывающих магнитофонную ленту, преобразовывать в цифровую форму с помощью специального электронного оборудования и затем передавать поток цифрового звука в компьютеры и другие цифровые устройства. Электрически сигнал можно с помощью электроакустических преобразователей превращать обратно в звук; например, усиленный электрический сигнал, поданный на катушку диффузора громкоговорителя, заставляет его вибрировать, создавая слышимый звук.

Аналоговый и цифровой аудиосигналы

После того как звук преобразован микрофоном в электрический сигнал, полученный "образ" звука в аналоговой или цифровой форме можно записать и сохранить, передать на значительное расстояние и воспроизвести. Для этого существует широкая гамма соответствующей электронной аппаратуры. Поскольку в своей студии цифровой звукозаписи вы будете использовать как цифровую, так и аналоговую аппаратуру и поскольку микрофоны, наушники и громкоговорители — это аналоговые устройства, вам неизбежно придется иметь дело с преобразованием цифрового аудиосигнала в аналоговый и обратно.

В состав оборудования как для аналоговой, так и для цифровой обработки звука входят преобразователи звука в электрический сигнал и электрического сигнала — в звук. В аналоговой схемотехнике электрический аудиосигнал остается, в принципе, в том же виде, в каком он был получен на выходе акустоэлектрического преобразователя, — в виде аналогового электрического сигнала, напряжение которого непрерывно изменяется во времени. Между этим сигналом и звуковой канавкой на пластинке нет принципиальной

разницы; и в том, и в другом случаях колебания давления воздуха, которые и являются собственно звуком, преобразуются в колебания траектории звуковой канавки на грампластинке или в колебания напряжения электрического аудиосигнала. В цифровой схемотехнике исходный аналоговый электрический сигнал преобразуется в цифровую форму — в дискретную последовательность напряжений, своего рода "срезы" напряжения сигнала через определенные интервалы времени, аппроксимирующие аналоговый сигнал. Аудиосигнал в цифровой форме остается электрическим сигналом, но теперь он уже не непрерывный, а импульсный. Колебания напряжения импульсного сигнала, вызванные, например, помехами, уже не приводят к искажению звука, поскольку в цифровом сигнале информация о параметрах звука закодирована в виде последовательности единиц и нулей (в двоичном формате). Рассмотрим оба варианта аудиосигнала, аналоговый и электрический, по отдельности, чтобы лучше понять, что они собой представляют.

Аналоговый аудиосигнал

Мы называем вещи аналогами (analog), если они чем-то похожи друг на друга. В технике звукозаписи термин *аналоговый* (analog) означает "непрерывный" — аналоговый электрический сигнал, мгновенные значения которого непрерывно изменяются в соответствии с непрерывными изменениями давления в звуковом сигнале, преобразуемом в этот электрический сигнал с помощью акустоэлектрического преобразователя. В действительности форма электрического аудиосигнала не является идеальной копией исходного звукового сигнала, поскольку реальные акустоэлектронные преобразователи, в данном случае — микрофоны, неидеальны и вносят определенные искажения. Тем не менее изменение напряжения (непрерывный электрический сигнал — аналог звука) происходит по закону изменения давления (звук) (**рис. 1.16**).

Рис. 1.16. Изменения напряжения аналогового электрического аудиосигнала (справа) "копируют" непрерывные колебания давления воздуха в реальной звуковой волне (слева)

Аналоговый электрический аудиосигнал используется в разнообразной аналоговой аппаратуре. Это, например, следующие устройства.

- Микрофоны и громкоговорители (в том числе оснащенные цифровыми преобразователями; микрофоны и громкоговорители по своей сути являются аналоговыми устройствами)
- Стандартные входы и выходы звуковой аппаратуры, например разъемы наушников, входы и выходы каналов звука радиотелевизионной аппаратуры, оснащаемые разъемами RCA и четвертьдюймовыми разъемами TRS

- Аналоговые электромузыкальные инструменты: аналоговые синтезаторы и электрогитары, а также их усилители
- Аналоговая аппаратура обработки аудиосигнала: пружинные ревербераторы и другие устройства для создания звуковых эффектов
- Аналоговая аппаратура звукозаписи: оборудование для записи грампластинок, кассетные и бобинные магнитофоны

Цифровой аудиосигнал

Поскольку аналоговый электрический аудиосигнал очень точно "копирует" реальный звуковой сигнал, возникает вопрос — зачем еще что-то придумывать? Все дело в том, что у аналогового сигнала есть серьезные недостатки. Поскольку звук в этом сигнале закодирован в виде непрерывного изменения напряжения, любые изменения напряжения, например, вызванные наложением электрических помех, после того, как электроакустический преобразователь (громкоговоритель) преобразует электрический аудиосигнал в звук, превратятся в звуковые помехи. Иными словами, аналоговые сигналы не защищены от помех, и при передаче и копировании происходит снижение качества оригинального аудиосигнала. Второй недостаток аналоговых аудиосигналов — ограниченные возможности их обработки. Для их обработки компьютер и другое цифровое оборудование не подходят. Компьютер — это, по существу, очень мощная вычислительная машина, поэтому, чтобы использовать его для обработки звука, необходимо преобразовать аналоговый аудиосигнал в цифровую форму. Способ решения всех этих проблем — работать не с аналоговым аудиосигналом, а с цифровым, т.е. превратить аналоговый аудиосигнал в числовой поток данных — последовательность чисел, описывающих аналоговый аудиосигнал.

Аудиоаппаратура, в которой информация хранится, обрабатывается и пересылается в цифровой форме, называется цифровой аппаратурой. Для преобразования напряжения непрерывного аналогового сигнала в цифровую форму используются специальные схемы, которые называются аналого-цифровыми преобразователями.

Аналого-цифровой преобразователь (*АЦП*) осуществляет преобразование непрерывного сигнала в последовательность чисел, измеряя напряжение сигнала через равномерные интервалы времени — осуществляя так называемую *выборку* сигнала (**рис. 1.17**). На **рис. 1.18** показано, как выглядит цифровой аудиосигнал в окне программы цифровой обработки звука при большом увеличении.

Можно ли обойтись без аналоговой аудиоаппаратуры

Конечно, нет. Непосредственно преобразовать звук в цифровую форму или, наоборот, превратить цифровой сигнал, минуя аналоговый электрический аудиосигнал, в звук невозможно. Мы не можем обойтись без акустоэлектрических и электроакустических преобразователей — микрофона, преобразующего звук в аналоговый электрический аудиосигнал, и громкоговорителя, которому для создания звука необходим аналоговый электрический аудиосигнал. В то же время многие технологии обработки звука могут быть реализованы только в цифровой форме и компьютеры могут работать только с цифровым звуком.

Итак, аналого-цифровой преобразователь преобразует входной аналоговый аудиосигнал в цифровую форму, и теперь его можно хранить и обрабатывать в компьютере. Но мы также должны уметь преобразовать цифровой сигнал в аналоговый, иначе мы не сможем слушать с помощью наушников и громкоговорителей записанный звук. Для этого предназначены специальные схемы — *цифроаналоговые преобразователи* (*ЦАП*), — которые выполняют операцию, обратную той, которую выполняют АЦП. ЦАП преобразует цифровой аудиосигнал в непрерывный аналоговый электрический аудиосигнал.

Цифровая аппаратура — это либо аппаратура, предназначенная для работы с аналоговым аудиосигналом и имеющая в своем составе аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи, либо аппаратура, предназначенная для работы исключительно с циф-

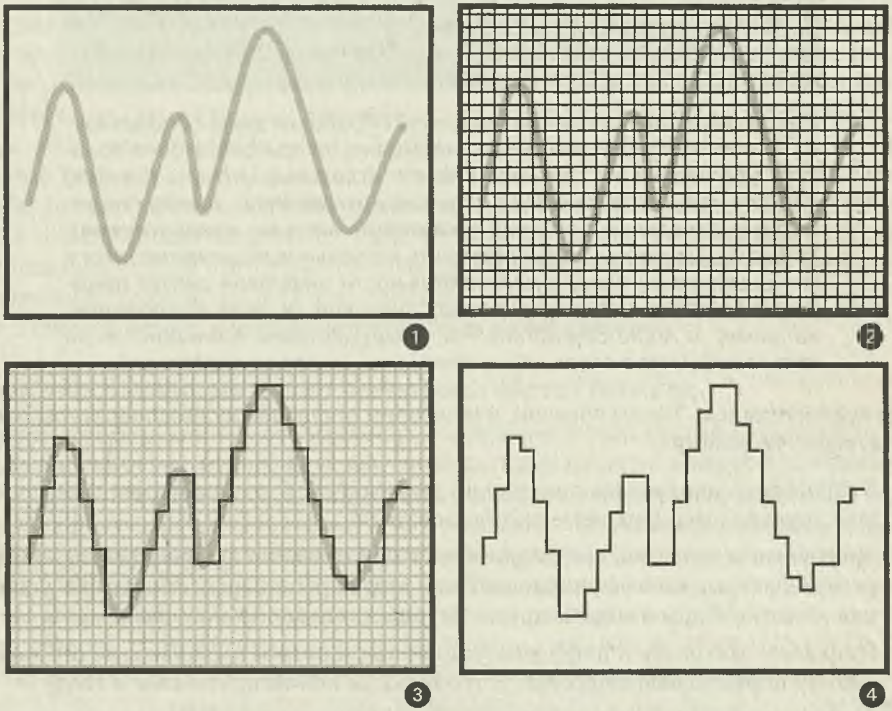


Рис. 1.17. *Аналого-цифровой преобразователь преобразует мгновенное значение напряжения аналогового сигнала в дискретное число. На вход АЦП поступает аналоговый электрический сигнал, напряжение которого непрерывно изменяется по закону изменения давления в звуковой волне (1). АЦП аппроксимирует кривую напряжения сигнала дискретной числовой последовательностью чисел, "привязывая" ее к определенной координатной сетке. Шкала времени, проходящая по оси* ***x****, разбита на равноотстоящие интервалы, через которые АЦП производит выборку мгновенного напряжения аналогового аудиосигнала. Шкала напряжения сигнала, проходящая по оси* ***y****, размечена с определенным шагом. По ней отсчитывается дискретное значение — ближайшее к измеренному мгновенному значению (2). Таким образом, АЦП неизбежно "округляет" измеренное мгновенное напряжение сигнала (3). В результате получаем цифровой аудиосигнал, аппроксимирующий с определенной точностью исходный аналоговый аудиосигнал последовательностью чисел (4)*

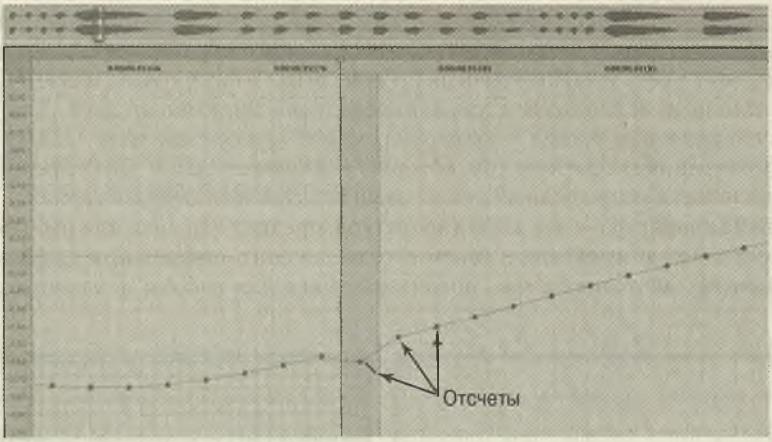


Рис. 1.18. *Если программа цифровой обработки звука обеспечивает точное отображение сигнала на экране, то при достаточно большом увеличении вы сможете увидеть отдельные отсчеты (sample) сигнала, как в показанном на этом рисунке примере. Линии, соединяющие отдельные отсчеты (показанные черными квадратиками), добавлены для того, чтобы облегчить визуальное восприятие такого изображения сигнала; в действительности цифровой сигнал представляет собой набор дискретных значений (в ряде приложений, например в Apple Soundtrack Pro, предусмотрена возможность не только просмотра отдельных отсчетов, но и их редактирования)*

ровым аудиосигналом. Таким образом, к категории цифровой аудиоаппаратуры относятся следующие устройства.

- Устройства сопряжения аналоговой аппаратуры с компьютером и автономные, конструктивно законченные преобразователи
- Цифровые устройства, предназначенные для создания аудиоэффектов: цифровые ревербераторы, многофункциональные аудиопроцессоры, имитаторы усилителя для электрогитары и многие другие устройства аналогичного назначения
- Цифровые микшеры и цифровые устройства записи и воспроизведения звука, например портативные цифровые устройства записи типа MiniDisc и DAT
- Цифровые музыкальные инструменты: практически все MIDI-синтезаторы, новые варианты электрогитар, оснащенных встроенными цифровыми схемами, и другие устройства, оснащенные средствами сопряжения с компьютером
- Цифровые аудиокабели, например для подключения к DVD-плейеру ресивера объемного звука
- Компьютеры

Качество оцифрованного звука

Несведущие потребители часто считают, что “цифровой” — это синоним “высшего качества”. На самом деле термин “цифровой” говорит о качестве записанного звука не больше, чем термин “электрический”, т.е. ровным счетом ничего. Вы сами наверняка

сталкивались с проблемами некачественного сигнала, передаваемого по сети цифрового кабельного телевидения, или с плохой телефонной связью по мобильному телефону. Цифровые технологии связи избавляют от определенных проблем. Например, после того как цифровой сигнал записан, ему практически не страшны помехи, что является серьезной проблемой аналоговой звукозаписи. Но цифровая звукозапись создает новые проблемы. Наиболее серьезная из них — проблема потери данных: поскольку при аналого-цифровом преобразовании сигнал аппроксимируется дискретными отсчетами, часть информации, содержащейся в аналоговом аудиосигнале, теряется. От того, насколько точно дискретные отсчеты аппроксимируют аналоговый сигнал, зависит, насколько заметным окажется снижение качества звука.

Качество процесса аналого-цифрового преобразования определяется двумя параметрами: тем, насколько часто преобразователь берет отсчеты мгновенного значения аналогового сигнала (этот параметр (*sampling rate*) называется *частотой дискретизации по времени* или просто *частотой дискретизации*, или *частотой выборки*), и тем, насколько точно он преобразует измеренное значение напряжения в число (этот параметр (*bit depth*) называется *разрядностью квантования по уровню* или просто *разрядностью квантования*, или *глубиной квантования*). Любое устройство, осуществляющее регистрацию аналоговой информации в цифровом формате, в том числе и аппаратура цифровой звукозаписи, должно обеспечить регистрацию достаточного объема информации, необходимого для точной записи входного сигнала. От выбора частоты дискретизации напрямую зависит ширина полосы частот записи сигнала, а от глубины квантования — точность записи изменений уровня аналогового сигнала. Это определяет динамический диапазон записи, а следовательно, и уровень остаточных шумов в сигнале.

Частота дискретизации и ширина полосы частот сигнала

Частота дискретизации — это параметр, значение которого указывает, как часто АЦП осуществляет выборку мгновенных значений сигнала; отсчеты в первом приближении можно представить себе как последовательность кадров видеозаписи. Если АЦП осуществляет выборку сигнала десять раз в секунду, то частота дискретизации составляет 10 Гц.

Ширина полосы частот АЦП определяется частотой дискретизации, но не так просто, как может показаться на первый взгляд. Верхняя граница полосы частот оказывается вдвое меньше частоты дискретизации. При частоте дискретизации 10 Гц максимальная частота сигнала, который можно зарегистрировать, составит не 10, а всего 5 Гц. Суть в том, что, если частота, с которой берутся отсчеты мгновенных значений колебания определенной частоты, оказывается ниже двукратной частоты колебания, невозможно зарегистрировать все полуволны этого колебания — часть из них пропускается.

Если частота сигнала превосходит верхний предел частоты, при которой АЦП способен осуществить точное аналого-цифровое преобразование сигнала, возникает эффект, получивший название *aliasing — наложение спектров*, что приводит к искажению сигнала в результате искусственного занижения частоты высокочастотных составляющих его спектра. Причина возникновения такого эффекта, как наложение спектров, в цифровой аудиоаппаратуре кроется обычно в недостатках схемы аналого-цифрового преобразователя, но музыканты и композиторы куда чаще слышат искажения звука, вызванные этим эффектом, синтезируя высокие тоны с помощью программных цифровых синтезаторов. Если в таком синтезаторе не используется специальная технология сглаживания (*anti-aliasing*), высокие ноты могут превратиться в звуки непрогнозируемой тональности.

Для того чтобы такого эффекта, как наложение спектров, не возникало, частота дискретизации должна хотя бы вдвое превышать максимальную частоту колебания, выборку

которого необходимо осуществить. Почему вдвое выше? Чем выше частота звукового колебания, тем чаще следуют друг за другом его верхние ("горбы") и нижние ("провалы") полуволны, тем они ближе друг к другу по времени. Если частота дискретизации сигнала по времени недостаточна для того, чтобы осуществить выборку сигнала на каждой (верхней и нижней) без исключения полуволне, то аналоговый сигнал, полученный при обратном преобразовании такого цифрового сигнала, будет сильно отличаться от исходного (**рис. 1.19**). Если частота аналогового сигнала превышает частоту дискретизации более чем вдвое, исходная частота сигнала будет потеряна. При прослушивании такого сигнала — записанного или синтезированного — вы услышите звук другой частоты, как видно из рис. 1.19. Эта новая частота, появившаяся в результате аналого-цифрового преобразования, называется *ложной частотой* или *побочной низкочастотной составляющей* (в спектре дискретизированного сигнала). Происходит как бы "заворачивание" (*fold-over*) спектральных составляющих сигнала, частоты которых оказываются выше верхнего предела частоты аналого-цифрового преобразования, в область более низких частот, которые находятся в пределах рабочего диапазона частот используемого АЦП.

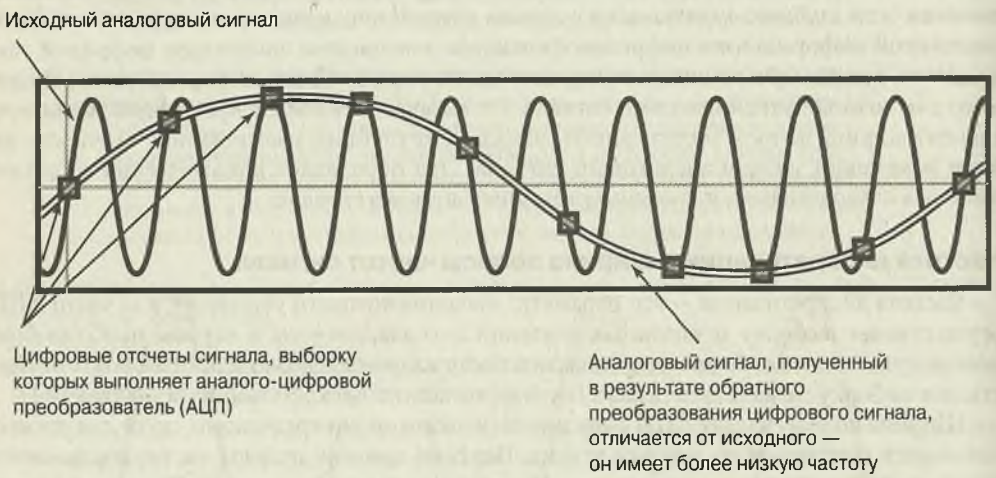


Рис. 1.19. *Эффект наложения спектров (aliasing) возникает в том случае, если аналого-цифровой преобразователь не способен осуществить выборку достаточного объема информации для того, чтобы точно аппроксимировать высокочастотные составляющие спектра сигнала. Если дискретные отсчеты осуществляются недостаточно часто для того, чтобы "захватить" все без исключения — верхние и нижние — полуволны колебания, то цифровой сигнал, полученный в результате аналого-цифрового преобразования, будет неверно аппроксимировать исходный аналоговый сигнал: он будет соответствовать аналоговому сигналу более низкой, ложной частоты. В этом случае происходит "заворачивание" высокочастотных составляющих спектра сигнала, частоты которых более чем вдвое превышают верхний предел рабочей частоты АЦП, в область более низких частот. В результате в спектре восстановленного аналогового сигнала появляются ложные частоты*

Исследователям из компании *Bell Labs* эта проблема была известна еще в 1920-х годах, тогда же была доказана теорема отсчетов — теорема Шеннона–Котельникова. Эта теорема проста: для надлежащей дискретизации сигнала частоты x частота дискретиза-

ции должна превышать частоту x как минимум вдвое. Максимально допустимая частота сигнала, при которой не возникает наложения спектров (aliasing), соответствующая заданной частоте дискретизации, получила название частоты Найквиста. Итак, почему частота дискретизации должна хотя бы вдвое превышать максимальную частоту составляющих спектра аналогового сигнала, информация о которых должна быть сохранена в цифровом аудиосигнале? Потому что период колебания состоит из двух полуволн — верхней и нижней. Если при аналого-цифровом преобразовании на каждый период сигнала приходится меньше двух дискретных выборок, то осуществить полный "захват" колебания оказывается невозможным. Для того чтобы осуществить "захват" всех без исключения — и верхних, и нижних — полуволн колебания, необходимы как минимум два отсчета на каждом периоде колебания. Следовательно, частота дискретизации должна превышать максимальную частоту спектральных составляющих аналогового сигнала, информация о которых должна быть сохранена в цифровом аудиосигнале, как минимум вдвое (**рис. 1.20**).

В соответствии с теоремой отсчетов (теоремой Шеннона–Котельникова) для того, чтобы цифровой сигнал охватывал полосу частот вплоть до верхней частотной границы человеческого слуха (которая находится в пределах 22 000 Гц), частота дискретизации должна быть не ниже 44 000 Гц. Не случайно частота дискретизации, регламентируемая стандартом Audio-CD, составляет 44 100 Гц.

Понятно, что при такой частоте дискретизации цифровой сигнал сохранит информацию обо всех спектральных составляющих звука, попавших в диапазон частот, слыши-

Рис. 1.20. *Для того чтобы осуществить полный "захват" колебания определенной частоты, необходимы как минимум два отсчета на каждом периоде дискретизируемого сигнала. Если АЦП способен сделать это, то он "захватит" обе полуволны колебания — верхнюю и нижнюю*

мых человеческим ухом. А что будет с теми спектральными составляющими звука, которые находятся вне пределов частотного диапазона слышимого звука, т.е. превышают по частоте границу в 22 кГц? В результате аналого-цифрового преобразования произойдет "заворачивание" этих составляющих, которых мы не слышим. В спектре аудиосигнала появятся новые низкочастотные составляющие ложных частот, которые оказываются уже в частотном диапазоне слышимого звука и создают искажения звука. Поэтому в схеме аналого-цифрового преобразователя обязательно имеется сглаживающий фильтр, который отсекает подобные высокочастотные составляющие, обрезая, таким образом, верхнюю частотную границу спектра аналогового сигнала перед его аналого-цифровым преобразованием.

Разрядность квантования сигнала по уровню и соотношение "сигнал— шум"

Частота дискретизации — это параметр, характеризующий количество отсчетов (выборок сигнала, выполняемых аналого-цифровым преобразователем в единицу времени). От значения этого параметра непосредственно зависит ширина полосы частот спектра звука, захватываемой цифровым сигналом, т.е. точность, с которой цифровой сигнал аппроксимирует быстрые изменения во времени значения аналогового сигнала (образно говоря, частота дискретизации характеризует "разрешение" по времени — по оси **x** временного графика сигнала). Разрядность (глубина) квантования определяет точность, с которой регистрируется мгновенное значение входного сигнала, иными словами — разрешение по уровню сигнала — по оси **y** временного графика сигнала.

При каждой выборке сигнала АЦП должен измерить мгновенное значение входного аналогового сигнала и присвоить ему, т.е. поставить в соответствие, одно число из дискретного множества чисел. Например, если АЦП может кодировать мгновенное значение сигнала целым числом в пределах от 1 до 8 (т.е., округляя измеренное значение до ближайшего к нему целого числа 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 или 8), то разрядность (глубина) квантования составляет 3 бит (бит — двоичная единица информации, принимает одно из двух значений, 0 или 1; таким образом, поскольку $8 = 2^3$, для записи в двоичном формате чисел от 1 до 8 необходимо трехразрядное, т.е. состоящее из трех битов, двоичное число). Аналого-цифровой преобразователь способен закодировать измеренное мгновенное значение сигнала только одним из этих дискретных значений. Таким образом, он должен округлить промежуточное значение сигнала, лежащее между 2 и 3, присвоив ему одно из двух значений — 2 или 3. Стоит ли говорить, что 3 бит совершенно недостаточно — в первых устройствах цифровой звукозаписи использовались, как правило, 8- и 12-разрядные АЦП, а в современной цифровой аудиоаппаратуре нормой стали уже 16- и 24-разрядные АЦП. С добавлением каждого нового бита количество регистрируемых уровней звукового давления удваивается: 16-разрядный аудиосигнал обеспечивает разрешение 65 000 значений сигнала в пределах заданного диапазона, а 24-битовый — свыше 16 миллионов. Вам, вероятно, известно, что произойдет со звуком, если, разговаривая по мобильному телефону, уменьшить глубину квантования звука. Звук станет неестественным, резким, менее разборчивым и возрастет уровень шумов.

От разрядности (глубины) квантования цифрового сигнала непосредственно зависит динамический диапазон звука: чем она больше, тем шире диапазон уровней сигнала, тем ближе нижняя граница динамического диапазона опускается к уровню фонового шума. Динамический диапазон цифрового сигнала, без сомнения, — важная вещь, учитывая то, насколько огромен динамический диапазон звуков, различаемых нашим слухом. Но куда

важнее то, что от разрядности квантования непосредственно зависит точность, с которой цифровой аудиосигнал аппроксимирует аналоговый сигнал. Чем меньше разрядность квантования сигнала, тем меньше восстановленный звук похож на первоначальный, — погрешности аппроксимации аналогового сигнала на слух воспринимаются как шумы. Погрешности округления уровня сигнала, которые называются *погрешностями (ошибками) дискретизации (квантования) по уровню сигнала*, на слух воспринимаются как шумы.

Расширение динамического диапазона цифрового аудиосигнала за счет увеличения глубины квантования обеспечивает эффективное подавление фонового шума: разница между максимальным уровнем звука, который способна обработать система, и уровнем остаточных шумов становится больше. Отношение уровня полезного сигнала к уровню фонового шума называется *отношением "сигнал — шум"*. Чем больше глубина квантования, тем шире динамический диапазон и тем выше отношение "сигнал — шум" системы.

Стандартные значения частоты дискретизации и разрядности квантования, используемые в аудиотехнике

Разрешающая способность цифрового звука характеризуется частотой дискретизации (определяющей ширину спектра звука и измеряемой в килогерцах, кГц) и глубиной квантования (определяющей точность измерения мгновенного значения сигнала и измеряемой в битах). Эти параметры, определяющие качество звука, с этой точки зрения являются эквивалентами разрешения изображения и глубины цвета — параметров, определяющих качество цифрового изображения. Теоретически эти параметры могут принимать любые значения, и вы можете выбирать любые комбинации значений частоты дискретизации и глубины квантования, но общепринятыми стандартами являются следующие варианты.

- **16 бит, 44,1 кГц.** Стандарт коммерческого формата Audio CD — Red Book CD Audio. Также является стандартом для музыкальных компакт-дисков, предназначенных для потребительского рынка, и, как правило, является стандартной по умолчанию установкой в компьютерных программах, предназначенных для работы с цифровым звуком.
- **16 бит, 48 кГц.** Стандарт звука для цифрового видео (DV), DVD-видеозаписей, предназначенных для потребительского рынка, и, как правило, широковещательного цифрового видео.
- **24 бит, 96 кГц.** Стандарт высококачественного цифрового звука, получающий все более широкое распространение и поддержку со стороны производителей программного и аппаратного обеспечения для работы с цифровым звуком, хотя еще не является общепринятым стандартом на потребительском рынке аудиоаппаратуры и музыкальных записей.

В большинстве случаев для аудиозаписи вполне достаточно самого простого стандарта — 16 бит/44,1 кГц. По качеству это соответствует коммерческим музыкальным компакт-дискам, а частота дискретизации обеспечивает охват всего диапазона частот человеческого слуха. (Обычно предпочтение отдается частоте дискретизации 48 кГц, но это только потому, что это стандарт звука для видеозаписи, а не с целью расширить на 2 кГц ширину полосы частот записываемого звука; повышения качества звука за счет этого вы почти наверняка не почувствуете).

Необходимость в цифровом звуке, охватывающем частотный диапазон, превышающий диапазон человеческого слуха, может показаться лишенной здравого смысла. Тем не

менее имеются по крайней мере три довода в пользу повышения частоты дискретизации до 96 кГц и выше. Первый из них, хотя он и продолжает оставаться предметом жарких споров, заключается в том, что спектральные составляющие звука, частоты которых превышают верхнюю границу частотного диапазона человеческого слуха, 22 кГц, могут влиять на восприятие звука в диапазоне слышимых частот, поэтому повышение частоты дискретизации до 96 кГц обеспечивает повышение качества звука по сравнению с качеством того же звука, но записанного при частоте дискретизации 44,1 кГц. Это вопрос субъективного восприятия: одни говорят, что чувствуют разницу, а другие говорят, что не чувствуют никакой разницы. Второй довод более конкретен: некоторые алгоритмы цифровой обработки звука, особенно используемые для выполнения таких сложных вычислительных операций, как изменение масштаба — растяжение/сжатие звукового сигнала во времени (time stretching) и сдвиг тональности звука по высоте (pitch shifting), обеспечивают тем лучший результат, чем больше данных содержится в цифровом аудиосигнале.

Третий довод столь же весом: хотя то, что расширение полосы частот цифровой звукозаписи за пределы диапазона слышимых частот оказывает ощутимое влияние на спектр слышимого звука, остается спорным вопросом, неоспоримо другое — фазовые искажения, вносимые сглаживающим фильтром, с повышением частоты дискретизации значительно уменьшаются. Эти искажения вызывают незначительное, но ощутимое изменение в восприятии чистоты, прозрачности звука на слух. Это совсем не означает, что необходимо немедленно переходить на запись с частотой дискретизации 96 кГц, особенно если учесть, что значительное увеличение емкости дисковой памяти и производительности компьютерного оборудования, которое потребуется для этого, обойдется недешево. Это означает только то, что мы сказали: от выбора частоты дискретизации напрямую зависит качество звука. Именно поэтому профессиональные студии звукозаписи платят большие деньги за оборудование, способное работать на более высоких частотах дискретизации.

Но, что бы там ни говорили, те, кто разбираются в цифровой звукозаписи, способны и при минимальных требованиях к параметрам аналого-цифрового преобразования — 16 бит, 44,1 кГц — добиться весьма впечатляющего качества цифрового звука. Если вы относитесь к ним, то согласитесь с тем, что такие факторы, как выбор микрофонов и их размещение, уровень сигнала и другие параметры звукозаписи, влияют на качество записанного звука куда заметнее, чем повышение частоты дискретизации и глубины квантования.

Файловые форматы цифровой звукозаписи

Выбор наилучшего формата для экспорта аудиофайлов с целью их тиражирования и распространения рассматривается в главе 10. Но поскольку работать с разными форматами файлов цифровой звукозаписи вам придется уже сейчас, коротко ознакомимся с наиболее распространенными файловыми форматами цифровой звукозаписи.

Принципиальное различие между файловыми форматами заключается в том, в каком виде — сжатом или несжатом — записывается в файле аудиоинформация. Сжатие аудиоинформации обеспечивает уменьшение размера файла, что позволяет сэкономить место на жестком диске или другом носителе и сократить время передачи цифрового звука через Интернет. При сжатии из цифровой звукозаписи удаляется информация, которая не влияет ощутимо на качество звука при воспроизведении. Если алгоритм сжатия не оказывает какого бы то ни было влияния на звук, т.е. если из сжатого файла цифровой звукозаписи можно полностью восстановить первоначальный звук, такое сжатие называется сжатием без потерь.

Разберемся в путанице терминов

Разрядность (глубину) квантования (bit depth) называют еще длиной слова (word rate) и разрешением по уровню сигнала (bit resolution); все эти термины означают одно и то же.

Разрядность (глубину) квантования (bit depth) и частоту дискретизации (sampling rate) называют еще просто **разрешение** (resolution), но это только запутывает. Если строго соблюдать терминологию, то в этих случаях следовало бы говорить "разрешение по уровню" (bit resolution) и "разрешение по времени" (sampling resolution), поскольку термин "разрешение" характеризует, в целом, точность.

Битрейт (bit rate — скорость передачи) — это параметр, характеризующий скорость потока цифровой информации, обрабатываемой при воспроизведении цифровой звукозаписи. Он определяется как произведение частоты дискретизации на глубину квантования и измеряется в единицах "бит/с" (битов в секунду — bps). Например, цифровые звукозаписи для музыкальных компакт-дисков делаются с частотой дискретизации 44,1 кГц и глубиной квантования 16 бит, и в этом случае битрейт равен 1411,2 кбит/с. Битрейт (bit rate) не следует путать с глубиной квантования (bit depth); он обычно используется в качестве параметра, характеризующего степень сжатия цифровой аудио- и видеоинформации.

Какой звук лучше — аналоговый или цифровой

С появлением на потребительском рынке проигрывателей музыкальных компакт-дисков цифровая технология стала доступна массовому потребителю. И с того времени меломаны спорят о том, какой звук лучше, аналоговый или цифровой, и о сравнительных достоинствах аналоговой и цифровой звукозаписи.

Несомненно, аналоговая звукозапись имеет определенные достоинства. Аналоговая схемотехника обеспечивает неповторимые характеристики аппаратуры звуковоспроизведения, и аналоговая аппаратура высшего класса позволяет настроить тембр звука так, что он приобретает неповторимый, "теплый" колорит. В особенности это относится к аналоговым синтезаторам, которые создают звук из электрического сигнала, генерируемого аналоговыми цепями. Хотя цифровая технология позволяет точно воспроизвести звучание этих инструментов, такому звуку не хватает характерной колоритности, которой аналоговый звук обязан исключительно аналоговой схемотехнике инструментов. Электронные аналоговые инструменты, как и традиционные акустические инструменты, совершенно идентичными не бывают. Что касается звукозаписи, то правильно настроенное аналоговое оборудование профессионального класса теоретически способно обеспечить более широкий частотный диапазон звукозаписи, чем стандарт записи музыкальных компакт-дисков для потребительского рынка.

Но отдавать предпочтение исключительно аналоговой звукозаписи неразумно. Цифровая звукозапись лучше защищена от шумов и помех, чем аналоговая. Кроме того, аналоговые звукозаписи с каждым перекопированием деградируют по качеству, а у цифрового звука такой проблемы, в целом, не возникает. (Перекопированние означает копирование копии, затем копирование полученной

копии и т.д. При каждом последующем копировании качество аналоговой записи деградирует, поскольку при каждом копировании в запись вносятся помехи.) Нельзя сказать, что цифровой звук полностью защищен от потерь в процессе хранения и копирования звукозаписей, но, например, достаточно выполнять регулярное резервное копирование файлов цифровых звукозаписей для того, чтобы практически гарантированно обеспечить их первозданность.

У цифрового звука есть бесспорные достоинства: разработано бесчисленное множество алгоритмов и методов обработки звука, которые можно реализовать только на базе цифровой технологии, а традиционные методы обработки в случае цифрового звука становятся более гибкими и простыми в реализации. Но это вовсе не значит, что аналоговые инструменты не заслуживают уважения и внимания. Наличие компьютерного аудиооборудования в вашей студии — это вовсе не причина для отказа от классических аналоговых инструментов звукозаписи. Используйте и то, и другое.

Профессионалы, как правило, используют ту или иную комбинацию аналогового и цифрового оборудования, выбирая инструменты для решения конкретной задачи. И в конце концов, для того, чтобы цифровой звук зазвучал, нет иного выхода, как превратить его в аналоговый сигнал.

К сожалению, большинство форматов записи цифрового звука построено на алгоритмах сжатия с потерями. Иными словами, частичное удаление из цифровой звукозаписи информации при сжатии с целью уменьшения размера файла приводит к необратимым потерям звуковой информации и снижению качества звука. Это может проявляться в ослаблении или полном исчезновении спектральных составляющих определенных участков частотного диапазона спектра сигнала или в появлении *артефактов* (*artefact*) — внесенных шумов и других искажений звука, являющихся последствием сжатия. При сжатии с потерями информация, удаленная из цифровой звукозаписи, теряется безвозвратно (восстановить ее уже невозможно), поэтому ценные записи следует хранить в несжатом формате. К тому же многие программы обработки цифрового звука не совместимы с форматами цифрового звука, в которых звуковая информация сжата.

Совет. Если у вас имеются малейшие сомнения по поводу совместимости, сохраняйте файл в формате WAV, если работаете на аппаратной платформе PC, и в формате AIFF, если работаете на аппаратной платформе Mac. С точки зрения совместимости это самый безопасный вариант: данные файловые форматы поддерживает абсолютное большинство программ обработки звука. Если имеется выбор опций, выберите “uncompressed WAV” и “interleaved AIFF”.

Формат цифровой звукозаписи на коммерческих музыкальных компакт-дисках, а также файловые WAV и AIFF — это в общем случае несжатые файловые форматы цифровой звукозаписи. Форматы MP3 и MP4, Real Audio, Windows Media и Apple AAC, в которых звукозаписи продаются в виртуальных магазинах, например MSN Music, Napster и iTunes Music Store, и пересылаются покупателю через Интернет, — это файловые форматы, в которых цифровой звук сжат с потерями.

При выборе того или иного формата записи аудиофайла следует учитывать характер записи (моно или стерео), а также то, в каком варианте будет храниться информация о стереозвуке. Для файлов стереофонических записей во многих программах предусмот-

рена возможность выбора вариантов: в варианте interleaved звукозаписи левого и правого каналов звука объединяются в один файл, а можно сохранить их в двух отдельных файлах — отдельно звукозапись правого канала и отдельно звукозапись левого канала. Например, для программы Digital Performer компании *MOTU* (www.motu.com) на ПК Mac стереозапись должна быть в виде двух отдельных файлов — звука правого и левого каналов, но более распространен вариант interleaved, в котором информация о звуке правого и левого каналов объединяется в едином файле; большинство программ "предпочитает" этот формат. Файлы объемного, многоканального звука — это еще более сложный вопрос, и форматы цифровой звукозаписи непрерывно развиваются. Более подробно вопрос микширования и распространения звукозаписей объемного звука рассматривается в главе 10.

MIDI

Хотя записанный цифровой звук можно обрабатывать самыми разными способами, информация, записанная в аудиофайлах, — это всего лишь информация о параметрах звуков игры инструментов. Такой файл предназначен исключительно для воспроизведения записанного в нем музыкального произведения, но в нем нет нотной партитуры, т.е. информации о том, какие действия выполняли музыканты (например, какие клавиши и как нажимал пианист), исполняя это музыкальное произведение.

Столетиями, задолго до появления цифровых технологий, музыкальные сочинения хранились в виде партитуры — записанного на бумаге нотного текста музыкального произведения. Аналогичную возможность предоставляет и цифровая технология — музыкальное произведение можно записывать и распространять в виде цифровой партитуры.

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface* — цифровой интерфейс музыкальных инструментов) — это стандартный протокол, предназначенный для записи в цифровой форме нотной партитуры музыкальных сочинений, которую "читают" компьютерные электромузыкальные инструменты. Технологии MIDI полностью посвящена глава 8, поэтому мы ограничимся лишь коротким обзором ее возможностей.

Стандарт MIDI — это, по существу, язык управления, а музыкальное произведение, записанное в формате MIDI, — это последовательность управляющих команд, которые в режиме реального времени передают и принимают компьютерные (аппаратные и программные) музыкальные инструменты, оснащенные MIDI-интерфейсом, при исполнении музыкального произведения. Стандарт MIDI регламентирует три основных элемента.

- **Формат файла.** Тем, кто уже работал с "MIDI-файлами", знаком стандартный формат файла, в котором записана нотная партитура музыкального произведения. Для использования MIDI-интерфейса необязательно иметь файл в формате MIDI — по этому интерфейсу можно управлять работой компьютерных музыкальных инструментов в режиме реального времени, непосредственно во время исполнения музыки. Нотную партитуру можно хранить и в нестандартном формате, но MIDI — это общепринятый стандартный формат цифровой записи нотных партитур.
- **Спецификация протокола.** Протокол MIDI — это общепринятый стандарт цифровой записи нотных партитур музыкальных произведений, поддерживаемый производителями аппаратного и программного обеспечения. Музыканты говорят на своем особом языке: всем им понятны такие фразы, как "middle C", "Bp minor" и "eighth-note". Аналогично этому стандартный протокол — это

"музыкальный язык", одинаково понятный различным компьютерным музыкальным инструментам.

- **Стандартный интерфейс.** Стандарт MIDI регламентирует стандартный интерфейс сопряжения компьютерных устройств оперативного управления электромузыкальными инструментами. Часто для реализации этого интерфейса используются стандартные шины, USB или FireWire, но стандартом регламентированы также специальные MIDI-разъемы, которые все еще широко используются в музыкальной аппаратуре. Пример такого разъема показан на **рис. 1.21**.

Рис. 1.21. *Стандартный MIDI-кабель с пятиконтактными разъемами, которым соединяются друг с другом компьютерные музыкальные инструменты, оснащенные MIDI-интерфейсом. В настоящее время для этой цели все шире используются стандартные шины USB и FireWire (фотография публикуется с любезного разрешения компании Hosa Technology, Inc., www.hosatech.com)*

В компьютерных программах обработки звука, как правило, заложена возможность одновременного использования как стандарта MIDI, так и технологии цифровой записи звука. Для воспроизведения музыкальных произведений могут использоваться обе технологии, и неискушенные слушатели зачастую не в состоянии различить на слух отчетливой разницы между этими двумя вариантами исполнения. Важно понимать, что эти технологии принципиально отличаются одна от другой. Запись музыкального произведения в формате MIDI — намного компактнее и ее намного легче редактировать, но воспроизведение звука, записанного в формате MIDI, невозможно без синтезатора (аппаратного или программного) или какого-либо другого музыкального инструмента, оснащенного MIDI-интерфейсом. Реальный звук создает электромузыкальный инструмент, а по MIDI-интерфейсу в инструмент поступают только команды, какие ноты и как играть. Звук, записанный в формате MIDI, — это примерно то же самое, что и звук, записанный в нотной партитуре на бумаге: он оживет только тогда, когда исполнитель начнет играть на музыкальном инструменте. Для того чтобы звук, записанный в MIDI-формате, "ожил", необходим MIDI-инструмент, превращающий эту цифровую "нотную партитуру" в реально звучащую мелодию (точно так же, как для того, чтобы ноты, записанные на бумаге, превратились в реальную мелодию, необходим музыкант).

В данных, поступающих по MIDI-интерфейсу, передается следующая информация о звуке.

- **Сообщения note**, указывающие ноты, которые инструмент должен исполнять (**рис. 1.22**). В сообщении note также содержится информация о параметре key velocity, характеризующем скорость нажатия клавиши инструмента.
- **Управляющие данные**, характеризующие физические действия, например, поворот ручки поворотного органа управления, сдвиг движкового регулятора, манипулирование колесом, отпускание педали.
- **Системные сообщения**, содержащие, например, сообщения start и stop для синхронизации работы оборудования, и специфические, зависящие от типа используемого оборудования, данные, например информацию, указывающую параметры автоматического конфигурирования конкретной модели Yamaha.

MIDI-технология используется также для управления программными и аппаратными компонентами в режиме реального времени с целью придания выступлению большей выразительности. MIDI-технология используется для управления цветомузыкальными установками и средствами видеооформления выступления, а также для управления многими программными инструментами (не только синтезаторами). Она используется даже в немузыкальных приложениях, например в системах сбора данных, поступающих от разнообразных датчиков, и в системах управления роботизированными механизмами.

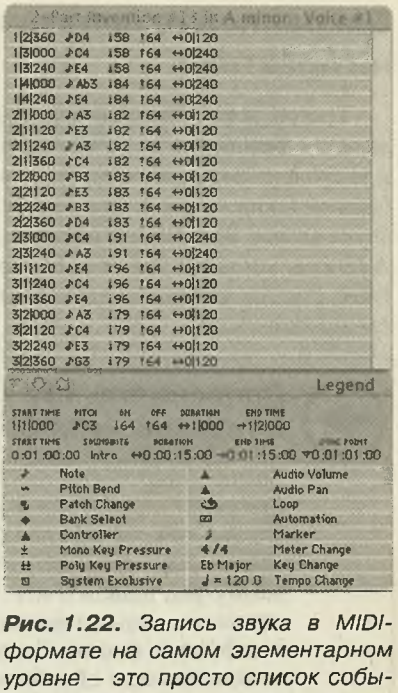


Рис. 1.22. *Запись звука в MIDI-формате на самом элементарном уровне — это просто список событий (тактов управления исполнением). В программе MOTU Digital Performer список событий сопровождается легендой. Числа слева направо означают следующее: момент начала такта исполнения ноты, исполняемая нота (высота тона), сила звучания исполняемой ноты, плавность затухания звучания исполняемой ноты (в данном примере не указана, поэтому все числа в этой группе равны 64) и длительность звучания ноты. Подробная информация о технологии MIDI и способах редактирования данных, записанных в этом формате, представлена в главе 8*

Сыты по горло теорией?

Если после всего, что вы узнали в этой главе, вам не терпится приступить к практической работе, откройте главу 5. В ней вы найдете краткие практические руководства по созданию музыкальных ритмов с помощью технологии циклически повторяемых аудиообразцов (loop). Или выполните одно из практических заданий, приведенных далее в этой книге.

Закрепление полученных теоретических знаний на практике

Теперь, после вводного курса, вы уже имеете представление о физическом характере звука и принципах, на которых базируются цифровые технологии звукозаписи, и готовы к углубленному освоению цифровой звукозаписи. Когда мы займемся углубленным изучением таких тем, как звукозапись (глава 6), использование эффектов (глава 7), синтез звука (глава 9) и микширование (глава 10), вам очень пригодятся знания по акустике. А теперь, когда вы уже, в основном, освоились с терминологией, пришло время создать свою студию цифровой звукозаписи и приступить к работе. Этой теме посвящены три следующие главы.

Дополнительные книги по цифровому звуку и технологии MIDI

Самое подробное теоретическое руководство по цифровому звуку — *The Computer Music Tutorial* (MIT Press, 1996). Это книга объемом с телефонный справочник, но ее глава 1, введение в теорию цифровой звукозаписи, написанная Джоном Строуном (John Strawn), прекрасно дополняет прочитанную вами главу нашей книги, и мы настоятельно рекомендуем прочитать ее. В ней изложены фундаментальные основы теории звука и его преобразования в цифровую форму. В следующих главах излагаются математические и физические методы обработки звуковой информации, описанные в нашей книге. Они будут полезны тем, кто заинтересован в углубленном изучении профессионального программного обеспечения, предназначенного для создания компьютерной музыки.

Что касается форматов цифрового звука, то на Web-сайте Sonic Spot (`www.sonicspot.com/guide/fileformatlist.html`) опубликован исчерпывающий перечень форматов аудиофайлов со ссылками на полные спецификации этих форматов.

В Интернете вы найдете бесчисленное множество бесплатных руководств, охватывающих многие из вопросов, рассматриваемых в этой книге. Один из самых полезных источников информации — это бесплатная, с открытым исходным кодом энциклопедия Wikipedia (`www.wikipedia.org`). В Интернете опубликована масса бесплатной справочной информации по терминологии цифровых технологий звукозаписи, поскольку технологии цифровой обработки, используемые в звукозаписи, широко применяются и в других, не музыкальных, программах. Проведите поиск по таким ключевым словам, как “digital audio” (цифровой звук), “harmonic series” (звукоряд), “anti-aliasing” (сглаживание звука), “digital to analog converter” (цифроаналоговый преобразователь) или “MIDI”, и вы получите множество ссылок на ресурсы, доступные в Web.

ГЛАВА 2

Выбор инструментов

Обустройство студии цифровой звукозаписи и выбор оснащения для нее — это процесс столь же индивидуальный, как и выбор музыкального инструмента. Прежде всего необходимо определить, чем вы собираетесь заниматься в студии, затем — выяснить, какие инструменты необходимы для этого, проверить, чтобы они подходили друг к другу, и оценить свои финансовые возможности. В этой главе мы познакомим вас с инструментами студии звукозаписи в том порядке, в котором они используются в процессе превращения "живого" звука в цифровой — на пути от записи "сырого" звука до воспроизведения готовой записи, чтобы вы могли выбрать именно то, что вам необходимо.

Ключевые вопросы

Выбор оснащения

Студия цифровой звукозаписи оснащается (полностью или частично — это зависит от конкретных условий) следующим оборудованием.

- Микрофоны и кабели для записи, акустические системы и наушники для прослушивания.
- Устройство сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером (аудиоинтерфейс) — оборудование, обеспечивающее ввод высококачественного аудиосигнала в компьютер и вывод аудиосигнала из него (обязательный элемент оснащения), микшер (необязательно, но желательно иметь).
- Контроллеры для оперативного управления параметрами программных инструментов.
- Мощный компьютер. Это может быть как неспециализированный персональный компьютер, так и специализированное компьютерное оборудование. Главные требования: рабочая частота процессора — как можно выше, объем и скорость работы жесткого диска — как можно больше (лучше иметь несколько жестких дисков), объем оперативной памяти — как можно больше, входные/выходные разъемы — как можно более широкий набор.
- Специальное программное и аппаратное обеспечение для решения конкретных задач — для звукозаписи, сочинения музыки, коррекции и монтажа (аранжировки) записанного звука, мастеринга — подготовки цифровой аудиозаписи для тиражирования, сценических выступлений, озвучивания видеозаписей, создания печатных партитур и компиляции новых музыкальных композиций из уже имеющихся (так называемый ди-джеинг — DJing).

Ключевые термины

- DSP — процессор цифровой обработки сигналов
- Аналого-цифровое/цифроаналоговое преобразование
- Рабочая станция цифровой звукозаписи (Digital Audio Workstation — DAW)/секвенсер
- Базовые приложения и подключаемые модули

С чего начать

Если вы растерялись от обилия различных по возможностям и ценам вариантов выбора, начните с устройства сопряжения аудиоаппаратуры начального уровня, в комплект которого входит базовое ПО. Это позволит быстрее начать практическое освоение цифровой технологии.

Входы и выходы

Из всего этого студийного оборудования, пока оно разрознено, толку немного. Чтобы создать студию, необходимо объединить все это оборудование — аналоговое и цифровое — в единый компьютерный комплекс. Для физического управления виртуальными параметрами программных инструментов необходимо дополнительное оборудование. Мы начнем создание нашей студии с подбора принадлежностей, необходимых для связи входов и выходов устройств, включаемых в ее состав. Наша конечная цель — создать рабочее место, подобное показанному на **рис. 2.1**.

Производители оборудования для студий звукозаписи

Shure
(www.shure.com)

M-Audio
(www.m-audio.com)

Edirol
(www.edirol.com)

Tapco
(www.tapco.com)

Event Electronics
(www.eventelectronics.com)

Mackie
(www.mackie.com)

Sony
(www.sony.com/professional)

Sennheiser
(www.sennheiser.com)

AKG
(www.akg.com)

1. Преобразователи (микрофоны, акустические системы, наушники) необходимы для преобразования звука в электрический сигнал и электрического сигнала в звук.
2. Зона, в которой производится звукозапись, звукоизолирована от посторонних шумов — компьютеры и другое оборудование вынесены в аппаратную.
3. Клавиатуры, показанные на фотографии, — это и музыкальные клавиатуры, и устройства, предназначенные для управления программными секвенсерами. На фотографии показано устройство M-Audio Radium, оснащенное интерфейсом USB.
4. Звукорежиссерские пульты с рядами кнопок и движков, подобные показанной здесь модели Evolution US-33e, предназначены для дистанционного управления параметрами программных инструментов.
5. Устройства сопряжения с компьютером, например модель M-Audio FireWire, предназначены для ввода звуковой информации в компьютер и вывода из него.
6. Дополнительное оборудование — проигрыватель грампластинок и кроссфедер — великолепные инструменты для тех случаев, когда программные инструменты не могут заменить аналоговое оборудование.
7. Вам необходим компьютер, соответствующий по своим характеристикам требованиям ПО обработки звука, и приложение для записи звука, поддерживающее подключаемые модули программных инструментов и эффектов. В показанном на фотографии варианте студии используется ПК Apple PowerBooks, на котором установлено ПО Ableton Live.

Рис. 2.1. *Полностью оснащенная студия цифровой звукозаписи. Эту студию создавала компания* M-Audio *(`www.m-audio.com`), поэтому она, естественно, оснащена преимущественно аппаратурой, выпускаемой этой компанией. Обратите внимание, что даже этот производитель цифровой аудиоаппаратуры продолжает использовать старомодные клавиатуры (публикуется с любезного разрешения компании* M-Audio*)*

Запись и воспроизведение: преобразователи

Как мы объясняли в главе 1, неотъемлемым элементом электронного комплекса любой музыкальной студии (независимо то того, аналоговый он или цифровой) являются акустоэлектрические и электроакустические преобразователи, преобразующие звук в электрический сигнал и электрический сигнал в звук. Для воспроизведения аудиозаписей

вам обязательно понадобятся студийные наушники и/или громкоговорители, а для записи звука — микрофоны.

Для студийной работы подходит только профессиональное оборудование звуковоспроизведения — категории "pro". Профессиональное оборудование по своим характеристикам очень сильно отличается от оборудования потребительской категории, хотя по цене может отличаться незначительно. Оборудование потребительской категории делается с расчетом на вкусы массового слушателя, поэтому его частотные характеристики преднамеренно корректируются таким образом, чтобы звук соответствовал вкусам массового слушателя. Оно вносит искажения в звук, и поэтому не подходит для профессиональной работы со звуком. Для этого подходят только "студийные" модели профессиональной категории, обеспечивающие высочайшую верность записи и воспроизведения звука.

Цены на такие изделия достигают десятков тысяч долларов, но это вовсе не значит, что не существует недорогого оборудования, подходящего для профессиональных студий. В **табл. 2.1** приведена информация об оборудовании профессионального уровня, не разорительного по цене.

Устройство сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером

Имеющиеся в компьютере линейный вход и выход на наушники прекрасно подходят для любительских целей, но, если вы собираетесь заниматься звукозаписью на профессиональном уровне, вам понадобится специальное устройство сопряжения аудиоаппаратуры (аудиоинтерфейс) — как аналоговой, так и MIDI — с компьютером (один из примеров такой аппаратуры показан на **рис. 2.2**), обеспечивающее более высокую верность передачи звука и более широкий выбор подключений. В комплект такого оборудования может входить и соответствующее ПО.

Рис. 2.2. *На фотографии показано устройство сопряжения аудиоаппаратуры Edirol FA-101 Firewire (вид спереди и сзади). Это оборудование сопряжения — "посредник", через который компьютерная программа обработки звука "общается с внешним миром" (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Edirol*)*

Таблица 2.1. Оборудование для записи и воспроизведения звука: с чего начать

Преобразователь	Что необходимо учитывать при выборе оборудования	Нижний уровень цен	Примеры оборудования
	Для записи стереозвука необходима пара микрофонов с идентичными характеристиками или стереомикрофон. Микрофон необходимо подбирать с учетом того, для какой цели он будет использоваться: для эстрадной сцены клуба недорогой, не очень чувствительный вокальный микрофон может оказаться лучше, чем дорогой студийный конденсаторный микрофон	Стандартный динамический микрофон профессионального качества стоит от $100. Цены на конденсаторные микрофоны упали до уровня ниже $200, но высококачественные модели стоят дороже	Shure SM57 (на фотографии) и Beta 58A, модели аналогичного класса — универсальные микрофоны для ударных инструментов и вокала. Компания *M-Audio* выпускает динамические и конденсаторные микрофоны начального уровня, идеально подходящие для компьютерного комплекса звукозаписи
	Для пассивных акустических систем необходим усилитель. Активные акустические системы — системы, оснащенные встроенным усилителем; для них дополнительного усилителя не требуется. Тщательно анализируйте цены: обычно в каталогах цена указывается не за пару, а за одну акустическую систему; это как цена на авиабилет: она всегда указывается за проезд в одну сторону	Комплект из двух активных акустических систем начального уровня, подходящий для студийных целей, стоит порядка $200. Для профессиональных студий звукозаписи лучше брать модели "среднего класса" — они стоят $400–500 и выше	Для начала вполне подойдут акустические системы, выпускаемые компаниями *M-Audio* и *Edirol*. *Tapco S3*, *Event Electronics TR-8*, *Mackie HR824* (на фотографии) относится к оборудованию среднего класса
	Ряд моделей студийных наушников выпускается в варианте DJ (для диджеев). Они, с учетом специфики использования, делаются более прочными и позволяют слушать одним ухом	В студиях звукозаписи сплошь и рядом используются модели начального уровня по цене в пределах $100	Sony MDR-7506, Sennheiser HD-280 (на фотографии), AKG K-240S

Почему просто не использовать входы/выходы звука, уже имеющиеся в компьютере? Во-первых, в компьютере отсутствует множество типов разъемов, необходимых для этого. Кроме того, чувствительность аудиовходов компьютера, как правило, недостаточна для подключения электрогитары, микрофона и проигрывателя грампластинок и в компьютере аудиоразъемов может вообще не быть. Во-вторых, предусмотренная в компьютере схема сопряжения с аудиоаппаратурой обычно не отличается высокой помехозащищенностью, а следовательно, уровень помех при звукозаписи будет недопустимо высоким. Вдобавок к этому схема обработки аудиосигнала, используемая в компьютере, как правило, по динамическому и частотному диапазону ни в какое сравнение не идет со специальными устройствами сопряжения аудиоаппаратуры.

Среди современных моделей устройств сопряжения аудиоаппаратуры есть и очень недорогие, поэтому они доступны практически всем. При выборе модели устройства сопряжения аудиоаппаратуры необходимо, в первую очередь, обращать внимание на три показателя: оснащенность разъемами входов и выходов сигнала, качество аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования звукового сигнала и тип интерфейса (тип шины) для подключения устройства сопряжения аудиоаппаратуры к компьютеру.

Перечень вопросов, возникающих при выборе устройства сопряжения аудиоаппаратуры

Определите конкретные требования к характеристикам устройства сопряжения аудиоаппаратуры и, исходя из них, выбирайте конкретные модели

Входы

- В достаточном количестве входы для электромузыкальных инструментов, аудиоаппаратуры и микрофонные входы с предусилителями
- Возможность подключения MIDI-аппаратуры (если это необходимо)

Выходы

- Стандартный стереовыход
- Многоканальный выход объемного звука
- Отдельный речевой выход (необходим только для ди-джеев)
- Отдельный выход звука для сольных музыкантов

Параметры АЦП/ЦАП

- Глубина квантования — 16 бит, частота дискретизации — 44 кГц для повседневной звукозаписи стандартного качества
- Глубина квантования — 24 бит и частота дискретизации — 48, 96 или 192 кГц для звукозаписи высшего качества (см. главу 1, "Основы теории цифрового звука")

Компьютерный интерфейс

- Портативные компьютеры: Card Bus, USB 1.1/2.0 или FireWire
- Настольные компьютеры: USB 1.1/2.0, FireWire или PCI

Совместимость с операционной системой

- Наличие драйверов для выбранной вами операционной системы

Дополнительное оснащение

- Наличие в комплекте устройства сопряжения аудиоаппаратуры пакета ПО. Комбинированные (гибридные) устройства (например, клавиатура с интегрированным аудио-/MIDI-интерфейсом или комбинированное устройство сопряжения аудиоаппаратуры, объединенное со звукорежиссерским пультом) стоят дороже.

Разбираемся с аудиовходами и аудиовыходами

Поскольку одним из главных доводов в пользу приобретения устройства сопряжения аудиоаппаратуры является необходимость в дополнительных входах и выходах, нужно, в первую очередь, обдумать следующий вопрос: каким оборудованием предполагается оснастить студию и сколько каналов звукозаписи потребуется одновременно? Например, исполнителю песен, аккомпанирующему себе на музыкальном клавишном инструменте, необходим один вход для вокального микрофона и еще два — для клавишного инструмента, итого три входа. Если требуется объемный или другой многоканальный вариант звука, то, соответственно, помимо стандартного двухканального стереовхода, потребуется дополнительное количество независимых входов. В **табл. 2.2** указаны общепринятые стандартные варианты многоканальных моделей устройств сопряжения аудиоаппаратуры.

Помимо аналоговых аудиовходов/аудиовыходов, необходимы также разъемы для подключения цифровой и MIDI-аппаратуры.

- **MIDI.** MIDI-аппаратура, оснащенная стандартным MIDI-интерфейсом, подключается к компьютерному комплексу через MIDI-разъем устройства сопряжения аудиоаппаратуры, если он предусмотрен, или через дополнительное устройство сопряжения с компьютером — специальный MIDI-интерфейс.
- **Цифровые аудиовходы/аудиовыходы.** В цифровом аудиооборудовании, помимо аналоговых входов/выходов, как правило, предусмотрены цифровые аудиовходы/аудиовыходы для обеспечения высококачественного аудиосигнала и синхронизации.

Описание различных типов входов и выходов, их характеристик и согласования приведено в главе 3.

Таблица 2.2. Типичные варианты многоканальных моделей устройств сопряжения аудиоаппаратуры

Количество аналоговых входов/выходов	Примеры
Два входа, два выхода	Digidesign Mbox; Mackie Spike
Четыре входа, четыре выхода	M-Audio 410; Lexicon Omega (`www.lexicon.com`)
Восемь входов, восемь выходов	MOTU Traveler (`www.motu.com`); Edirol FA-101

Примечание. Во всех моделях устройств сопряжения аудиоаппаратуры, приведенных в таблице, имеются также цифровые аудиовходы/аудиовыходы, а в четырехканальных (4x4) и восьмиканальных (8x8) моделях — еще и MIDI-разъемы.

В вашем устройстве сопряжения аудиоаппаратуры нет MIDI-разъема? Используйте простой одноканальный (1x1) MIDI-интерфейс типа M-Audio Uno, предназначенный для подключения MIDI-устройств к компьютеру по шине USB.

Аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразование аудиосигнала

Как уже объяснялось в главе 1, для качества звука определяющее значение имеют такие параметры аппаратуры, как частота дискретизации и глубина квантования, хотя для большинства слушателей цифровой звукозаписи с параметрами 16 бит 44,1 кГц будет вполне достаточно. Качество работы цифровой аппаратуры также имеет немалое значение, поэтому не стоит пренебрегать возможностью познакомиться с отзывами о ней, публикуемыми в профессиональных журналах, таких как *EQ* и *Sound on Sound*. Профессионалы идут даже на приобретение очень дорогих отдельных АЦП-ЦАП, но те, кто работают в домашних студиях, чаще всего используют преобразователи, которыми оснащены используемые ими устройства сопряжения аудиоаппаратуры.

Распространенное заблуждение. Многие считают, что FireWire лучше, чем USB 1.1, но это не совсем так. При надлежащих драйверах интерфейс USB 1.1 прекрасно справляется со своей задачей в аппаратуре записи и воспроизведения звука. Главное преимущество интерфейса FireWire по сравнению с USB 1.1 — более высокая пропускная способность, что позволяет увеличить количество каналов.

Подключение к компьютеру

Разные модели устройств сопряжения аудиоаппаратуры подключаются к компьютеру по разным стандартам, или шинам. Как правило, для этого используется шина FireWire или USB (**табл. 2.3**). Эти стандарты шины, обладая большой пропускной способностью, обеспечивают передачу многоканального аудиосигнала с минимальной задержкой (чем выше пропускная способность шины, тем больше каналов звука).

Рис. 2.3. *Платы расширения Indigo компании* Echo Audio *подключаются к портативным компьютерам Mac и PC через разъем CardBus (публикуется с любезного разрешения компании* Echo Audio*)*

Таблица 2.3. Типы интерфейса для подключения устройства сопряжения аудиоаппаратуры к компьютеру

Название/альтернативное название	Область применения	Примеры оборудования
Портативные компьютеры		
CardBus/PCMCIA	Миниатюрные устройства сопряжения для портативных компьютеров	Echo Audio Indigo (**рис. 2.3**) (www.echoaudio.com)
Настольные компьютеры		
PCI/PCI-X (высокоскоростной вариант)	Недорогие устройства сопряжения с настольным компьютером и многоканальная аппаратура сопряжения высшего класса с высокой пропускной способностью канала передачи цифрового сигнала; особенно широко используется на аппаратной платформе PC	Студийная платформа высшего класса Digidesign ProTools|HD и недорогие устройства сопряжения E-mu (www.emu.com)
Как портативные, так и настольные компьютеры		
FireWire 400/FireWire 800 (высокоскоростной вариант). Также известна под названием "шина стандарта IEEE-1394"	Высокоскоростная многоканальная аппаратура сопряжения; встречается в некоторых моделях аудиоаппаратуры	Устройства сопряжения Metric Halo (www.mhlabs.com)
USB 1.1 (наиболее распространенный вариант USB)	Многоканальная аппаратура сопряжения среднего класса; встречается в звукорежиссерских пультах и MIDI-аппаратуре	Lexicon Omega
USB 2.0 (высокоскоростной вариант шины USB)	Многоканальная аппаратура сопряжения с высокой пропускной способностью канала передачи цифрового сигнала	Edirol UA-1000

ПО, входящее в комплект оборудования сопряжения

Компания *Digidesign* продает выпускаемое ею оборудование и программное обеспечение только в комплекте; это относится и к устройствам нижнего класса Mbox, и к оборудованию высшего класса — Pro Tools|HD. Но и другие производители, как правило, включают в комплект устройств сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером бесплатное ПО. Зачастую это сокращенные версии ПО, полные версии которого придется приобретать отдельно, но для начала и сокращенной версии вполне достаточно. В комплекты оборудования могут быть включены пакеты ПО, например Pro Tools LE (только в комплектах оборудования компании *Digidesign*), полные версии рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) начального уровня, например Mackie Tracktion и Steinberg Cubase LE, и усеченные версии программ типа Propellerhead Reason и Ableton Live.

Пульты управления студийным комплексом

Создавать музыку на компьютере можно, используя ту же мышь и стандартную компьютерную клавиатуру. Приложения типа Ableton Live и Apple Logic дают возможность даже обычную клавиатуру превратить в клавиатуру электромузыкального инструмента. Но только специальные пульты управления дают возможность превратить параметры настройки виртуальных инструментов звукозаписи в осязаемые регулировки. Вы получаете возможность изменять параметры звука с помощью вращающихся и ползунковых регуляторов и переключателей на пульте управления и играть на виртуальных электромузыкальных инструментах, используя для этого специальную фортепианную клавиатуру (**табл. 2.4**).

Производители комплектов оборудования/ПО сопряжения аудиоаппаратуры

Digidesign
(www.digidesign.com)

M-Audio
(www.m-audio.com)

Lexicon
(www.lexicon.com)

Steinberg
(www.steinberg.com)

Mackie
(www.mackie.com)

Комбинированные устройства

Если собрать все необходимое оборудование вместе, получится комплекс, состоящий из множества отдельных устройств. С целью упрощения работы со студийными комплексами и снижения их стоимости производители все шире выпускают комбинированное оборудование, выполняющее сразу несколько функций (**табл. 2.5**).

Таблица 2.4. Варианты пультов управления

Цена	Возможность	Назначение	Примеры оборудования
Нижняя ценовая категория			
	Управление параметрами программного микшера с оперативным переключением регуляторов	Специальная клавиатура или shuttle-контроллер	Logickeyboard (www.logickeyboard.com), Contour Designs ShuttlePro (на фотографии) (www.contourdesigns.com)
Средняя ценовая категория			
	Управление параметрами программных инструментов обработки звука	Упрощенный звукорежиссерский пульт с поворотными и/или ползунковыми регуляторами	Микшер M-Audio Evolution UC-33e или предназначенный специально для ди-джеев звукорежиссерский пульт X-Session (на фотографии), FaderFox для программ Ableton Live и MackieTracktion (www.faderfox.de)
	Игра на виртуальном электромузыкальном инструменте с оперативным управлением параметрами звучания	Клавиатура с поворотными и ползунковыми регуляторами и переключателями или другими регуляторами, оснащенная интерфейсом USB или MIDI	Alesis Photon x22 (www.alesis.com) Novation X-Station со встроенным секвенсером и схемой сопряжения аудиоаппаратуры (на фотографии) (www.novationmusic.com)
Верхняя ценовая категория			
	Полностью дистанционное управление студийным комплексом звукозаписи	Звукорежиссерский пульт с электромеханическим управлением	Звукорежиссерские пульты серии JL Cooper (www.jlcooper.com), Mackie Control Universal (на фотографии)

Таблица 2.5. Примеры комбинированного оборудования

Выполняемые функции	Примеры оборудования	Назначение
Устройство сопряжения с компьютером + клавиатура + звукорежиссерский пульт	Alesis Photon X-25, M-Audio Ozonic, Edirol xx	Для музыкантов, играющих на виртуальных музыкальных инструментах (программных синтезаторах) во внестудийных условиях

Окончание табл. 2.5

Выполняемые функции	Примеры оборудования	Назначение
Устройство сопряжения с компьютером + звукорежиссерский пульт с электромеханическим управлением	Yamaha 01X, Tascam FW-1884 (**рис. 2.4**), Digidesign 002	Компактные домашние студии и передвижные студии звукозаписи
Устройство сопряжения с компьютером + микшер	Mackie Onyx, Alesis MultiMix USB	Профессиональные/домашние студии, оснащенные широким набором внешнего оборудования

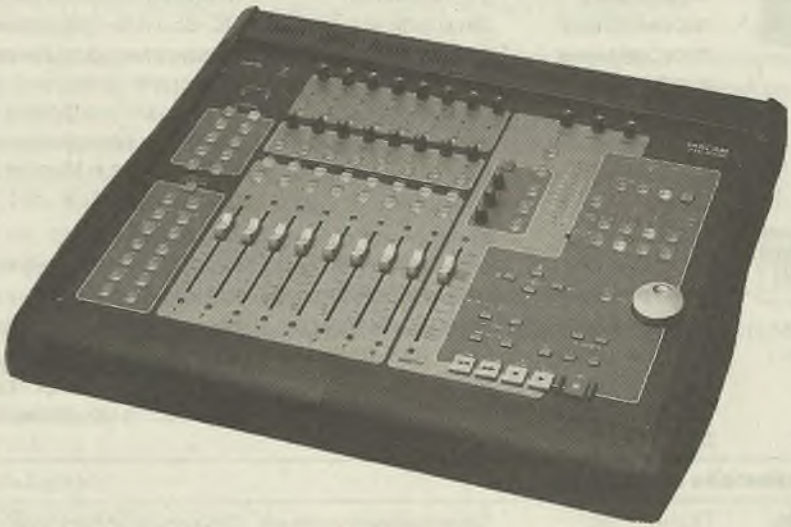


Рис. 2.4. *Комбинированное устройство Tascam FW-1884 объединяет в своем составе звукорежиссерский пульт с электромеханическим управлением и многоканальное устройство сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером. Достаточно одного этого устройства, чтобы превратить компьютер в завершенный комплекс звукозаписи (публикуется с любезного разрешения компании* Tascam*)*

Какой компьютер выбрать

Выбор операционной системы

Пожалуй, немного найдется тем, которые вызывали бы столь страстные споры, как вопрос о том, какая операционная система лучше. К счастью, обе операционные системы — и Windows, и Macintosh OS — не уступают одна другой по возможностям. За последние годы обе операционные системы стали значительно совершеннее как с точки

зрения выбора программного обеспечения, так и с точки зрения аппаратной совместимости и надежности. И к тому же они стали намного удобнее в работе. Но не следует сбрасывать со счетов Linux. Хотя Linux и не может похвастаться таким обширным выбором профессионального музыкального ПО, как "Большая двойка", эту ОС можно инсталлировать на компьютере PC или Mac наряду с основной операционной системой, а программное обеспечение для ОС Linux по большей части бесплатное.

Mac OS и Windows в сравнении

Выпуск ПО, поддерживающего и Mac OS, и Windows, что некогда считалось дорогой и трудной затеей, не оправдывающей себя, в последние годы стал распространенным явлением. Многие разработчики используют одни и те же "исходники" программ для обеих операционных платформ, выпуская приложения одновременно для обеих платформ, которые практически не отличаются друг от друга по своим возможностям и пользовательскому интерфейсу (**рис. 2.5**). Конечно, у каждой из операционных систем имеется набор приложений, работающих только на ней, но по своим возможностям оба арсенала приложений равноценны и ни одна из ОС не является безусловным фаворитом, поэтому выбор одной из двух ОС — это вопрос личного вкуса (**табл. 2.6**).

Таблица 2.6. Приложения и платформы (сокращенный перечень)

Исключительно для Mac	Apple GarageBand, Apple Logic Audio, MOTU Digital Performer, U&I MetaSynth, BIAS Peak and Deck
Исключительно для PC	Серия Cakewalk (SONAR, Projects), FL Studio ("Fruity Loops"), Sony ACID и Sound Forge, Adobe Audition, Tascam GigaStudio
Для обеих платформ	Digidesign Pro Tools, серия Steinberg (Cubase, Nuendo), серия Native Instruments (Traktor, Reaktor, Kontakt), Ableton Live, Propellerhead Reason, MakeMusic Finale, Sibelius, Cycling'74 Max/MSP и Jitter, Plogue Bidule, серия IK Multimedia (AmpliTube, SampleTank)

Преимущества платформы Mac — бесплатное ПО начального уровня GarageBand, предлагаемое компанией *Apple* для выпускаемых ею компьютеров, а также необычайно простая настройка конфигурации для подключения MIDI-аппаратуры и устройств сопряжения. Кроме этого, как альтернатива Pro Tools выпускаются два приложения (Logic и Digital Performer), предназначенные для работы с оборудованием компании *Digidesign*, которые поддерживают только операционную платформу Mac.

Платформа PC по соотношению "цена — качество", как правило, несколько превосходит Mac и, кроме того, отличается более широким выбором совместимого аппаратного обеспечения. Но, в целом, обе платформы равноценны, в равной степени привлекательны по своим возможностям и поддерживаются арсеналом приложений практически на любой вкус.

Linux

До недавнего времени Windows и Mac оставались единственным выбором для работы со звуком. Но разработчики и приверженцы ОС Linux неустанно работали над превращением этой операционной системы в реальную и привлекательную альтернативу. У операционной системы Linux имеется небольшой, но преданный ей "оркестр" приверженцев использования этой системы в качестве операционной платформы комплексов

звукозаписи, в том числе многие разработчики ПО и программисты, перекладывающие классические партитуры на электронные музыкальные инструменты.

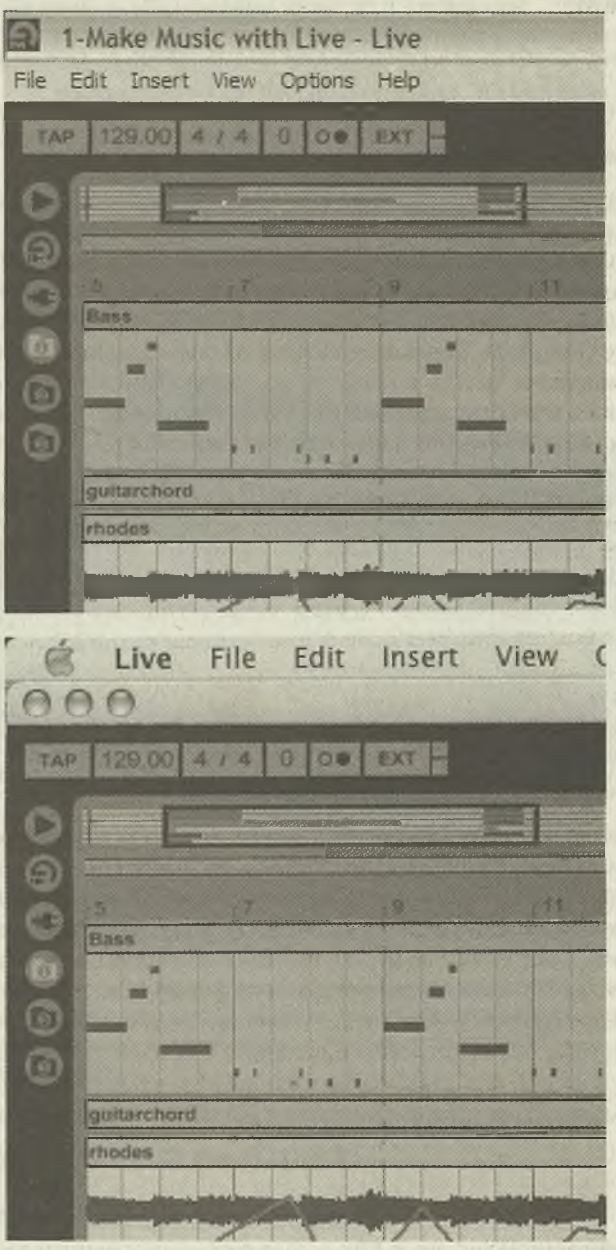


Рис. 2.5. *Между версиями кроссплатформенного ПО для Mac и для Windows, например Ableton Live, нет практически никакой разницы*

Не устарела ли используемая вами операционная система?

Обе операционные системы — и Windows, и Mac — постоянно обновляются. Это относится и к последним дистрибутивам этих операционных систем, которым присвоен шифр "X". Во избежание проблем несовместимости с некоторыми программами обработки звука проверьте версию установленной на вашем ПК операционной системы. Если у вас стоит более старая версия, ее необходимо обновить.

Mac. Mac OS X начиная с версии 10.2.8 (в версии 10.2 улучшена поддержка MIDI-устройств и устройств сопряжения).

Windows. Windows XP начиная с SP1 (ПО будет работать с любой версией Windows XP, но в обновлении SP1 улучшена поддержка USB-устройств).

Linux. Начиная с ядра "kernel 2.6" (в этом ядре интегрирована поддержка аудиодрайверов).
Хотя чем новее версия операционной системы, тем, как правило, она лучше, не торопитесь обновлять используемую операционную систему сразу после выхода нового пакета обновлений: это может повлечь за собой необходимость в обновлении музыкального ПО, а компании — производители этого ПО выпускают обновления только недели или месяцы спустя после выхода нового пакета обновлений операционной системы.

Перенос информации с одной платформы на другую. Что касается возможности обмена данными между PC- и Mac-компьютерами, практически в любом кроссплатформенном приложении используется единый формат файлов, поддерживаемый обеими операционными платформами.

Вот чем привлекательна ОС Linux.

- **Бесплатное ПО.** Приложения для ОС Linux — это, как правило, бесплатные программы с открытым исходным кодом, распространяемые по лицензии GNU General Public License (GPL). Это означает, что ими можно пользоваться бесплатно (часто сопровождаются просьбой пожертвовать на добровольных началах некоторую сумму). Во многих случаях тот, кто разбирается в программировании, может использовать исходный код программы. Число не имеющих аналогов музыкальных приложений и программ обработки звука для ОС Linux, причем бесплатных, постоянно растет.
- **Специальные дистрибутивы ОС для работы с цифровым звуком.** Выпускаются специальные *дистрибутивы* ОС Linux, конфигурация которых уже настроена с учетом ее использования для создания музыки. Достаточно инсталлировать такой дистрибутив и загрузить ОС, и все уже готово для работы, в том числе набор бесплатных приложений для работы с цифровым звуком, создания нотных партитур, эффектов, программы виртуальных музыкальных инструментов и утилиты.
- **Linux на одном компьютере с Mac и Windows.** Нет необходимости отказываться от используемой операционной системы. В большинстве случаев дистрибутивы Linux не конфликтуют с уже инсталлированной операционной системой, и вы можете выбирать, какую из операционных систем загружать при запуске компьютера. Это верно как для Mac-, так и для PC-компьютеров.

- **Для того чтобы использовать приложения, предназначенные для Linux, ее вовсе не требуется инсталлировать.** Пользователи, работающие в операционной системе Mac OS X, могут использовать приложения, созданные "под Linux", список которых продолжает расти, на этой операционной платформе, поскольку Mac OS X, как и Linux, базируется на ОС Unix, а также благодаря изначально заложенной в Mac OS X поддержке X-сервера X11 компании *Apple*. Ряд Linux-приложений работают и на операционной платформе Windows благодаря кроссплатформенным инструментам разработки.

Недостатки Linux таковы.

- **Чтобы освоить ее, нужно по-настоящему потрудиться.** Эта ОС не для ленивых, поскольку выбор ПО и поддержка драйверов для нее ни в какое сравнение не идут с Windows и Mac и настроить ее конфигурацию непросто, хотя можно найти дистрибутив с уже настроенной конфигурацией.
- **Ограниченный выбор ПО.** У Mac и Windows список ПО и возможности для работы со звуком намного обширнее, по крайней мере в настоящее время.
- **Конкурирующие дисковые файловые системы.** Запись файлов на жесткий диск Mac- или PC-компьютера может оказаться непростым делом.

Ресурсы для ОС Linux

Проект AGNULA (`www.agnula.org`). На этом тематическом сайте, посвященном исключительно вопросам работы со звуком, вы найдете массу полезных ссылок и справочной информации.

ALSA (`www.alsa-project.org`). Драйверы для аудиоаппаратуры и MIDI-аппаратуры, включаемые в состав многих дистрибутивов ПО для работы со звуком; необходимо проверять на совместимость.

Rosegarden (`www.rosegardenmusic.com`), **Ardour** (`www.ardour.org`). Полнофункциональные пакеты ПО рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), созданные специально для ОС Linux. В пакете Rosegarden к вящей пользе имеются такие функциональные возможности, как работа с партитурами и MIDI-файлами (**рис. 2.6**).

Audacity (`http://audacity.sourceforge.net`). Незаменимый многоканальный музыкальный редактор.

MetaDecks (`www.metadecks.org`). Музыкальный редактор Sweep и программа AUBE для генерирования и обработки звука в режиме реального времени, обладающая функциональными возможностями имитации "визга грампластинки" в DJ-стиле.

terminatorX (`http://terminatorx.cx`). DJ-приложение для компиляции музыкальных композиций в режиме реального времени, в том числе для монтажа фрагментов "на ходу" и имитации "визга" виниловой грампластинки, как в реальном проигрывателе.

Jack (`http://jackit.sourceforge.net`). Аудиосервер с короткой задержкой — программа виртуальных подключений, с помощью которой можно связывать друг с другом различные приложения и интерфейсы. Работает на операционных платформах Linux и Mac OS X.

Fervent Software Studio-to-Go (www.ferventsoftware.com). Выпускает по почтовым заказам для ПК, поддерживающих системную архитектуру Intel, самозагружаемый компакт-диск с полнофункциональной студией звукозаписи на операционной платформе Linux, укомплектованной рабочей станцией цифровой звукозаписи Rosegarden, с настроенной конфигурацией и поддержкой подключаемых модулей Windows VST (по желанию можно также инсталлировать ПО с этого компакт-диска на компьютере).

ПО Linux распространяется практически бесплатно или чаще всего по принципу "Заплати, сколько не жалко". Те, у кого нет денег, могут получить его бесплатно, но, если у вас есть возможность, не пожалейте скромной суммы на поддержку дальнейшего развития этой инициативы.

В случае, если с деньгами у вас туго, если вы разбираетесь в программировании или вас увлекает идея самостоятельной, независимой операционной системы и приложений только для работы с музыкой, обратите внимание на Linux — пусть даже она будет в вашем арсенале вспомогательной наряду с уже имеющейся ОС. Но даже если вы не используете Linux, можно поспорить, что в скором будущем вам так или иначе придется иметь дело с оборудованием, оснащенным ею, а также коммерческим или бесплатным ПО, разработанным для этой ОС.

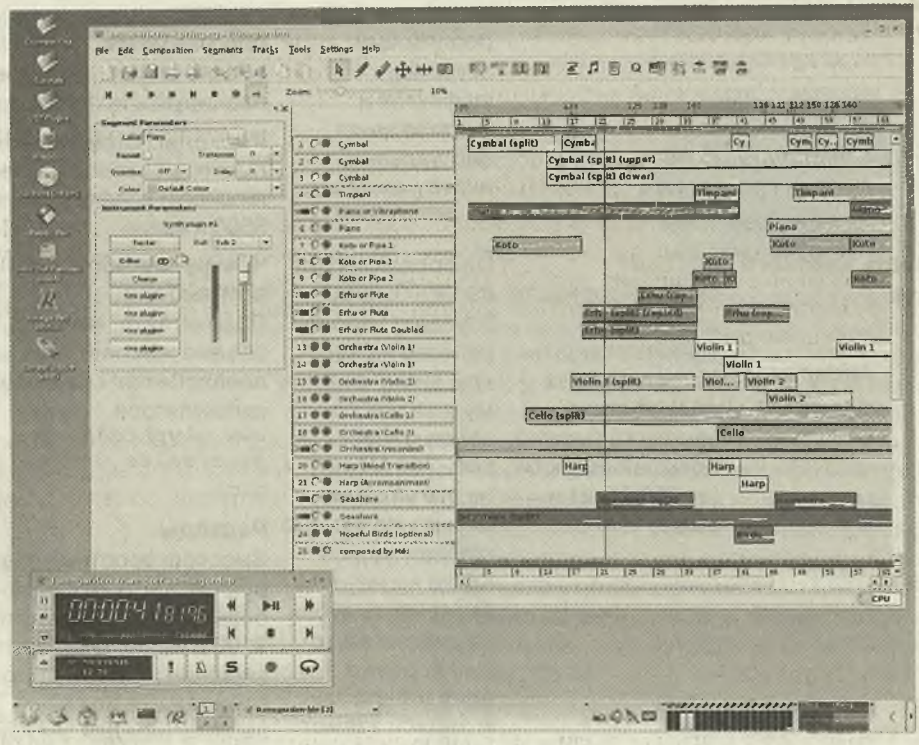


Рис. 2.6. *Программа Rosegarden — это бесплатное, с открытым исходным кодом приложение, работающее под управлением ОС Linux как на Mac-, так и на PC-компьютерах (публикуется с любезного разрешения компании* Fervent Software, Ltd.*)*

Настройка конфигурации компьютера

Не важно, какой у вас компьютер, новый или не очень. Важно, чтобы он соответствовал определенным требованиям (**табл. 2.7**). Для создания MIDI-записей или музыкальных партитур вполне достаточно, по-видимому, будет и старенького маломощного компьютера. Но для работы с "живым" цифровым звуком требуются значительные вычислительные ресурсы. В этом случае компьютер должен выполнять математическую обработку данных, которые изменяются 44 100 раз в секунду или еще быстрее, и выводить результат как можно быстрее. Для тех, кто работает с цифровой видеографикой и объемной (3D) графикой, задержка вывода изображения на экран некритична, но для музыкантов это зачастую недопустимо.

Таблица 2.7. Технические требования к конфигурации компьютера

Характеристика	Минимальная/ оптимальная	Важность	Чем руководствоваться при выборе/ стоимость
Рабочая частота процессора	800 МГц для работы с одним базовым приложением/1–3 ГГц	Максимальная нагрузка на процессор ложится при реализации звуковых эффектов и синтезе звука виртуальных инструментов	**Чем руководствоваться при выборе.** Выбирайте процессор, исходя из требований, диктуемых программным обеспечением, которое вы планируете использовать. **Расходы.** Стоимость компьютера базовой (ничего лишнего) конфигурации — $500 и выше
Емкость жесткого диска	60 Гбайт свободного места для записи/отдельный жесткий диск для работы со звуком как можно большей емкости (от 250 Гбайт и выше)	Цифровая аудиозапись быстро "съедает" пространство на жестком диске: емкость музыкального компакт-диска — 600–700 Мбайт, но это уже завершенная, полностью готовая запись. Когда вы начнете записывать дубль за дублем звуковые дорожки, то одна минута звукозаписи займет намного больше места	**Чем руководствоваться при выборе.** Подсчитайте, какого объема жесткий диск вам понадобится, с помощью калькулятора `www.glyphtech.com/site/sales_drivecalc.html`. **Расходы.** Высокоскоростные внутренние жесткие диски большой емкости стоят от $100 и выше; дешевеют внешние жесткие диски, подходящие по своим параметрам для записи звука, — цены на них опустились ниже $200

Продолжение табл. 2.7

Характеристика	Минимальная/ оптимальная	Важность	Чем руководствоваться при выборе/ стоимость
Скорость жесткого диска	7200 об/мин для одновременной многодорожечной записи /специальные накопители на жестких дисках, оптимизированные для аудиозаписи или аудио-/видеозаписи	Жесткие диски со скоростью 4200 и 5400 об/мин (именно такими жесткими дисками обычно оснащаются переносные компьютеры) при многодорожечной записи "тормозят", в результате чего в записи возникают "провалы", или вообще отказываются записывать	**Чем руководствоваться при выборе.** Тщательно проверяйте паспортные данные жестких дисков. На фотографии показаны примеры аудионакопителей на жестких дисках, выпускаемых компанией *Glyph Technologies* (`www.glyph.com`, публикуется с любезного разрешения компании *Glyph Technologies*) и портативный высокоскоростной накопитель на жестком диске ComboGB компании *Wiebe Tech* (`www.wiebetech.com`)
Оперативная память	512 Мбайт/1 Гбайт и выше	В случае использования программного аналого-цифрового преобразователя объем оперативной памяти имеет ключевое значение: такие приложения загружают отсчеты сигнала в оперативную память, поэтому, чем больше объем оперативной памяти, тем больше будет длина выборки	**Чем руководствоваться при выборе.** Цены на оперативную память постоянно меняются в зависимости от спроса и предложения, поэтому стоит хорошенько проанализировать предложения на рынке памяти — производители компьютеров имеют привычку завышать цены на оперативную память. Самые выгодные предложения можно найти на сайтах, подобных DealRam (`www.dealram.com`), отслеживающих текущую информацию на рынке памяти.

Продолжение табл. 2.7

Характеристика	Минимальная/ оптимальная	Важность	Чем руководствоваться при выборе/ стоимость
			Расходы. Для существенного расширения оперативной памяти хватит и $100, поэтому не экономьте на оперативной памяти, расширяйте ее настолько, насколько это возможно
Интерфейс	Как минимум USB 1.1 и один из высокоскоростных интерфейсов (FireWire, CardBus или PCI)/USB 2.0, FireWire 400/800, PCI (настольные компьютеры), другие высокоскоростные интерфейсы	Вам понадобятся соединения для подключения устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером, жестких дисков, клавиатур, режиссерских пультов и другого оснащения для звукозаписи	**Чем руководствоваться при выборе.** В компьютерах Apple эти соединения входят в комплект стандартного оснащения, компьютеры PC придется, скорее всего, дооснащать
Монитор	С разрешением 1280x1040 dpi / монитор с повышенным разрешением и большим размером экрана, второй монитор	Программы обработки звука, как правило, имеют насыщенный пользовательский интерфейс; использование одновременно нескольких мониторов избавляет от необходимости постоянно "метаться" между окнами программы	

Окончание табл. 2.7

Характеристика	Минимальная/ оптимальная	Важность	Чем руководствоваться при выборе/ стоимость
Рабочий шум компьютера		Чем тише работает компьютер, тем лучше, тем меньше опасность загрязнения аудиозаписей посторонними звуками	**Чем руководствоваться при выборе.** Выбирайте "бесшумное" оборудование, в котором приняты специальные меры по снижению уровня шума, или, чтобы полностью избавиться от шума оборудования, вынесите его в отдельное звукоизолированное помещение, или используйте звукоизолирующие аппаратные шкафы, например, выпускаемые компанией *AcoustiLock* (`www.acoustilock.com`)

Не перекладывайте всю работу на плечи компьютера: аппаратные процессоры цифровой обработки сигналов

Чем выше поднимается производительность процессоров, тем больше задач перекладывается на плечи программных инструментов обработки сигналов, т.е. в конечном счете — на плечи процессора. Но не стоит отказываться от использования специализированного оборудования — оно обеспечивает существенное улучшение характеристик виртуальных инструментов, упрощает использование различных эффектов и выполнение других задач обработки звука.

Каким бы мощным ни был процессор, пусть их даже несколько, производительности все равно будет недостаточно для работы со звуком, поэтому аудиоприложения постоянно конкурируют между собой и с операционной системой, выполняющей системные операции, за право использовать процессор. Это приводит к латентности — задержке реакции системы на команды, выполняемые во время звукозаписи и звуковоспроизведения. Если процессор перегружен, это может привести к пропаданию звука и появлению щелчков.

Процессоры цифровой обработки сигналов (Digital Signal Processing — DSP) специально предназначены для разгрузки процессора компьютера. Аппаратные средства цифровой обработки сигналов подключаются к компьютеру по шине PCI или FireWire либо в составе устройств сопряжения аудиооборудования с компьютером, либо в виде отдельных устройств типа PowerCore Compact, показанного на **рис. 2.7**.

Поскольку программные эффекты и инструменты разрабатываются индивидуально для конкретных DSP-платформ, вам нужно будет выбрать конкретный тип

такого оборудования и соответствующее ПО — подключаемые модули (плагины), созданные специально для него. В число получивших широкое распространение аппаратных платформ входят процессоры цифровой обработки сигналов PowerCore компании *TC Electronic*, оснащаемые одной из версий интерфейса FireWire для подключения к компьютерам, а также процессоры цифровой обработки сигналов DSP компании *TDM Digidesign*, оснащаемые интерфейсом PCI. Они включаются в состав изделий типа ProTools|HD.

Хотя простые аудиоплаты, оснащенные процессором цифровой обработки сигналов, можно купить примерно за $100, оборудование профессионального класса стоит от тысячи до десятков тысяч долларов. Конечно, можно обойтись и без специализированного процессора цифровой обработки сигналов, но его использование значительно расширит ваши возможности и позволит работать более эффективно и уверенно. Дополнительная информация о цифровой обработке аудиосигналов изложена в главе 6.

Рис. 2.7. *Процессор цифровой обработки сигналов Power Core Compact компании* TC Electronic *(*`www.tcelectronic.com`*), подключаемый к настольному или переносному компьютеру по интерфейсу FireWire, значительно увеличивает скорость обработки аудиосигналов, обеспечивая высококачественную, с минимальной задержкой работу эффектов и инструментов как в домашней, так и в профессиональной студиях, а также во внестудийных условиях. Это оборудование стоит меньше $1000*

Заказные и музыкальные компьютеры

Где их можно приобрести

Оборудование "под ключ"

Korg SoundTree (`www.soundtree.com`)

Sweetwater Audio (`www.sweetwater.com`)

Tekserve (`www.tekserve.com`)

Заказное оборудование

Alienware (`www.alienware.com`)

Carillon (www.carillondirect.com)

MusicXPC(www.musicxpc.com)

Узкоспециализированное и комбинированное компьютерное аудиооборудование

Muse Research (www.museresearch.com)

Open Labs (www.openlabs.com)

PlugZilla (www.plugzilla.com)

Для работы с цифровым звуком подходят и стандартные персональные компьютеры, но выпускается и специально подготовленное для этой цели компьютерное оборудование — от простых компьютерных комплектов до заказных, предназначенных исключительно для работы со звуком.

- **Наборы.** Комплект, в который входит компьютер, средства сопряжения и программное обеспечение; цена — от $1500 до пятизначных сумм за профессиональное оборудование высокого класса.
- **Компьютерные системы "под ключ".** Полностью настроенный и готовый к работе компьютерный набор с уже установленным ПО и оптимизированной конфигурацией. Это оборудование не нужно готовить к работе. Многие производители учебного оборудования также выпускают компьютерные системы "под ключ" для школьных лабораторий. Цены на такие комплекты колеблются — хорошо оснащенный компьютер оптимальной конфигурации стоит в пределах $2000–3500.
- **Заказные компьютерные системы.** Заказная компьютерная система профессионального класса для работы со звуком представляет собой полностью готовое к работе ("под ключ"), базирующееся на аппаратной платформе PC компьютерное оборудование несерийной конструкции, оптимизированной с учетом его назначения. Многие заказные компьютерные системы собираются в специальных шумопоглощающих корпусах, предназначенных для монтажа в аппаратную стойку наряду с другим аудиооборудованием; примером может служить Carillon AC-1 (**рис. 2.8**). В таком оборудовании могут быть предусмотрены даже специальные органы регулировки — поворотные и ползунковые регуляторы и кнопки. Часто такое компьютерное оборудование стоит не намного дороже стандартного. Например, нижний предел цен на музыкальное компьютерное оборудование компании *Carillon* находится примерно на уровне $1000 без монитора (поскольку копания *Apple* уже не лицензирует выпуск клонов, Mac-компьютеры не включены в эту категорию, хотя кое у кого из пользователей вполне может оказаться один из компактных несерийных Mac-компьютеров типа Mac Mini).
- **Специализированное и комбинированное компьютерное оборудование для работы с цифровым звуком.** При работе с цифровым звуком без традиционного компьютера, в принципе, можно вообще обойтись благодаря новым специализированным компьютерным устройствам, предназначенным исключительно для этой цели (**рис. 2.9**). Примерами могут служить Muse Research Receptor и PlugZilla — компьютерные рабочие станции цифровой звукозаписи, работающие под управлением ОС Linux, которые совмещают в себе гибкость программного синтеза звука и возможности программных эффектов с надежностью и стабильностью работы традиционных аппаратных средств. На этих рабочих станциях могут рабо-

Рис. 2.8. *Заказные компьютеры для работы с цифровым звуком выделяются уже своим внешним видом, например показанный на этой фотографии Carillon AC-1 смонтирован в прочном, рассчитанном на монтаж в аппаратную стойку, корпусе и оснащен специальными средствами управления профессионального уровня. Включенное в комплект программное обеспечение уже инсталлировано и настроено — такое оборудование "под ключ" полностью готово к работе*

тать подключаемые модули (plug-in) для ОС Windows, и даже предусмотрена защита от несанкционированного копирования по шине USB. Устройство Neko представляет собой полнофункциональную клавиатуру, объединенную с ПК системной архитектуры PC, работающим под управлением ОС Windows, который позволяет реализовать разнообразные виртуальные инструменты. Устройства Neko и PlugZilla далеко не всем по карману — их цена составляет от $3000 и выше. Но устройство Receptor вполне конкурентоспособно с современными ПК типа PC — оно стоит чуть больше $1000, а в будущем устройства такого типа будут иметь еще более широкие возможности.

Рис. 2.9. *Компьютер или аудиооборудование? Новые комбинированные устройства — это и то, и другое вместе. Примерами могут служить Muse Research Receptor, смонтированное в "стоечном" корпусе компьютерное устройство реализации звуковых эффектов и инструментов, и музыкальная компьютерная клавиатура Open Labs Neko. Эти устройства работают под управлением ОС Linux и Windows соответственно (фотографии публикуются с любезного разрешения компаний* Muse Research *и* Open Labs*)*

Инструменты для работы со звуком и музыкой

Возможности программного обеспечения

Как из множества современных приложений для работы с музыкой, обладающих в буквальном смысле этого слова тысячами разнообразных возможностей, выбрать именно то программное обеспечение, которое поможет творчески и эффективно работать? На этот вопрос нет однозначного ответа. В современные программы закладываются столь разнообразные по своему назначению функциональные возможности, что четких различий между ними нет, поэтому вам наверняка удастся найти не одну, а несколько программ, обладающих всем необходимым набором функциональных возможностей именно для ваших целей. В таком случае выбор программного обеспечения уже определяется не столько тем, какие возможности оно обеспечивает, сколько тем, насколько вам по вкусу пользовательский интерфейс той или иной программы. Выбор подходящего ПО в значительной мере субъективен, поэтому вместо того, чтобы заниматься бесполезной дискуссией о том, у какой из программ больше "кнопок", а у какой — "движков", лучше ознакомимся с характерными функциональными возможностями, которыми (в том или ином виде) обладают многие коммерческие версии программ, предназначенных для работы с музыкой.

Многодорожечная запись/редактирование

Многодорожечная запись означает запись и редактирование одновременно нескольких аудиосигналов. До появления программ цифровой обработки звука для этого использовалось аналоговое (а впоследствии цифровое) студийное оборудование звукоза-

Рис. 2.10. *Окно традиционного микшера в программе Adobe Audition*

писи — аналоговые (а впоследствии цифровые) магнитофоны, осуществлявшие многодорожечную запись на магнитную ленту. В современной технологии звукозаписи "многодорожечность" уже не является привилегией только "студийного" ПО, как кое-кто, вероятно, думает. Наоборот, она все шире входит в арсенал приложений для работы с музыкой и звуком (**рис. 2.10**).

Специальные приложения для многодорожечной записи/монтажа

BIAS Deck (для ОС Mac)

Adobe Audition (для ОС Windows)

(читайте о них ниже, в разделе "Секвенсинг")

О том, как работать в этих программах, читайте в главах 5, 8 и 10.

Секвенсинг

Секвенсинг (*sequencing*) — это создание мелодии путем выстраивания определенной последовательности звуков из MIDI- и аудиоданных, а также данных автоматизации регулирования параметров микширования. Мы сознательно отделяем эту технологию от технологии многодорожечного редактирования, потому что в ней используется не только звуковая информация.

Определенная путаница в использовании этого термина объясняется его историей: он вошел в употребление во времена старомодного аналогового оборудования звукозаписи, когда простые музыкальные мелодии создавались путем задания последовательности напряжений (нелегкое это было дело, не правда ли?). Впоследствии термин "sequencing" приобрел расширенное толкование — он стал означать компоновку мелодии из отдельных звуков и другой музыкальной информации. Первоначально это касалось только MIDI-данных, а в дальнейшем — как MIDI-, так и аудиоданных.

Под термином "секвенсер" сейчас понимается программа, реализующая многодорожечную запись, редактирование и компоновку звуковой информации в форматах MIDI и аудио (**рис. 2.11**). В эту категорию входят такие программы, как Cubase, Apple Logic, SONAR и Digital Performer. Эти программы часто также называют рабочими станциями

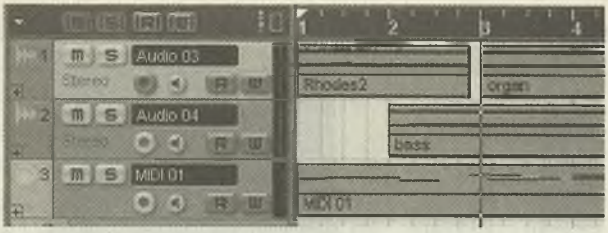


Рис. 2.11. *Типичный интерфейс секвенсера MIDI- и аудиоданных в окне программы Cubase SX*

цифровой звукозаписи (DAW), но изделия этой категории обладают куда более широкими функциональными возможностями, чем только секвенсинг. С некоторыми из их функций вы познакомитесь далее в этой главе.

Специальные приложения-секвенсеры

Digidesign Pro Tools

Steinberg Cubase SX

MackieTracktion

Ableton Live

Apple Logic (для ОС Mac)

Cakewalk SONAR (для ОС Windows)

Rosegarden (для ОС Linux/Mac)

О том, как работать в этих программах, читайте в главах 5, 8 и 10.

Редактирование формы сигнала

Редактирование формы сигнала (*waveform editing*), также называемое редактированием на уровне отдельных отсчетов, — технология индивидуальной детальной коррекции аудиофайлов. Она обеспечивает возможность редактирования индивидуальных отсчетов аудиосигнала, а также использования других универсальных инструментов модификации и пакетной обработки аудиоданных. Редактор формы сигнала (так называемый *сигнальный редактор*) по отношению к многодорожечному редактору представляет собой то же, что текстовый редактор по отношению к программе форматирования текста. Средства редактирования формы сигнала в том или ином виде имеются в большинстве программ, предназначенных для работы с цифровым звуком, хотя существуют и специализированные программы, предназначенные для выполнения исключительно этой задачи (**рис. 2.12**).

Специализированные приложения — редакторы формы сигнала (сигнальные редакторы)

Audacity

Sony Sound Forge (для ОС Windows)

Adobe Audition (для ОС Windows)

BIAS Peak (для ОС Mac)

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 10.

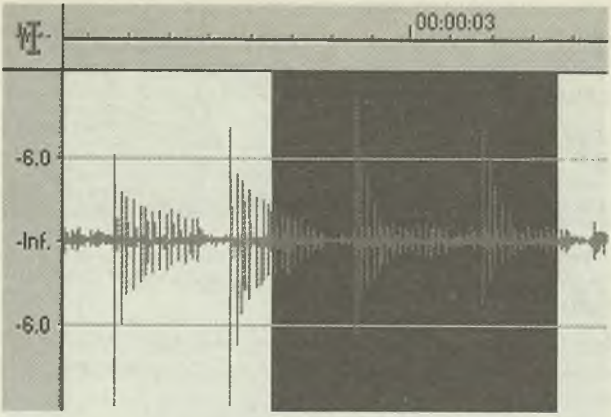


Рис. 2.12. *Окно редактирования формы сигнала в программе Sony Sonic Foundry*

Редактирование, базирующееся на использовании образцов звуков

Редактирование, базирующееся на использовании образцов звуков (*pattern-based editing*, иногда называемое *beat-based editing*), — это технология конструирования музыкальных ритмов, имитирующая ограниченные возможности примитивных автоматических ритм-машин; музыкальные ритмы для барабанов и музыкальных инструментов формируются из регулярных метрических образцов звуков (**рис. 2.13**). Эта технология пользуется, что вполне понятно, популярностью у тех, кто создает танцевальную музыку, но, поскольку она позволяет просто, легко и быстро конструировать музыкальные ритмы, она удобна для создания черновых вариантов барабанного аккомпанемента или аккомпанемента бас-гитары и в других музыкальных жанрах. Поскольку технология, базирующаяся на использовании образцов звуков, широко применялась в первых синтезаторах и автоматических ритм-машинах, она в том или ином виде используется и во многих программных инструментах. Она также входит в арсенал ряда специализированных программ обработки звука.

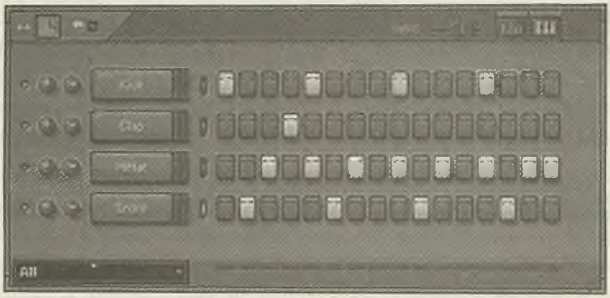


Рис. 2.13. *Окно редактора ритмов в программе FL Studio, выполненное в стиле ритм-машины*

Специализированные редакторы, базирующиеся на использовании образцов звуков

FL Studio (для ОС Windows)

Cakewalk Kinetic (для ОС Windows)

Propellerhead Reason

О том, как работать в этих программах, читайте в главах 5 и 8.

Редактирование, базирующееся на использовании циклически повторяемых аудиообразцов

В технологии редактирования, базирующейся на использовании образцов, используются циклически повторяемые музыкальные фрагменты — обычно в формате MIDI. Термин "циклическое повторение" (looping) относится к инструментам, использующим циклически повторяемые аудиообразцы. Такие приложения обеспечивают возможность изменения темпа, а в ряде случаев — и положения долей такта с сохранением тональности. Программы типа GarageBand и ACID выгодно отличаются тем, что в их составе имеются специальные библиотеки аудиообразцов, содержащие сотни образцов музыкальных ритмов (groove). Они, опять-таки, являются, в первую очередь, незаменимыми инструментами для создания танцевальной музыки, но могут использоваться в любом музыкальном жанре для создания набросков задуманных музыкальных композиций, аккомпанемента или целиком законченных композиций (**рис. 2.14**).

Рис. 2.14. *В программе GarageBand можно легко и быстро "смонтировать" из аудиообразцов законченную композицию*

Специализированные приложения, базирующиеся на использовании аудиообразцов

Ableton Live

Sony Music ACID (для ОС Windows)

Apple GarageBand, Soundtrack, Logic (для ОС Mac)

О том, как работать в этих программах, читайте в главах 5 и 10.

Технология синтеза звуков (музыкальные инструменты)

Можно создать полностью готовое музыкальное произведение, не записав вообще ни одного звука. Технология синтеза — это цифровая технология создания любых звуков. Варианты технологий синтеза звука чрезвычайно разнообразны: от воссоздания до мельчайших деталей оригинального инструмента (работы, выполненные компанией *Arturia*) до самых современных технологий создания звука, которые могут быть реализованы только на базе компьютерных технологий (примером может служить программа Sculpture компании *Apple*, входящая в состав Logic Pro).

Рис. 2.15. *Окно программы B4 компании* Native Instruments *— виртуальный инструмент, имитирующий орган Хэммонда*

Во всех без исключения программных музыкальных инструментах используется в том или ином виде технология синтеза звука, но термином *виртуальный инструмент* обозначают обычно программные инструменты, имитирующие реальные не электронные музыкальные инструменты (**рис. 2.15**).

Специализированные приложения-синтезаторы

Native Instruments Reaktor, Absynth (синтез звуков)

B4, FM7 (виртуальный инструмент)

Arturia Storm (синтез звука)

и старинные программы-синтезаторы

Tascam GigaStudio (проигрыватель сэмплов)

IK Multimedia Sample Tank, Studiophonik (проигрыватель сэмплов)

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 9.

Обработка сигнала (эффекты)

Под категорию *цифровых эффектов* подпадают любые действия над аудиосигналом, вносящие в него изменения, например реверберация, имитация акустики открытого пространства, задержка, мастеринг, коррекция частотной характеристики канала передачи звука, сжатие и другие малопонятные неспециалистам и эксцентричные технологии обработки, какие только можно себе представить. Обработка сигнала означает всего лишь использование этих эффектов. Таким образом, как следует из самого названия, обработка сигналов — это процесс определенного воздействия на аудиосигнал (**рис. 2.16**).

Специализированные приложения, предназначенные для обработки сигнала

TC Electronics Native Bundle

Waves Renaissance Maxx

Bundle

Sony Oxford Collection

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 7.

Обработка выходного аудиосигнала гитары

Обработка аудиосигнала гитары, хотя технически это всего лишь один из множества вариантов цифровой обработки, заслуживает отдельного упоминания. Благодаря программным средствам — имитаторам усилительного оборудования, аппаратуры эффектов

Рис. 2.16. *Обработка сигнала в эквалайзере MasterWorks EQ, который входит в состав программы Digital Performer компании* MOTU

и акустических систем обработка аудосигнала гитары программными средствами обеспечивает такие возможности, для реализации которых раньше требовалась масса дополнительной аппаратуры.

Рис. 2.17. *Окно GuitarRig, программы — имитатора стойки гитарных усилителей и аппаратуры эффектов*

Специализированные приложения, предназначенные для обработки аудиосигнала гитары

Native Instruments Guitar Rig

IK Multimedia AmpliTube

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 13.

Мастеринг

Мастеринг (*mastering*) охватывает ряд задач общего характера, связанных с подготовкой музыкальных произведений и звукозаписей к тиражированию. Сюда входят такие задачи, как сглаживание, повышение мелодичности и баланса звукозаписи путем коррекции динамического и частотного диапазонов, и последующий экспорт звукозаписи в один из форматов для ее распространения — трансляции по сетям широковещания, тиражирования на компакт-дисках, распространения через Интернет как отдельных звукозаписей, так и альбомов.

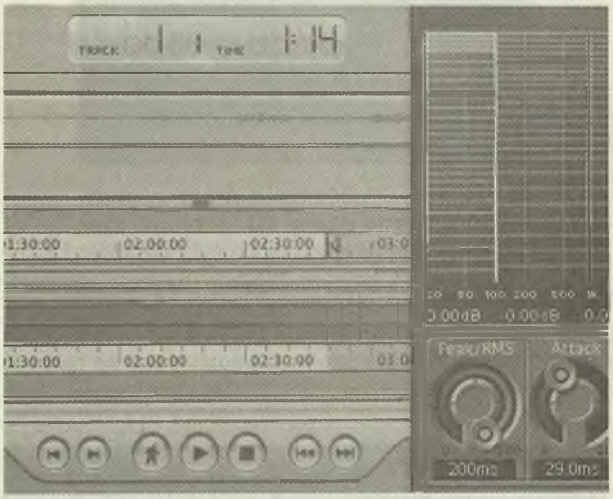


Рис. 2.18. *Программа WaveBurner компании* Apple *предназначена для финишной обработки звукозаписей и создания мастера-оригинала авторского компакт-диска*

Специализированные приложения, предназначенные для мастеринга

Apple WaveBurner (для ОС Mac; входит в состав ПО Logic Pro)

SteinbergWaveLab (PC)

iZotope Ozone (подключаемый модуль для Mac/PC)

IK Multimedia T-racks (подключаемый модуль для Mac/PC)

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 10.

Специализированные приложения для ди-джеев

У ди-джеев — свои особые требования, например им необходимо иметь возможность манипулировать большими библиотеками звукозаписей, оперативно комбинировать музыкальные фрагменты, прослушивая их до того, как толпа народу в зале услышит их, регулировать темп и тональность и плавно переходить с одного канала на другой (**рис. 2.19**). Поскольку такие возможности могут быть полезны не только для ди-джеев, но и для всех, кто занимается цифровой звукозаписью, универсальные приложения типа Ableton Live становятся все более популярными не только среди ди-джеев, но и среди любителей звукозаписи.

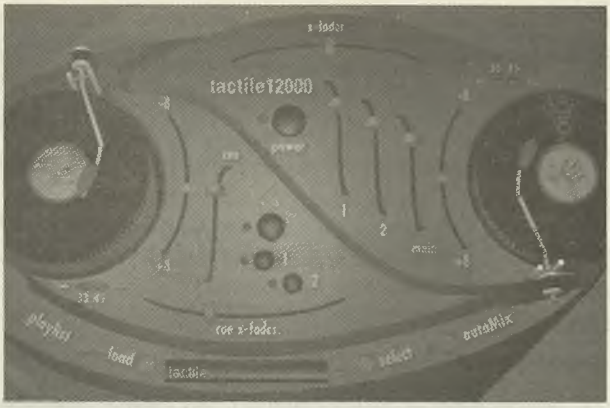


Рис. 2.19. *Tactile 12000. В окне этой бесплатной программы с помощью мыши можно оперативно компилировать музыкальные звукозаписи, управлять имитатором "визга" грампластинок и кроссфедером (www.tactile12000.com)*

Специализированные приложения для ди-джеев

Native InstrumentsTraktor

Ableton Live

MegaSeg (для ОС Mac)

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 13.

Нотная запись

Нотная запись, или запись партитуры музыкального произведения, используется для создания печатных копий музыкальных партитур, по которым музыканты исполняют произведение. Технология нотной записи, как правило, базируется на записи музыкальной информации в формате MIDI, поскольку этот формат является общепринятым стандартом записи музыкальной информации. Хотя инструменты создания нотных записей в таких программах, как Logic и Cubase, удобны для создания черновых набросков партитур, композиторам и аранжировщикам требуется расширенный набор специальных инструментов нотной записи с учетом сложности создаваемой ими музыки и технических требований музыкантов и издателей (рис. 2.20).

Специализированные приложения для создания партитур музыкальных произведений

Sibelius

MakeMusic Finale

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 11.

Модульность и интерактивное управление

В первых синтезаторах для управления параметрами синтезируемого звука использовался модульный принцип — комплекс создавался путем подключения отдельных компонентов, или модулей, соединительными кабелями (**рис. 2.21**). Такой подход с точки

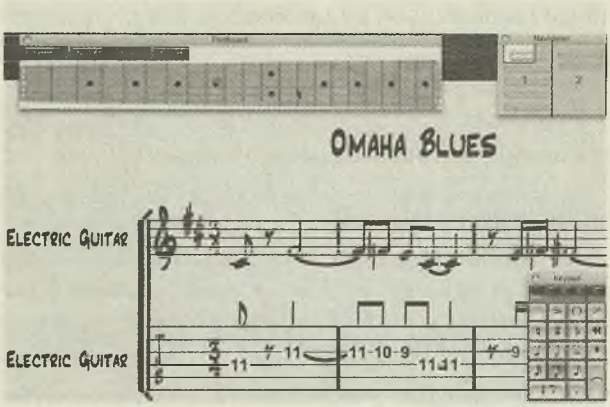


Рис. 2.20. *Создание партитуры для гитары в программе G7 компании* Sibelius

зрения трудоемкости был не очень эффективен, но зато обеспечивал неограниченную гибкость, поскольку каждый модуль выполнял всего одну задачу и последующий путь сигнала было несложно проследить по соединительным кабелям. В современных программах обработки цифрового звука этот принцип положен в основу технологии создания конфигурации виртуальных комплексов обработки аудио- и MIDI-информации, а также используется интерактивная технология управления, позволяющая в режиме реального времени управлять настройками программы, добиваясь желаемого качества звука.

Рис. 2.21. *В программе Reaktor заложен модульный принцип создания виртуальных комплексов обработки звука — модульность обеспечивает широчайшие возможности модификации структуры программных инструментов, предоставляя возможность создавать любые звуки, эффекты и интерактивные инструменты, какие только можно себе представить*

Специализированные приложения, реализующие модульный принцип и интерактивное управление

Native Instruments Reaktor

Cycling'74 Max/MSP Pure Data

О том, как работать в этих программах, читайте в главе 13.

Узкоспециализированные утилиты

Ряд приложений рассчитан на выполнение специфических функций и на конкретный сегмент потребительского рынка. Эти функции в универсальных рабочих станциях, как правило, отсутствуют, поэтому, если они крайне необходимы для вашей работы, вам придется использовать специальные утилиты.

- **Утилиты, предназначенные для учебных целей**, призваны помочь студентам и музыкантам в изучения теории музыки, композиции и тренировке музыкального слуха.
- **Приложения-аккомпаниаторы** предназначены для автоматического создания фонограммы аккомпанемента в помощь музыкантам на репетициях.
- **ПО VJ/видео** предназначено для создания цветомузыкальных эффектов; эти программы все шире используются в клубах, художественных галереях и на театральных и концертных сценах.

Создание программной студии

Одним из преимуществ компьютерной технологии звукозаписи является то, что она обеспечивает практически неограниченные возможности. Поскольку у каждого из нас совершенно индивидуальные потребности и предпочтения, это должно учитываться при выборе конфигурации программного обеспечения. В этом вопросе возможны два различных подхода: приобрести интегрированную рабочую станцию, оснащенную всеми необходимыми средствами, или создать собственную конфигурацию ПО из отдельных утилит инструментальных программ и программ — имитаторов эффектов. Благодаря технологии подключаемых (plug-in) модулей и другим средствам интеграции ПО имеется широкий выбор вариантов.

Интегрированные рабочие станции

Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) — программы, в которых собраны все инструменты и технологии обработки звуковой информации, необходимые для студии цифровой звукозаписи. Рабочая станция цифровой звукозаписи — это по определению приложение, способное самостоятельно, без привлечения дополнительных программных средств, выполнить от начала до конца все этапы работы над звуком — от замысла до выпуска мастера-оригинала. Приложения этой категории обладают в той или иной комбинации следующими функциональными средствами и возможностями.

- **Стандартные средства звукозаписи.** Инструменты записи, редактирования формы сигнала, создания мастера-оригинала записи, преобразование/экспорт файлов.
- **Средства секвенсинга (sequencing).** Компоновка композиции из последовательности MIDI- и аудиофайлов по технологии традиционного микширования с ис-

пользованием MIDI-фрагментов и музыкальных фраз или комбинация всех трех технологий компоновки сочинения.

- **Эффекты и инструменты.** Комплект имитаторов эффектов и музыкальных инструментов и/или поддержка подключаемых модулей сторонних разработчиков.
- **Дополнительные возможности.** Во многих рабочих станциях предусмотрены такие возможности, как обработка сигнала звука гитары, нотная запись, видеоэффекты/аранжировка и даже модульная технология объединения отдельных компонентов в программный комплекс обработки цифрового звука и интерактивное управление.

Под это общее определение рабочей станции цифровой звукозаписи подпадает множество приложений.

- **Digidesign Pro Tools**. Это название относится и к аппаратному, и к программному обеспечению, но само по себе приложение Pro Tools, определенно, является рабочей станцией цифровой звукозаписи (DAW). В этой категории ему равных нет — оно занимает доминирующее положение в мире профессиональной звукозаписи, хотя в последние годы конкуренты добились достаточно весомых успехов. Ключевым отличием Pro Tools от других программ этой категории является то, что для приложение Pro Tools предназначено для работы только с оборудованием Digidesign.
- **"Большая четверка" рабочих станций.** Stemberg Cubase (а теперь и выпущенная той же компанией программа Nuendo, предназначенная для профессиональной звукозаписи), Cakewalk SONAR, MOTU Digital Performer и Apple Logic **(рис. 2.22)** — все эти программы начинали свою жизнь почти 20 лет назад как MIDI-секвенсеры. В то время как в программу Pro Tools были добавлены возможности для работы с MIDI-данными, в эту четверку рабочих станций были добавлены возможности работы с аудиофайлами, и версия за версией каждое из этих приложений становилось все совершенней в стремлении превзойти своих конкурентов.
- **Рабочие станции нового поколения.** Принцип универсальности "всеохватности", реализуемый в Pro Tools и "Большой четверке", не всегда полезен — иногда это тормозит создание музыкальной продукции. Поэтому в приложениях нового поколения акцент сделан на упрощении интерфейса и оптимизации технологии работы. Не все согласны признать, что такие программы, как Tracktion, ACID, Live, Reason, FL Studio и даже GarageBand, относятся к категории рабочих станций, но это вовсе не помешало им завоевать место в арсенале многих студий звукозаписи и исполнителей. Многие пользователи применяют эти программные средства наряду с более традиционными рабочими станциями, используя сильные стороны каждой из них.

Естественно, сложно установить, в чем различия между приложениями, обладающими обширными перекрывающими друг друга функциональными возможностями. Выбор определяется исключительно личными предпочтениями и вкусами: в студиях известных музыкантов и продюсеров используется, скорее всего, масса разнообразных приложений такого рода.

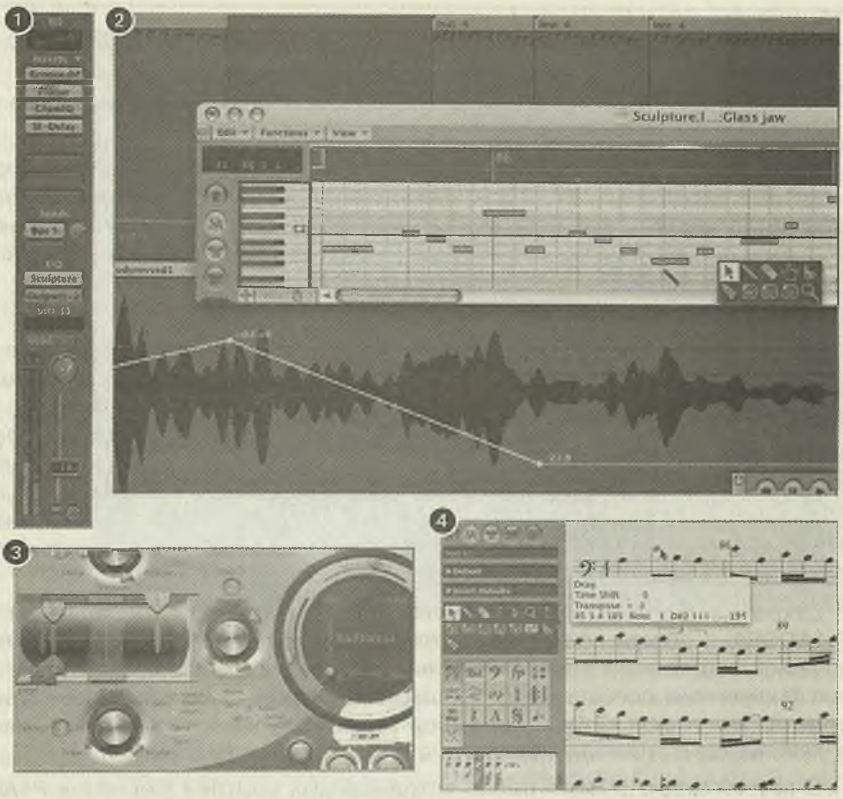


Рис. 2.22. *Программа Logic Pro компании* Apple *— хороший пример полнофункциональной рабочей станции, способной выполнять практически любые задачи. Она оснащена такими инструментами, как традиционно оформленный виртуальный микшер с ползунковыми регуляторами уровней каналов (1), высококачественный редактор MIDI- и аудиоданных (2), виртуальные инструменты и эффекты, реализуемые включенным в ее состав синтезатором Sculpture, базирующимся на технологии физического моделирования (3), и инструментами нотной записи (4) для составления и редактирования партитур*

Что означает "Pro Tools"

Термин "Pro Tools" охватывает широкую гамму аппаратных и программных средств — от Pro Tools LE и Mbox, инструментов начального уровня, до систем, которые стоят десятки тысяч долларов. В противоположность большинству конкурентных изделий серия изделий Pro Tools продается только в виде интегрированных программно-аппаратных систем, в которых используются фирменные форматы подключаемых модулей, не поддерживаемые другими производителями программного/аппаратного обеспечения (за одним исключением, о чем сказано ниже). Если вы собираетесь использовать оснащение Pro Tools, учтите следующее.

При покупке аппаратуры Pro Tools, будь то аппаратура начального уровня серии LE или профессиональная аппаратура серии HD (пример оснащения студии

такой аппаратурой показан на **рис. 2.23**), в его комплект обязательно входит ПО Pro Tools.

ПО Pro Tools отдельно не продается; получить его вы можете, только приобретя аппаратуру Pro Tools.

ПО Pro Tools не будет работать без подключенного оборудования Pro Tools. Для запуска приложения Pro Tools требуется фирменное оборудование Pro Tools (важный момент для музыкантов, использующих переносные компьютеры). Пользователи приложения ProTools|HD зачастую приобретают портативный Mbox для того, чтобы иметь возможность работать со звуком вне студии.

Закрытое и открытое ПО

ПО Pro Tools является "закрытым" не только потому, что для его работы требуется фирменное аппаратное оснащение, но, в первую очередь, потому, что используемые в нем форматы подключаемых модулей TDM и RTAS — фирменные, закрытые. Они поддерживаются только системами компании *Digidesign*, и созданием новых подключаемых модулей занимается только ограниченное число разработчиков, лицензированных компанией *Digidesign*. Пользователи ожесточенно спорят о том, что лучше — фирменный, закрытый вариант, предлагаемый компанией *Digidesign*, или открытый вариант оснащения, ведь у каждого из них есть свои достоинства.

Открытые форматы подключаемых модулей — VST, Audio Units, DirectX и LADSPA — обеспечивают более широкий выбор. Эти форматы совместимы с широкой гаммой аппаратного и программного обеспечения (а не только с фирменным оснащением), и создавать подключаемые модули в этих форматах могут все желающие; выбор таких модулей намного шире, чем фирменных, да и стоят они недорого, а многие и вовсе бесплатны.

С другой стороны, хотя выбор встраиваемых модулей форматов PTAS/TDM, поддерживаемых компанией *Digidesign*, куда меньше, их качество, в целом, выше, поскольку компания *Digidesign* контролирует работу лицензированных разработчиков. Подключаемые модули профессионального уровня в формате TDM к тому же не загружают процессор компьютера, поскольку ориентированы на использование аппаратных средств цифровой обработки сигналов (DSP), а не ресурсов центрального процессора компьютера (читайте об этом в разделе "Не перекладывайте всю работу на плечи компьютера: аппаратные процессоры цифровой обработки сигналов"). Оборудование Pro Tools своей популярностью в студиях звукозаписи во многом обязано именно этой особенности. Вложите деньги в оборудование Pro Tools — и вы получите интегрированную, надежно работающую, высококачественную систему звукозаписи и обработки звука с широкими функциональными возможностями.

Использование оборудования Pro Tools Hardware и фирменных подключаемых модулей в других приложениях. Пользователям Mac-компьютеров вовсе не обязательно работать в приложении Pro Tools, чтобы использовать возможности оборудования профессионального уровня ProTools|HD и фирменных подключаемых модулей. Приложения Apple Logic и MOTU Digital Performer совместимы с оборудованием и подключаемыми модулями компании *Digidesign*, если таковые у вас имеются.

Оборудование Pro Tools серии LE компании *Digidesign*, в том числе Mbox и 002, совместимо с другими приложениями, точно так же, как устройства сопряжения компьютера с аудиоаппаратурой, выпускаемые любой другой компанией.

Рис. 2.23. *В комплект Pro Tools профессиональной студии могут входить стойки оборудования Pro Tools|HD компании* Digidesign *(крайняя слева), один из вариантов звукорежиссерского пульта модульной конструкции с электромеханическим управлением (в центре) и ПО Pro Tools, в данном примере студии установленное на компьютере Mac. Полнофункциональная студия этой категории может стоить до нескольких десятков тысяч долларов. Оснащение Pro Tools начального уровня стоит меньше $400, но, естественно, обладает ограниченными возможностями по сравнению с вариантом студии, показанным на этой фотографии*

Учебные программы для музыкального образования

Sibelius Educational Suite (`www.sibelius.com`)

ECS Media (`www.ecsmedia.com`)

Программы для создания аккомпанемента

MakeMusic SmartMusic (`www.smartmusic.com`)

PG Music Band-in-a-Box (`www.pgmusic.com`)

Soundtrek Jammer (`www.so undtrek.com`)

Программы VJ/видео

Isadora (Mac, PC) (`www.troikatronix.com`)

motion dive.tokyo (`www.digitalstage.net`)

Vidvox VDMX и GRID (`www.vidvox.net`)

Cycling'74 Jitter (`www.cycIing74.com`)

Программное оснащение студии звукозаписи путем комбинации различных программ

Практические вопросы настройки конфигурации ПО подробно обсуждаются в главе 4, а вопросы, связанные с использованием подключаемых модулей, — в главе 7.

Разработчики ПО предусмотрели возможности совместной работы приложений, позволяющие создать студию путем комбинирования различных программ. ПО, предназначенное для работы со звуком, делится на три категории.

- **Базовое приложение (host).** Обычно это рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW), обеспечивающая управление всеми функциями студии звукозаписи и являющаяся программной платформой для подключаемых модулей эффектов и инструментов, а также клиентских приложений (**рис. 2.24**).
- **Подключаемый модуль (plug-in).** Программа, которая может работать только в составе базового приложения.
- **Автономное приложение.** Отдельное приложение, которое может работать самостоятельно. Для использования автономного приложения под управлением базового приложения необходимо обеспечить обмен аудио- и MIDI-данными между ними, для чего используется технология маршрутизации типа Re Wire. В случае, если используемое ПО не поддерживает Re Wire, необходимо использовать технологии типа Jack, которые обеспечивают взаимодействие программ на системном уровне и работают с любыми приложениями.

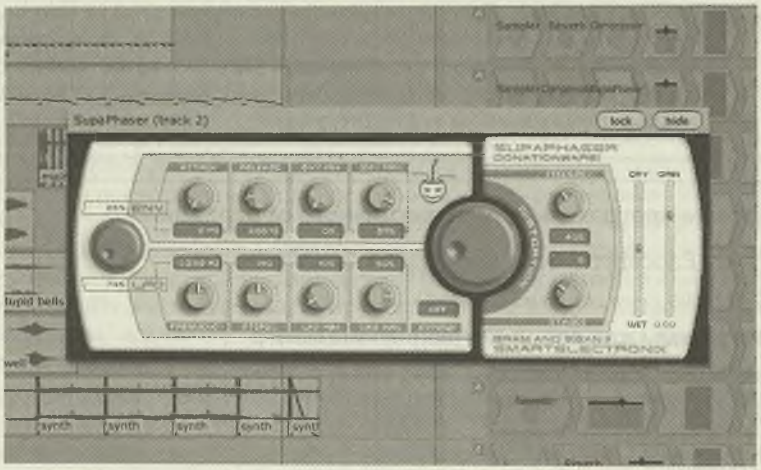


Рис. 2.24. *Начав с базовой программы типа Tracktion компании Mackie, показанной на этой фотографии, вы можете наращивать ее функциональные возможности, добавляя коммерческие, условно-бесплатные и бесплатные подключаемые модули, такие как этот виртуальный фазовращатель (phaser — фэйзер), загруженный с Web-сайта* `www.smartelectronix.com`

Благодаря общепринятым открытым форматам файлов обеспечивается практически неограниченное количество комбинаций программ этих трех категорий (**табл. 2.8**). Имея базовое приложение, будь то простая бесплатная или условно бесплатная программа либо полнофункциональная рабочая станция профессионального уровня, вы можете наращивать его функциональные возможности, добавляя инструменты, эффекты и любые другие средства работы со звуком. А автономные приложения можно использовать в любой момент, когда они потребуются, даже не открывая базового приложения.

Обратная сторона подобного разнообразия такова. Для того чтобы в полной мере использовать преимущества единой программной платформы, подключаемые модули должны обеспечивать совместимость с множеством стандартов представления данных: с открытыми форматами, используемыми во многих приложениях (VST, DX, AU и LADSPA), с фирменными форматами типа RTAS и TDM компании *Digidesign* для совместимости с фирменным оснащением или с иными форматами, диктуемыми используемым базовым приложением или аппаратным оснащением. Поскольку не все приложения поддерживают все без исключения существующие форматы, не исключено, что потребуется использовать интерфейсные программы (wrapper program), например, компании *FXpansion* (`www.fxpansion.com`), предназначенные для расширения совместимости.

Таблица 2.8. Подключаемые модули и стандарты обмена данными на различных операционных платформах

Операционная платформа	Поддерживаемые форматы подключаемых модулей	Технология обмена данными в форматах MIDI и Audio между приложениями, поддерживаемыми операционной системой	Технология обмена данными в формате Audio между любыми приложениями
Windows	VST, DX	ReWire	Отсутствует
Mac OS X	VST, AU	ReWire, IAC (Inter Application Communications) компании Core Audio	Jack OS X
Linux	VST, LADSPA	В настоящее время отсутствует	Jack
Фирменное ПО компании *Digidesign* (для ОС Mac/Win)	RTAS, TDM	ReWire	Отсутствует

Оснащение студии аппаратными средствами

Новички, создавая свою студию, как правило, делают упор на программное обеспечение, чтобы сэкономить место и деньги. Но для многих задач, выполняемых программными средствами, существует специальная аппаратура. С ней стоит познакомиться поближе, ведь у аппаратных средств обработки имеется множество потенциальных преимуществ перед программными.

- Физические органы управления (вещь особенно необходимая для музыкальных инструментов)
- Надежность и прочность
- Отсутствие задержки и мгновенная реакция
- Характерное звучание, которого невозможно добиться программными средствами

Короче говоря, работа с аппаратурой доставляет удовольствие и нет никаких оснований отказываться от оснащения ею компьютерной студии. Управление цифровой аппаратурой, подключенной к компьютеру, осуществляется, как правило, по шине синхронизации и передачи MIDI-информации или с помощью расширенных инструментов типа утилиты Environments, входящей в состав программы Apple Logic. Нет необходимости в компьютерном управлении всем и вся — зачастую вполне достаточно просто коммутации каналов передачи аудиоданных. Но все же во избежание каких-либо проблем прочитайте раздел "Проверка совместимости аппаратного и программного обеспечения".

В перечень необходимого оборудования входит следующее.

- **Инструменты.** Гитаристу, музыканту, играющему на клавишных инструментах, ударнику или музыканту, играющему на каком-либо другом музыкальном инструменте, инструмент просто необходим.
- **Процессоры эффектов.** Обработка вокала и звука музыкальных инструментов до передачи в компьютер и вывод микшированного цифрового звука на звукозапись (особенно удобен для этого цифровой микшер).
- **Гитарные усилители.** Непосредственное усиление звука гитары вместо использования виртуального усилителя.
- **Многодорожечные рабочие станции.** Портативные модели идеально подходят для звукозаписи в полевых условиях, позволяя обойтись без компьютера. Но есть и модели, по своим функциональным возможностям полностью заменяющие компьютерные рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW).
- **Автоматы музыкальных ритмов (groove box) и игрушки.** Создавать ритмы для танцевальной музыки проще и удобнее с помощью органов управления аппаратных средств, которые по желанию пользователя могут быть оснащены дополнительными средствами сопряжения с компьютером **(рис. 2.25)**.

Проверка совместимости аппаратного и программного обеспечения

Во избежание возможных проблем при подключении оборудования в компьютерной студии обратите внимание на следующие позиции в его технических характеристиках.

Обязательное оснащение, необходимое для управления оборудованием

- MIDI-входы и параметры, регулируемые по MIDI-интерфейсу
- MIDI-выходы и согласование с MIDI-входами других устройств
- Для тактовой синхронизации — возможность синхронизации по MIDI-интерфейсу или интерфейсу цифрового аудиосигнала

Необязательное, но желательное оснащение

- Цифровой аудиоинтерфейс
- Компьютерный интерфейс: USB, FireWire или mLAN (базирующийся на стандарте FireWire)
- Программные средства редактирования

***Рис. 2.25**. Функции устройства типа Korg ElecTribe, показанного на этой фотографии, можно реализовать и программными средствами. Но есть пользователи, которым больше нравится манипулировать регуляторами аппаратуры и испытывать чувство творца, когда звук реагирует на каждое их движение*

Наиболее известные производители аппаратного обеспечения

Korg, оборудование широкого ассортимента (`www.korg.com`)

Roland, оборудование широкого ассортимента (`www.roland.com`)

Yamaha, оборудование широкого ассортимента (`www.yamaha.com`)

Alesis, оборудование широкого ассортимента (`www.alesis.com`)

Tascam, записывающая аппаратура (`www.tascam.com`)

Samson, записывающая аппаратура (`www.samsontech.com`)

Stanton, проигрыватели пластинок и оснащение для ди-джеев (`www.stantondj.com`)

Gibson, гитары и оборудование массового ассортимента (`www.gibson.com`)

Fender, гитары и оборудование массового ассортимента (`www.fender.com`)

Прежде чем покупать, приценитесь

Информация для покупателей: где покупать

Магазины розничной торговли

Guitar Center

(www.guitarcenter.com)

Sam Ash

(www.samashmusic.com — розничная торговля, www.samash.com — электронная торговля)

Сайты электронной торговли, оказывающие консультационные услуги

Sweetwater

(www.sweetwater.com)

Full Compass

(www.fullcompass.com)

Kelly Music & Computers

(http://kellysmusicand-computers.com)

Теперь, когда вы понимаете, насколько широк выбор различных изделий, предназначенных для работы с цифровым звуком, пришло время подобрать то, что вам подойдет лучше всего. Чтобы ваши покупки оказались удачными, воспользуйтесь советами знатоков, приведенными ниже.

- **Оцените свои финансовые возможности.** Выбор недорогих, "по карману", вариантов настолько велик, что лучше составить смету, прежде чем делать выбор.
- **Прежде чем покупать, познакомьтесь с будущим приобретением поближе.** Загрузите демоверсии программ, пощупайте своими руками оборудование в местном магазине музыкальных товаров, посетите выставки и ознакомительные лекции, посвященные музыкальным технологиям, и презентации, устраиваемые производителями музыкального оборудования.
- **Пообщайтесь с профессионалами.** Во многих магазинах (даже в сети электронной торговли) работают знающие, имеющие хороший практический опыт специалисты, которые сами занимаются музыкальным творчеством. Они наверняка знают, какое оборудование не стоит покупать, поскольку именно им приходится иметь дело с расстроенными покупателями, которые возвращают не устраивающие их покупки. Старайтесь четко формулировать свои вопросы и требуйте четких на них ответов. Если это не удастся, обращайтесь в другие магазины, пока не получите четкие ответы.
- **Проверьте гарантийные обязательства производителя и правила возврата покупки в случае, если она не оправдает ваших ожиданий.** Даже самые опытные из нас попадали в ситуацию, когда вещь, о непревзойденных достоинствах которой нам все уши прожужжали, на поверку оказывалась дрянь дрянью. К сожалению, программное обеспечение, как правило, возврату не подлежит, поскольку не исключено, что покупатель мог его скопировать перед тем, как вернуть.

- **Проверьте обязательства по сервисному обслуживанию аппаратуры.** Прежде чем принять "дополнительные сервисные услуги", предлагаемые продавцом, внимательно прочитайте гарантийные обязательства производителя. По американским законам продавец обязан ознакомить вас с ними. Особенно внимательно читайте то, что напечатано мелким шрифтом.
- **Сохраните все квитанции и позаботьтесь о дополнительной страховке.** Вам понадобятся квитанции, чтобы решить вопросы, связанные с уплатой налогов и страховкой. Если приобретение аудиооборудования связано с вашей профессиональной деятельностью, то это обеспечивает значительную налоговую скидку. Но даже если это всего лишь ваше увлечение, вы можете в соответствии с законодательством США отнести расходы на покупку оборудования в графу "расходы на любительское творчество" декларации на подоходный налог. Вдобавок к этому, поскольку гарантии и дополнительные сервисные услуги не покрывают таких событий, как кража и неумышленное повреждение оборудования, вы зачастую можете включить его в имеющуюся у вас страховку недвижимого имущества (если оборудование находится у вас дома) и/или в страховку личного имущества (если вы возите его с собой). Представьте чеки на покупку в вашу страховую компанию и выясните, как будет застраховано приобретенное вами оборудование.
- **Будьте готовы загружать программное обеспечение через Интернет.** Это понадобится не только для получения бесплатного и условно бесплатного ПО. Иногда и коммерческое ПО обходится дешевле, если его загружать, а не покупать "коробочный" вариант дистрибутива. Но даже если вы купили "коробочный" вариант дистрибутива или аппаратуру, узнайте на сайте производителя обновления ПО — на компакт-дисках последние версии ПО встречаются очень редко.

В следующей главе мы распакуем новое оборудование, загрузим программное обеспечение и будем учиться собирать аппаратный комплекс и настраивать конфигурацию программного обеспечения студии звукозаписи.

Как выбрать лучшее программное обеспечение

При таком широком выборе какое программное обеспечение покупать? На этот вопрос ответить непросто. К тому же производители добавляют в свое ПО все новые и новые возможности, поэтому картина месяц за месяцем понемногу меняется и конкретные соображения по этому поводу, изложенные ниже, могут оказаться уже устаревшими к тому моменту, когда вы прочитаете эти строки. Выяснить, какими возможностями обладают текущие версии программ, можно только на сайтах их производителей. При выборе ПО прислушайтесь к советам и предостережениям, изложенным ниже, — они относятся к ситуации, имевшей место в середине 2005 года.

1. Все программы хороши. Даже самые простые из современных программ, предназначенных для звукозаписи, обладают немыслимо широкими возможностями по сравнению с аналогичным ПО десятилетней давности и обеспечивают чрезвычайно высокое качество звука. Поэтому плохой выбор сделать практически невозможно.
2. Для записи "живого звука" (например, песен) программного синтеза музыки для начала, по-видимому, лучше остановиться на одной из универсальных рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) из "Большой чет-

верки" (Cubase, Digital Performer, Logic, SONAR). Хотя многие из программ нового поколения — так называемые "виртуальные студии", базирующиеся на технологии секвенсинга (последовательной компоновки образцов из библиотеки музыкальных образцов) — способны записывать и воспроизводить аудиодорожки, самая популярная из них (Reason) этого не умеет.

3. У всех традиционных рабочих станций имеются облегченные версии, которые стоят дешевле. Среди программ, относящихся к категории "виртуальная студия", недорогие версии и обновления есть только у программы FL Studio.
4. Тем, кому необходим инструмент для импровизации ритмов во время концертных выступлений, стоит, по-видимому, приобрести Ableton Live. Хотя у пользователей, работающих на операционной платформе Windows, по-прежнему пользуется популярностью программа ACID Pro, она является исключительно студийным инструментом. Компания *Projects* дополнила версию 2.0 этой программы новыми функциями, приблизив ее по исполнительским возможностям к Ableton Live.
5. Сейчас даже традиционные рабочие станции продаются в комплекте с подборкой инструментов синтеза звука и эффектов, но инструменты, включаемые в такие комплекты, могут уступать по своим возможностям встраиваемым модулям сторонних разработчиков. Если есть такая возможность, заложите в бюджет средства на покупку парочки подключаемых модулей высококачественных инструментов и обязательно проверьте, чтобы они были совместимы с базовой программой выбранной вами рабочей станции (программа Reason, опять-таки, с этой точки зрения не подойдет).
6. Программа Pro Tools в полной мере оправдывает свое название. Для большинства версий требуется дорогостоящая аппаратура компании *Digidesign*, и подключаемые модули, совестимые с этой программой, тоже стоят недешево.
7. Выясните состав библиотеки образцов музыкальных фраз, входящей в комплект ПО. Некоторые программы (Live, ACID, Reason, FL Studio) комплектуются весьма обширными библиотеками образцов музыкальных фраз и другой информацией, вполне достаточной для того, чтобы начать работать. Хотя в большинстве рабочих станций растяжение/сжатие во времени музыкальных фраз выполняется во многом аналогично тому, как это делается в программах ACID и Ableton Live, библиотеки в их комплектах намного скромнее, а то и вовсе отсутствуют.
8. Если вы рассчитываете работать в сотрудничестве с другими музыкантами, то выбирайте программное обеспечение с учетом того, какие программы используют они, иначе вам не избежать нескончаемых неприятностей и проблем. Прежде чем выкладывать деньги за ПО, выясните, какое ПО используют члены вашей музыкальной группы или те, с кем вы собираетесь сотрудничать.
9. Если в ваши планы входит распечатка партитур для музыкантов, приобретайте ПО традиционной рабочей станции. В программах, относящихся к категории "виртуальная студия", и программах, базирующихся на технологии композиции из образцов музыкальных фраз, отсутствуют инструменты нотной записи и распечатки партитур.

10. Тем, кому требуются инструменты MIDI-синтеза звука, подойдет большинство программ (за исключением Reason), но среди них программа ACID обладает самыми скромными возможностям работы с данными в формате MIDI. С точки зрения широты функциональных возможностей работы с MIDI-данными лучшим вариантом будет одна из традиционных рабочих станций, поскольку все эти программы первоначально были MIDI-секвенсерами, а посему оснащены инструментами редактирования, отсутствующими в программах нового поколения.
11. Хотя программы, предназначенные для составления нотной записи — партитур музыкальных произведений, такие как Finale и Sibelius, конечно же, оснащены базовыми инструментами композиции из музыкальных фраз в формате MIDI, для профессиональной композиции они не подходят. Если вы хотите синтезировать по-настоящему качественный звук, используйте специализированные программы — секвенсеры профессионального уровня.
12. У тех пользователей, которые работают на операционной платформе Mac, выбор невелик: Ableton Live, а не Sony ACID или Cakewalk Projects, Propellerhead Reason, но не Cakewalk Projects или FL Studio.
13. Не поддавайтесь соблазну приобрести как можно более "профессиональное" ПО. Например, в программах высшего уровня предусмотрены расширенные возможности микширования, обеспечивающие запись объемного звука в стандарте 5.1 surround, но вам это реально понадобится? То же самое относится к сверхвысоким частотам дискретизации по времени: даже 96 кГц — это слишком высокая частота, которая действительно не нужна для большинства проектов.
14. Не пренебрегайте "простым народом". Программы типа MackieTracktion (рабочая станция), Arturia Storm (виртуальная студия), Bitshift Phatmatik Pro, Cakewalk Kinetic и Native Instruments Traktor DJ Studio (автоматы музыкальных ритмов на базе сэмплов с тактовой синхронизацией) заслуживают внимания.
15. Для многих программ доступны загружаемые демоверсии. Для ряда программ доступны загружаемые руководства пользователя, которые дают намного лучшее, чем рекламные описания, публикуемые на Web-сайтах, представление об этих программах.

Советы для тех, кто готов делать покупки

Прежде чем платить, еще раз проверьте следующее.

- Правила возврата покупки
- Гарантийные обязательства производителя
- Расширенные обязательства по сервисному обслуживанию
- Квитанции об оплате покупок (или полные распечатки, фиксирующие снятие денег со счета при заказе товара в сети электронной торговли; такие покупки часто сопровождаются только упаковочной ведомостью)

ГЛАВА 3
Установка оборудования студии

Не важно, в каких условиях вы собираетесь работать. Это может быть домашняя студия, профессиональная студия звукозаписи, аппаратная ди-джея или спальня. Вы сумеете собрать и настроить оснащение студии так, чтобы получить высококачественный, чистый звук и превратить ее в эффективное рабочее место, но сначала нужно научиться понимать смысл основных терминов, которые используются в технике. Производители и профессионалы аудиотехники выпускают оборудование в расчете на опытных пользователей, которые обладают такими же знаниями и опытом, как они, хотя на самом деле это, конечно же, не так, но освоить азы этой техники совсем несложно.

Ключевые вопросы

Установка оборудования студии

Установка оборудования означает тщательное и всестороннее продумывание вопросов размещения и подключения оборудования в рабочем помещении.

- Сделайте студию комфортабельным и удобным местом для работы.
- Путем размещения акустических систем и использования звукопоглощающих конструкций добейтесь, чтобы записываемый и воспроизводимый звук был как можно ближе к оригинальному звуку.
- Правильно подключайте и соединяйте аппаратуру, надлежащим образом согласуя ее по типам разъемов, типам интерфейсов и уровням напряжений; это касается как аналоговых, так и цифровых соединений.
- Примите необходимые меры защиты от помех и взаимных наводок, обеспечьте целостность сигналов.
- Обеспечьте сопряжение оборудования, оснащенного цифровыми аудиоинтерфейсами разных стандартов.

Ключевые термины

- Звукоизоляция/звукопоглощающие конструкции
- Коаксиальный/оптический кабель

- Типы разъемов: 1/4-дюймовый, XLR, 1/8-дюймовый (мини-джек), RCA, TOSLINK, BNC, 4-миллиметровый
- Tip/ring/sleeve (кончик/кольцо/гильза)
- Предварительный усилитель
- Входное/выходное сопротивление
- Заземление, паразитный контур заземления
- Симметричное/несимметричное подключение
- Стандарты цифрового аудиоинтерфейса: S/PDIF, ADAT Optical, AES/EBU, AES3, TDIF

С чего начать

Микшеры и устройства сопряжения обычно снабжены наглядными схемами подключения оборудования. После завершения установки и соединения всех необходимых устройств включите микрофон или музыкальный инструмент и проверьте прохождение сигнала от источника сигнала к компьютеру и от компьютера к акустическим системам. Убедитесь в том, что звук доходит до всех компонентов аппаратного комплекса.

Обустройство рабочего места

Эргономика

Все должно быть в пределах досягаемости: расстановка оборудования и оснащение рабочего помещения должны быть подчинены одной цели — удобству работы. Например, для аккуратного хранения кабелей идеально подходит перфорированная доска с крючками (кабели не запутываются, находятся на виду и легкодоступны).

Спланируйте рабочее место таким образом, чтобы компьютер, клавиатуры, режиссерские пульты и другие постоянно используемые устройства всегда находились рядом — на расстоянии вытянутой руки. Выбирайте такое место для мыши или шарового манипулятора, чтобы они были под рукой и не нужно было дотягиваться до них; размещайте монитор так, чтобы его экран находился перед глазами и не нужно было вертеть головой, чтобы увидеть его. Даже к выбору рабочего кресла необходимо отнестись серьезно: в профессиональных студиях пользуются удобными креслами на колесиках, и инженеры легко "переезжают" в них с места на место и меньше устают. Постоянное напряжение одних и тех групп мышц во время долгой работы за аппаратурой вредно для здоровья, поэтому делайте регулярные перерывы для разминки. Сохранить здоровье и избежать профессиональных заболеваний, связанных со спецификой сидячей работы в студии, вам помогут многочисленные сетевые ресурсы. Регулярные физические упражнения, например, рекомендуемые на сайте MyDailyYoga.com (`www.mydailyyoga.com/yoga/rsi.html`), помогут вам постоянно оставаться в хорошей форме на протяжении всего рабочего дня.

Звукоизоляция и звукопоглощающие конструкции

Ведущие студии звукозаписи являются таковыми не потому, что они оснащены самым современным аудиооборудованием: их главное достоинство заключается в том, что инженеры, проектировавшие эти студии, позаботились о хорошей акустике помещений, обеспечив максимальное подавление помех. *Звукоизоляция* означает устранение внешних помех записываемому звуку. *Акустическое оформление* — это специальные технологии, используемые для улучшения акустики помещений, например к ним относится использование акустических пеноматериалов. Используются разнообразные технологии.

- *Звукоизоляция* используется для ослабления акустических помех, проникающих через стены, окна и двери в рабочее помещение. Для дополнительной звукоизоляции используются звукопоглощающие покрытия и экраны. Если вы не можете позволить себе полностью перестроить стены студии, исходите из того, что никакая звукоизоляция не бывает идеальной. Вы можете обеспечить звукоизоляцию хотя бы в самых опасных местах — это, как правило, окна и двери.
- *Звукопоглощающие и звукорассеивающие конструкции* помогают устранить такие явления, как резонансы, эхо и искажения спектра звука, вызванные отражениями звука от стен и предметов в помещении (**рис. 3.1**).
- *Акустические заграждающие фильтры* предназначены специально для подавления низкочастотных отражений от таких мест, как углы помещений.

Рис. 3.1. *Акустические характеристики этой комнаты улучшены с помощью профессиональных акустических конструкций. В частности, на стенах комнаты развешаны плоские панели Auralex SonoFlat из акустического вспененного материала, предназначенные для поглощения звука в диапазоне средних и высоких частот (публикуется с любезного разрешения компании* Auralex Acoustics*)*

Несомненно, даже ковровое покрытие пола оказывает большое воздействие на акустику помещения, превращая характерный гулкий звук в более мягкий, приятный на слух, приближающийся к звуку в помещениях профессиональных студий звукозаписи. Несколько сотен долларов, вложенных в акустическое оформление помещения, — вполне оправданные расходы, если вы хотите добиться профессионального качества звукозаписи. Известно, что в помещении с хорошей акустикой можно сделать качественную запись даже с помощью недорогого микрофона, но даже самый дорогой микрофон не исправит искажений звука из-за плохой акустики помещения. Для начала прочитайте раздел "Источники информации по коррекции акустики помещений"; в нем приведена информация о сетевых ресурсах по этой теме.

Кабина звукозаписи за пять минут. Вам срочно необходимо записать песню в неподготовленных условиях и времени на то, чтобы установить кабину для звукозаписи или разместить звукопоглощающие конструкции, нет? Помните, ваш главный враг — отражения от стен и углов. Составьте пару каркасных вешалок для одежды и навесьте на эту конструкцию с трех сторон одеяла или плотные покрывала. Пусть певец исполнит песню в этой импровизированной кабине звукозаписи. Аналогичный прием полезен при звукозаписи в гостиничном номере. Только не стоит обвешивать стены комнаты сотовыми упаковками от яиц: толку от этого, по мнению профессионалов, ровным счетом никакого.

Источники информации по коррекции акустики помещений

Тема коррекции акустики помещений настолько обширна, что ее одной хватит на целую книгу (и действительно, есть книги, целиком посвященные этой теме). По этой теме существуют превосходные источники информации в Интернете.

Auralex (`www.auralex.com`) — крупнейший производитель изделий для акустического оформления помещений, и его Web-сайт — это кладезь информации. Это самый обширный источник информации в Интернете — здесь представлены учебные пособия, калькуляторы для расчета акустических характеристик помещений и ссылки на массу других источников информации.

Primacoustic (`www.primacoustic.com`) — полный набор изделий для акустического оформления помещений, в том числе комплекты для постройки студий "под ключ" (по цене от $500), в которые включено все, что необходимо для превращения комнаты в музыкальную студию. Это идеальный вариант для домашних и временных студий.

Studiotips (`www.studiotips.com`) — первое место, которое следует посетить перед тем, как приступать к строительству студии. Здесь вы найдете подробную информацию по акустике, звукоизоляции и монтажу кабелей, архив файлов, разнообразные специализированные калькуляторы, действующие формы и многое другое.

Теме качества звука домашних кинотеатров и концертных залов посвящено множество сайтов, полезных также для любителей и профессионалов цифровой звукозаписи. Арт Людвиг (Art Ludwig) (`www.silcom.com/~aludwig`) — инженер, увлеченный аудиотехникой — ведет обширный и подробный курс

теоретической акустики, в котором приводятся практические советы и примеры акустического оборудования для самостоятельного изготовления. На сайте AudioRevolution (`www.audiorevolution.com/equip/cheaptreatments/index.html`) опубликовано руководство по самостоятельному акустическому оформлению помещений, которое позволит сделать это всего за какую-то сотню долларов.

В журнале *Sound on Sound* (`www.soundonsound.com/sos/jul00/articles/faqacoustic.htm`) публикуются советы для новичков и ответы на часто задаваемые вопросы по практической акустике. Среди печатных руководств исключительно полезной является книга Поля Вайта (Paul White) *Basic Home Studio Design* (Sanctuary Press, 2000). Это простой учебник, предназначенный для тех, кто решил самостоятельно построить домашнюю или временную студию и не обладает ни обширными профессиональными знаниями, ни значительными средствами.

Размещение акустических систем

Как при строительстве дома, при размещении акустических систем самое главное — правильно выбрать место. На звук акустических систем влияют любые объекты, находящиеся рядом с ними, например стена или стол, а также положение слушателя. Чтобы добиться максимально высокого качества звука, соблюдайте следующие правила.

- **Расставляйте акустические системы симметрично.** Они должны находиться на одинаковом расстоянии от других объектов, чтобы звук равномерно распределялся по всему помещению. Если потребуется, переставьте мебель.
- **Не ставьте акустические системы в углах и рядом со стеной.** Стены искусственно усиливают басы; оставляйте между акустическими системами и стеной небольшой промежуток.
- **Учитывайте особенности человеческого слуха.** Как правило, акустические системы следует располагать примерно на уровне ушей слушателя и разносить на достаточно большое расстояние друг от друга и от слушателя, чтобы слушатель был способен правильно различить локализацию источников стереозвука (**рис. 3.2**). При воспроизведении объемного звука необходимо принять дополнительные меры, чтобы создать надлежащее звуковое поле.

Простой способ улучшения качества звука акустических систем. Один из самых простых и недорогих способов, позволяющих улучшить качество звука контрольных акустических систем в студии, — поставить их на звукоизолирующие поролоновые подставки. Звукоизоляция акустических систем от опоры, на которой они стоят, позволит устранить акустические помехи, создаваемые ею. Звукоизолирующие подставки MoPAD, или Monitor Isolation Pad, компании *Auralex Acoustics* (`www.auralex.com`), стоят примерно $30 за пару, причем вы можете выбрать такой вариант, чтобы акустические системы были наклонены вперед или назад, если это необходимо (**рис. 3.3**). Даже если вы установите акустические системы на специальных подставках, не экономьте на звукоизолирующих подставках — они того стоят.

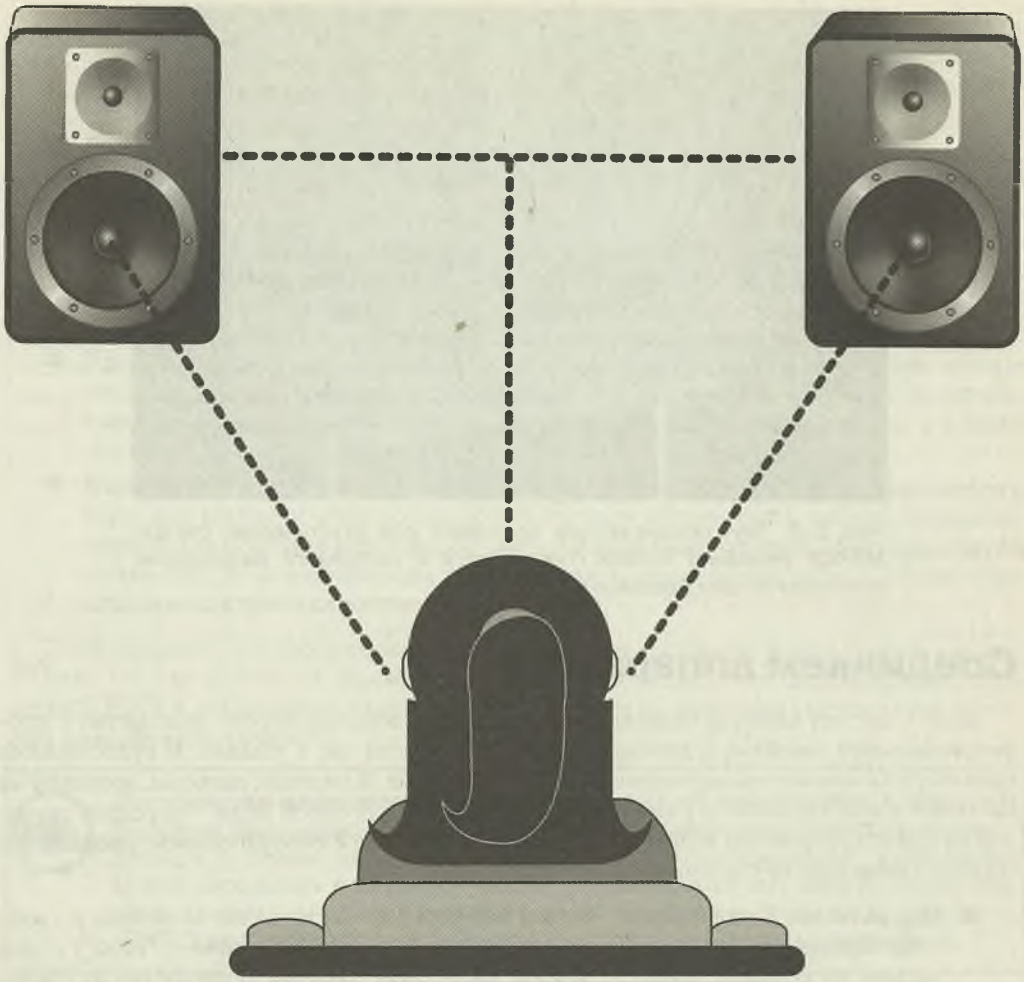


Рис. 3.2. *Общее правило размещения акустических систем стереозвука: точки размещения акустических систем и точка размещения слушателя должны находиться в вершинах равностороннего треугольника, образованного линиями, соединяющими их. Иными словами, расстояние от каждой из двух акустических систем стереопары до слушателя должно быть примерно таким же, как расстояние между акустическими системами*

- **Используйте специальные подставки.** Размещение акустической системы на полке или тумбочке создает две проблемы: звук, распространяющийся по подставке, на которой стоит акустическая система, и звук, отраженный от ее поверхности, накладываются на звук, создаваемый акустической системой, искажая его. Звукопоглощающая подставка для акустической системы позволяет устранить обе проблемы.
- **Проверяйте теорию на практике.** Общие правила не учитывают особенностей акустики конкретных помещений. Переставляйте акустические системы и другие предметы обстановки, стараясь почувствовать, как та или иная перемена отражается на звуке.

Рис. 3.3. *Звукоизолирующие подставки для акустических систем MoPAD компании* Auralex *(публикуется с любезного разрешения компании* Auralex Acoustics*)*

Соединяем аппаратуру

Если у вас нет опыта в подключении аудиооборудования, первое знакомство с профессиональным набором аудиокабелей может привести вас в уныние. В аудиотехнике используется множество вариантов кабелей и разъемов. К счастью, разъемы, несмотря на различия в конструкциях и размерах, предназначены для одной цели — передачи сигналов от одного устройства к другому. Приступая к работе с оборудованием, необходимо обратить внимание на следующее.

- **Вид разъема.** Какой разъем — вилка или розетка — установлен на панели устройства. Проще говоря, вилка (или на профессиональном жаргоне — "папа") — это разъем, из которого торчат штырьки; чаще такие разъемы встречаются на соединительных кабелях. Розетка (или на профессиональном жаргоне — "мама") — это разъем, в котором имеются дырочки (контактные гнезда, в которые входят штырьки ответной части разъема); такие разъемы чаще встречаются на панелях аппаратуры. Обе половинки разъема, кабельная вилка и панельная розетка, должны быть одного типа, чтобы вилку можно было вставить в розетку. Если кабельный разъем не подходит к панельному разъему, покупать новый кабель совсем не обязательно; проще купить переходник — переходники на тип сигнала никак не влияют.
- **Вид кабеля: коаксиальный или волоконно-оптический.** Большинство типов соединительных кабелей, используемых в аудиотехнике, — коаксиальные. Коаксиальный кабель представляет собой конструкцию, состоящую из центральной жилы, выполняющей роль сигнального проводника, которая окружена диэлектриком и поверх него — проводящим экраном, выполняющим роль земляного проводника. Экран обычно выполняется в виде спиральной обмотки или проволочной оплетки, так называемого "чулка". По коаксиальному кабелю может передаваться как аналоговый, так и цифровой сигнал — в ряде случаев аналоговые и цифровые

кабели взаимозаменяемы, а вот сигналы — нет. По волоконно-оптическому кабелю сигнал передается в виде световых импульсов, а не электрического напряжения, поэтому волоконно-оптические кабели используются исключительно для передачи цифрового сигнала.

- **Вид сигнала: цифровой или аналоговый (какой вид сигнала необходимо передать).** Аналоговый сигнал можно теоретически передавать с любого выхода на любой вход, хотя при этом могут возникнуть помехи и другие проблемы, связанные с отсутствием согласования входа и выхода по уровню сигнала. Цифровой сигнал можно подавать только на предназначенный для него вход аппаратуры, поскольку аппаратура должна его декодировать. Если подать сигнал не на тот вход, аппаратура работать не будет.
- **Уровень напряжения сигнала (аналогового).** Для передачи аналогового сигнала необходимо знать паспортный уровень сигнала на выходе передатчика и допустимый уровень сигнала на входе приемника — эти параметры у разных устройств могут отличаться.
- **Характер сигнала: моно, стерео, многоканальный (какой сигнал передается).** Если для передачи стереофонического сигнала использовать кабель, предназначенный для передачи монофонического сигнала, будет потерян один канал звука, потому что из-за неправильно выбранного соединительного кабеля сигнал этого канала не поступит на соответствующий вход.

Разобравшись в основных типах сигналов, разъемов и кабелей, используемых в аудиотехнике, вы уже никогда не перепутаете разъемы и не подключите цифровой вход стандарта S/PDIF к аналоговому выходу (ну не станете же вы засовывать сетевую вилку тостера в телефонную розетку!).

Достоинства цифрового сигнала. При передаче аудиосигнала в цифровой форме не происходит искажения его спектра и повышения уровня шумов, неизбежного в случае, если сигнал — аналоговый. Многоканальный аудиосигнал можно передавать в цифровой форме по однопроводному кабелю. Например, сигнал несжатого восьмиканального звука в цифровом формате по стандарту ADAT Optical передается по одножильному волоконно-оптическому кабелю.

Типы разъемов

Количество различных типов разъемов, используемых в аудиоаппаратуре, год за годом растет. В оборудовании, используемом в вашей студии, почти наверняка имеются разнообразные типы разъемов. В **табл. 3.1** представлены основные типы разъемов, с которыми вам, по-видимому, придется иметь дело на практике.

Откуда появилось столько разных конструкций с такими странными названиями? У каждого типа разъема обычно есть своя история возникновения. Четвертьдюймовые гнезда называют телефонными потому, что первоначально они были разработаны для использования в телефонных коммутаторах, обслуживаемых операторами. Аудиоразъем (phono) называют разъемом проигрывателя, потому что эти разъемы, впервые появившиеся в домашней стереоаппаратуре, предназначались для подключения проигрывателя ко входу усилителя; в настоящее время такие разъемы используются в CD- и DVD-проигрывателях и игровых приставках и называются аудиоразъемами или звуковыми разъемами, но их по-прежнему обозначают “phono”. Во многих случаях разъем именуется

Рис. 3.4. *К гнезду Neutrik "combo" (www.neutrik.com) подходят четвертьдюймовые TRS-вилки (штекеры) и вилки XLR. Гнезда этого типа широко используются в аппаратуре для совмещения микрофонного и линейного входов в одном разъеме, обеспечивая экономию места на панели аппаратуры (как это сделано в устройстве M-Audio 410, показанном на фотографии)*

по названию фирмы, разработавшей его, например разъем RCA, разъем TOSLINK, разработанный в компании *Toshiba* (хотя эти типы разъемов стали уже общепринятыми стандартами).

Некоторые типы разъемов имеют преимущественные области использования. Четвертьдюймовые и XLR-разъемы чаще встречаются в профессиональном оборудовании (**рис. 3.4**). Причина проста — вилка XLR крепче фиксируется в гнезде и реже выпадает из него, чем вилка 1/8-дюймового (мини-джек) разъема, который используется для подключения наушников в устройстве iPod. Разъемы RCA и 1/8-дюймовые разъемы широко используются в бытовой и переносной аппаратуре.

Среди разъемов, используемых в аудиоаппаратуре, есть разъем, заслуживающий особого внимания, — цифровой разъем TOSLINK. Разъемы этого типа все шире используются в потребительских DVD-проигрывателях и игровых приставках, а также в многоканальной цифровой аппаратуре профессионального класса. Гнездо на панели аппаратуры, в которое вставляется кабельный разъем TOSLINK, как правило, закрыто съемной защитной крышечкой во избежание его повреждения. Разъемы TOSLINK, в отличие от остальных типов разъемов, перечисленных нами, предназначены для волоконно-оптического соединительного кабеля, по которому аудиосигнал передается в закодированной цифровой форме. Светодиод на выходе передатчика генерирует оптические импульсы, которые через этот разъем поступают в волоконно-оптический кабель и по нему передаются в приемник.

Таблица 3.1. Разъемы и кабели, широко используемые в аудиоаппаратуре (краткий перечень)

Внешний вид	Тип/распространенные названия	Назначение	Цифровой/аналоговый
	Четвертьдюймовый (гитарный, для наушников, штекер, коммутационный)	Гитары, электромузыкальные инструменты, наушники, стандартные аудиовходы/аудиовыходы (линейный вход/выход)	Аналоговый
	XLR (микрофонный, симметричный)	Микрофоны, цифровые входы/выходы стандарта AES/EBU в профессиональной аппаратуре, стандартные входы/выходы в профессиональной аудио-/видеоаппаратуре (варианты с разной адресацией контактов для передачи по одному кабелю видео и стереозвука и т.д.)	Оба

Окончание табл. 3.2

Внешний вид	Тип/распространенные названия	Назначение	Цифровой/аналоговый
	1/8-дюйма (мини-джек)	Портативная электроника, бытовая электроника и наушники, звуковые разъемы компьютера	Оба
	RCA (разъем проигрывателя)	Бытовая аппаратура (особенно домашние стереокомплексы), аналоговые и цифровые входы/выходы DVD- и CD-аппаратуры, цифровые входы/выходы стандарта S/PDIF, цифровые входы/выходы стандарта digital surround, звуковые разъемы компьютера	Оба
	TOSLINK (F05, расшифровывается как "разъем для волоконно-оптического кабеля, диаметр — 5 мм"), "оптический"	Цифровые входы/выходы стандартов AES/EBU и digital surround	Цифровой
	BNC (байонетный)	Профессиональная аппаратура (шире используется не в аудио-, а в видеоаппаратуре), кабельное телевидение	Оба
	4 мм (однополюсный, "банан")	Подключение громкоговорителей, старая аппаратура; встречается все реже	Аналоговый
	Разъем громкоговорителей	Оголенные концы проводов, идущих от колонок, зажимаются в контактах разъема с помощью винтового или пружинного фиксатора (как на этой фотографии)	Аналоговый
	MIDI	Синтезаторы и режиссерские пульты	Цифровой
	USB	Подключение периферийного оборудования к компьютеру	Цифровой
	FireWire (IEEE 1394)	Подключение многоканальной цифровой аудиоаппаратуры к компьютеру, аппаратура Yamaha mLAN и другое студийное оборудование	Цифровой

Фотографии MIDI- и USB-кабелей публикуются с любезного разрешения компании *Hosa Technology, Inc.*

Распространенное заблуждение. TOSLINK — это название типа разъема, а не протокола передачи сигнала. Для передачи цифрового сигнала в аудиоаппаратуре используются такие протоколы, как AES/EBU и S/PDIF, а цифровые входы/выходы в аппаратуре могут быть оснащены не только разъемами TOSLINK, но и разъемами других типов.

Не путайте названия разъемов "phone" и "phono". Разъем "phono" (так называемый разъем проигрывателя или звуковой разъем) — это разъем типа RCA, а разъем "phone" (так называемый телефонный разъем) — это 1/2-дюймовый разъем.

Tip, Ring, Sleeve... Что все это значит?

Вы, наверное, обращали внимание на темные колечки на штырьке 1/4- или 1/8-дюймового штекера. Это колечки из изоляционного материала, отделяющие разные электрические контакты разъема друг от друга. Если на штырьке разъема два темных колечка, значит, этот разъем предназначен для передачи двух сигналов одновременно. Электрические контакты на разъеме такой конструкции называются tip (кончик), ring (кольцо) и sleeve (гильза), что соответствует их расположению на штырьке штекера. Сокращенно разъемы такой конструкции называют TRS-разъемами. Это необходимо знать, даже если вы не паяете соединительные кабели самостоятельно, предпочитая пользоваться готовыми: по стереокабелю, оснащенному с TRS-разъемами, можно передавать стереофонический сигнал, симметричный (сбалансированный) монофонический сигнал и несимметричный (несбалансированный) монофонический сигнал (чем отличаются симметричные и несимметричные разъемы, читайте далее в этой главе). Наиболее распространенные варианты разъемов такой конструкции перечислены ниже.

- **TS-разъем (Tip/Sleeve, одно изоляционное колечко на штырьке штекера).** Используется в кабельных соединениях, предназначенных для передачи монофонического сигнала, например им оснащают кабели гитар.
- **TRS-разъем (Tip/Ring/Sleeve, два изоляционных колечка на штырьке штекера).** Его еще называют *стереоразъемом*, потому что он используется в кабельных соединениях, предназначенных для передачи стереофонического сигнала. По стереокабелю передаются одновременно два сигнала — левого и правого каналов звука (**рис. 3.5**). TRS-разъем используется также в кабельных соединениях, предназначенных для передачи симметричного (сбалансированного) сигнала одного канала звука.

В микшере кабель, оснащенный TRS-разъемами, используется в качестве кабельной вставки для коммутации промежуточных входов/выходов.

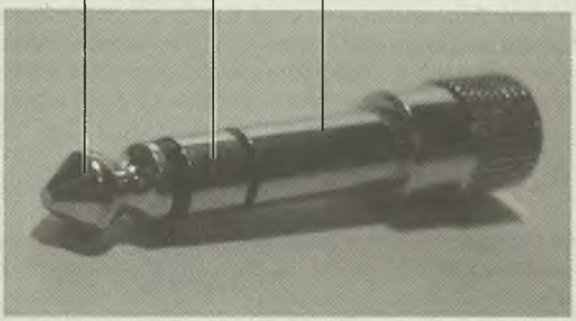


Рис. 3.5. *Четвертьдюймовый TRS-разъем*

Видеокабели

Видеокабели оснащаются во многих случаях разъемами тех же типов, которые используются в аналоговой и цифровой аудиоаппаратуре. В профессиональной видеоаппаратуре используются разъемы XLR и BNC, а в бытовой — RCA. Разъемы RCA используются в кабельных соединениях, предназначенных для передачи низкочастотного видеосигнала — *композитного* или *компонентного*. Для передачи композитного сигнала достаточно одного коаксиального кабеля, а для передачи компонентного видеосигнала требуется три таких кабеля, поскольку в этом случае необходимо передать сигналы трех каналов цветности. Существуют и другие стандарты передачи видеосигнала, например S-Video (называемый также Y/C). В кабельных соединениях, предназначенных для передачи видеосигнала по этому стандарту, обеспечивающему по сравнению с композитным сигналом расширенную глубину цвета, используется четырехконтактный разъем mini-DIN. В аппаратуре цифрового телевидения высокого разрешения, например в аппаратуре стандартов HDI и DVI, используются новые специальные разъемы.

Согласование кабелей с входами/выходами аппаратуры по типу разъема

Кабель — это всего лишь своеобразный трубопровод. Аналоговый сигнал можно передавать по любому коаксиальному кабелю, лишь бы разъемы стыковались друг с другом. Поэтому, если необходимо подключить микрофон, оснащенный разъемом XLR, ко входу, оснащенному разъемом мини-джек (1/8 дюйма), достаточно иметь для этого переходник с разъема XLR на разъем мини-джек или кабель, оснащенный соответствующими разъемами.

Не пренебрегайте местными магазинами музыкальной аппаратуры. В Бруклине (Нью-Йорк) есть специализированный магазин, в котором продаются исключительно кабели; на сайте VH1 (`www.mikeyshookup.com`) работает электронный магазин Mikey's HookUp. На специализированных коммерческих сайтах типа Griffin Technology (`www.griffintechnology.com`) имеется большой выбор кабелей, предназначенных для компьютерной аппаратуры.

Вы можете и самостоятельно изготовить необходимые кабели. Для этого необходимы паяльник и соответствующие разъемы и кабель. Подробные инструкции о том, как это делается, вы найдете на многих сайтах, например на сайте MediaCollege (`www.mediacollege.com/audio/connection`).

Где можно выбрать необходимые соединительные кабели

В случае острой необходимости обращайтесь в *Radio Shack* (`www.radioshack.com`). Торговые точки этой компании разбросаны повсюду и в них имеется достаточно широкий выбор соединительных кабелей. Более широкий ассортимент кабелей профессионального качества вы найдете в местном магазине музыкальной аппаратуры и на сайтах, перечисленных ниже.

Ведущие производители кабельной продукции

`www.monstercable.com`

`www.hosatech.com/hosa/index.html`

Специализированные сайты электронной торговли, торгующие кабельной продукцией

`www.gigcables.com/index.html`

`www.impactacoustics.com`

`www.bettercables.com`

У каждого разъема есть своя "половинка"

Шутки шутками, а на техническом жаргоне половинки разъема называют прикольно — *папа* (*male*) и *мама* (*female*). А если серьезно, то стандартизированные названия этих разъемов — *вилка* и *розетка* соответственно. Поскольку в аппаратуре могут присутствовать оба варианта разъемов, как вилка, так и розетка, как на панели одного из устройств, показанной на **рис. 3.6**, на которой стоят разъемы XLR вилка ("папа") и розетка ("мама"), большинство типов соединительных кабелей выпускается также в двух вариантах. Вилка ("папа") — это разъем со штыревыми контактами, например на конце кабеля ваших наушников стоит кабельная вилка "папа". Розетка ("мама") — это разъем с гнездовыми контактами, в которые входят штыревые контакты ответной части, т.е. вилки соответствующего типа. Подключая наушники к устройству iPod, вы вставляете разъем наушников в панельную розетку на корпусе устройства.

Кабельные разъемы — это, как правило, вилки, а панельные — розетки, хотя это правило соблюдается не всегда. Например, если необходимо удлинить соединительный кабель, то для этого понадобится кабель, на одном конце которого стоит кабельная розетка, а на другом — кабельная вилка, и разъем микрофонного входа на панели аппаратуры — это зачастую панельная вилка, а на конце микрофонного кабеля стоит соответственно кабельная розетка.

Моно, стерео и многоканальные соединения

Помимо выбора кабеля с разъемами, которые подходят к разъемам используемой аппаратуры, следует выяснить, какой сигнал звука, одноканальный или многоканальный, необходимо передавать.

Монофонический сигнал — это одноканальный сигнал. Следовательно, для передачи аналогового монофонического сигнала необходим монофонический, т.е. одноканальный, кабель (коаксиальный или экранированный) с соответствующими разъемами.

Для передачи аналогового *стереофонического сигнала* потребуются уже два монофонических кабеля: один — для передачи сигнала левого канала и другой — для передачи сигнала правого канала. Или же нужно использовать стереофонический, т.е. двухканальный,

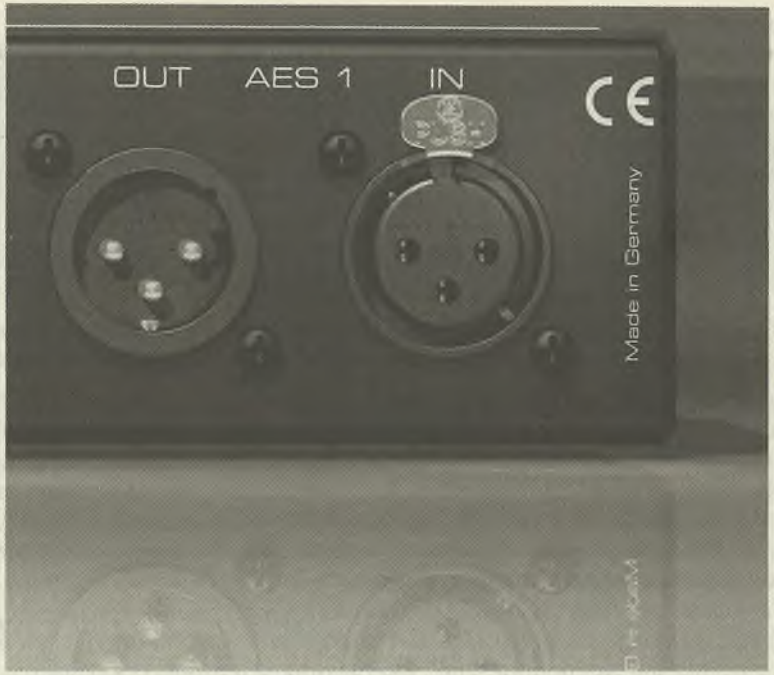


Рис. 3.6. *Панельные разъемы XLR — вилка (слева) и розетка (справа) — на панели преобразователя цифровых форматов RME ADI-4 DD (публикуется с любезного разрешения компании* RME, `www.rme-audio.com`*)*

кабель, состоящий из двух экранированных или коаксиальных проводников. По стереофоническому кабелю можно передавать монофонический сигнал, а вот по монофоническому кабелю — только сигнал одного из двух каналов стереофонического сигнала. Заметим, что по одноканальному кабелю можно передавать многоканальный сигнал, но только преобразовав его в цифровую форму.

Для передачи *многоканального сигнала*, например сигнала объемного звука в аналоговом виде, требуется специальный многоканальный кабель; либо это можно сделать путем комбинации монофонических и стереофонических кабелей и соответствующих переходников для согласования с разъемами аппаратуры. В то же время для передачи цифрового сигнала многоканального звука вполне достаточно одноканального кабеля.

Согласование входов и выходов по напряжению сигнала

Как мы уже рассказывали в главе 1, "Основы теории цифрового звука", уровень, т.е. амплитуда напряжения, аналогового электрического сигнала на выходе акустоэлектронного преобразователя (микрофона) определяется громкостью звука на его входе. Если уровень сигнала низкий, т.е. сигнал слабый, то звук, полученный с помощью электроакустического преобразователя (громкоговорителя), будет слишком тихим. При слишком высоком уровне сигнала возникнут искажения звука. Для повышения уровня сигнала служат *предварительные усилители*. Они могут быть выполнены в виде отдельных устройств или входить в схему устройства сопряжения (например, на панели может быть отдельное гнездо входа

предварительного усилителя). Зачастую сигнал микрофона, гитары, ударной установки, прежде чем поступить на вход микшера или устройства сопряжения, проходит через предварительный усилитель. Если предварительный усилитель входит в схему устройства, то для его подключения в тракт передачи сигнала используется либо коммутатор устройства, либо отдельный входной разъем. С помощью кнопки или переключателя "pro/consumer" или "line/mic" (линия/микрофон) вы можете подключать/отключать предварительный усилитель на входе устройства в зависимости от уровня напряжения сигнала, поданного на вход. Все устройства должны быть согласованы по уровню сигнала.

Линейный уровень (consumer и pro). Линейный уровень сигнала имеет два стандартных значения — для бытовой аппаратуры (consumer) и для профессиональной аппаратуры (pro). Для бытовой аппаратуры он составляет –10 дБВ (dBV)[1] (обозначается как "consumer line level" или иногда — "instrument level"), в то время как для профессиональной аппаратуры он выше и составляет +4 дБВ (dBu)[2] (обозначается как "professional line level"). Для согласования аудиоаппаратуры по уровню сигнала во многих устройствах сопряжения и микшерах предусмотрен переключатель, позволяющий выбрать один из этих двух вариантов.

Микрофонный уровень. Уровень сигнала на выходе микрофона намного ниже, он находится в диапазоне от –40 до –60 дБ; такой сигнал необходимо усилить до уровня –10 или +4 дБ, чтобы подать на линейный вход аппаратуры. Во многих устройствах сопряжения и микшера предусмотрен переключатель "mic/line" (микрофон/линия). Когда он находится в положении "mic", ко входу подключается внутренний предварительный усилитель, поднимающий уровень сигнала до стандартного линейного уровня. Когда переключатель находится в положении "line", внутренний усилитель отключается. Таким образом, в случае использования отдельного микрофонного усилителя в тракте прохождения сигнала необходимо переключить устройство сопряжения в режим входного сигнала линейного уровня — отключить внутренний предварительный усилитель.

Гитарный уровень. Сигнал, поступающий со звукоснимателя гитары, как и микрофонный сигнал, также необходимо усиливать, но уровень напряжения гитарного сигнала может находиться в более широком диапазоне — от –60 до 0 дБ. Для согласования входа аппаратуры по уровню сигнала с гитарой может быть предусмотрен переключатель, как в примере, показанном на рис. 3.7.

Для электрических (неоптических) входов/выходов цифрового аудиосигнала также регламентируется стандартный уровень напряжения сигнала, но, поскольку в аудиоаппаратуре этот параметр стандартный, вас это не должно волновать; это вопрос, который касается только разработчиков цифровой аппаратуры!

Согласование входов/выходов по сопротивлению

Сопротивление — это параметр, который измеряется в омах. Пусть даже вас не интересует физический смысл этого параметра, но необходимо знать, как правильно соединять входы и выходы аппаратуры с учетом их сопротивления. Крэйг Андертон (Craig Anderton) в своей книге *Home Recording for Musicians* (Amsco) пишет: "Для того чтобы в аудиокомплексе передать сигнал с выхода на вход с минимальными потерями, в большинстве случаев входное сопротивление приемника сигнала на входе, на который подается сигнал, должно примерно десятикратно превышать выходное сопротивление источника сигнала на выходе, с которого поступает сигнал".

---

[1] Что соответствует напряжению 0,32 В. — *Прим. перев.*

[2] Что соответствует напряжению 1,23 В. — *Прим. перев.*

1. Гнезда левого и правого каналов выхода
2. Симметричный одноканальный (моно) линейный/инструментальный вход — гнездо четвертьдюймового разъема TRS
3. Симметричный одноканальный (моно) микрофонный вход — гнездо разъема XLR

Рис. 3.7. *Типичный вариант входов/выходов аудиоаппаратуры — панель устройства сопряжения M-Audio Fast Track USB. Кнопка выбора уровня входного сигнала позволяет выбрать один из двух вариантов — гитарный уровень или линейный уровень (публикуется с любезного разрешения компании* M-Audio*)*

Правильный выбор варианта подключения с учетом входного сопротивления приемника сигнала и выходного сопротивления источника сигнала особенно важен при подключении выхода электрогитары. Неправильный выбор входа приведет к искажению спектра сигнала звука инструмента: звук будет глухим, невыразительным. Выход — подавать сигнал на вход, предназначенный специально для подключения гитары. В ряде моделей устройств сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером и микшеров такие входы предусмотрены. Но чаще всего электрогитару подключают к аппаратуре обработки звука через специальный гитарный усилитель, обеспечивающий согласование электрогитары с аппаратурой по уровню сигнала и входному/выходному сопротивлению.

Шумы и фон переменного тока

Любому, кто имеет опыт работы с аудиоаппаратурой, знаком громкий фон, возникающий в громкоговорителях при подключении аппаратуры и включении ее в рабочий режим. Компьютерное оборудование цифровой звукозаписи не является исключением, поскольку и оно питается от сети переменного тока. При неправильном заземлении, т.е. при нарушении надлежащей развязки сигнальных цепей от цепей питания, на полезный сигнал накладываются помехи в виде шумов и фона переменного тока.

В схеме любого радиоэлектронного устройства, в том числе аудиоаппаратуры, все напряжения "привязаны" к внутренней земле схемы, потенциал которой принимается равным нулю, и все напряжения измеряются относительно внутренней земли схемы. Благодаря этому обеспечивается возможность выделения полезного сигнала на фоне помех. При соединении радиоэлектронных устройств сигнальным кабелем земляной проводник кабеля соединяет их внутренние земли, уравнивая их потенциал. Эта так называемая сигнальная земля может быть и не привязана к потенциалу земли, как это имеет место в цепи заземления аппаратуры, но сигнальные цепи всех радиоэлектронных устройств, соединенных между собой, оказываются привязанными к одному общему опорному потенциалу. К сожалению, соединение радиоэлектронных устройств между собой таит в себе опасность возникновения паразитного контура заземления. Если в схеме соеди-

ненных между собой радиоэлектронных устройств существует несколько соединений с точкой заземления по сети питания, вследствие неодинаковости их сопротивлений по паразитному контуру заземления протекает ток, который создает наводку (фон) частотой 50 Гц в сигнальных кабелях, соединяющих аудиоаппаратуру, которые действуют, как радиоантенны. Самой распространенной причиной фона сети питания являются паразитные петли заземления аппаратуры. В сетевом кабеле питания любого радиоэлектронного устройства предусмотрен третий, заземляющий, провод, которым устройство через сетевую вилку и розетку соединяется с общей точкой заземления электрооборудования в здании. Подключение всех устройств, которые соединены между собой сигнальными кабелями, к сети питания через одну сетевую розетку уменьшает вероятность возникновения паразитных контуров заземления, хотя не устраняет ее полностью.

Проще говоря, самый простой и надежный способ избавиться от сетевых наводок — подключить все оборудование студии к сети через одну общую сетевую розетку. Если полностью устранить фон сети таким способом не удается, то используются следующие два способа борьбы с сетевым фоном. Если вы умеете пользоваться паяльником, отпаяйте земляной провод (экран) на одном конце сигнального кабеля от разъема (на одном, а не на обоих концах, так как экран обеспечивает защиту от радиопомех!). Еще один способ — отсоединить с помощью переходника одно из устройств от общей цепи заземления по сети питания (с помощью переходника с трехконтактной вилки на двухконтактную). Но не следует делать это для всех устройств одновременно, так как в этом случае на корпусе аппаратуры может появиться "плавающий потенциал земли", опасный для жизни. Другие возможные варианты борьбы с помехами и фоном сети обсуждаются в разделе "Азбука защиты от помех".

Симметричное и несимметричное подключения

Симметричное подключение является эффективным средством снижения уровня помех, особенно при большой длине соединительных кабелей. Симметричное подключение осуществляется трехпроводным кабелем — два сигнальных провода плюс земляной. Такое подключение называют еще *балансным*; один из сигнальных проводов служит для передачи исходного сигнала, а другой — инвертированной копии этого же сигнала. Исходный сигнал, так называемый "hot", "сбалансирован" относительно земли инверсным сигналом, так называемым "cold". При симметричном подключении в приемнике (микшере или компьютерном аудиоинтерфейсе), на вход которого поступают оба сигнала, инверсный ("cold") сигнал повторно инвертируется и суммируется с исходным ("hot") сигналом. При этом синфазные помехи, наложившиеся на оба сигнала в процессе передачи по кабелю, взаимно нейтрализуются за счет того, что при инвертировании инверсного ("cold") сигнала они превращаются в противофазные помехи.

В бытовой аудиоаппаратуре используются, как правило, несимметричные входы/выходы, оснащаемые разъемами RCA, и мини-джек (стереовходы/стереовыходы). Поскольку бытовая аудиоаппаратура используется в простых вариантах подключения и не требуется длинных соединительных кабелей, производители экономят за счет отказа от использования симметричных схем подключения. Но чем больше длина соединительного кабеля, тем выше уровень шумов, проникающих на вход через кабельное соединение, поэтому в профессиональной аппаратуре предпочтение отдается симметричным входам/выходам, оснащаемым разъемами XLR и TRS. В **табл. 3.2** приведен краткий обзор разъемов, используемых в симметричных/несимметричных вариантах подключения.

Как возникает паразитный контур заземления

Благодаря электричеству у нас есть возможность реализовать технологию цифровой звукозаписи, но электричество может быть и врагом. В схеме соединения аудиоаппаратуры, которая приведена на **рис. 3.8**, имеется паразитный земляной контур в цепи питания аппаратуры. Заземление в зданиях выполняется обычно в одном месте, на цокольном этаже или в подвале. Защитные контакты всех сетевых розеток, установленных в здании, должны быть присоединены к этому заземлению. Если все оборудование подключено к сети питания через одну розетку, то проблемы не возникает. Она возникает в том случае, когда электрически связанные друг с другом устройства (например, компьютер и активная акустическая система) подключены к сети питания через разные розетки. Вследствие неравенства сопротивлений соединений на землю в контуре заземления, образованном соединенными между собой устройствами, протекает ток, который создает фон, накладывающийся на полезный сигнал.

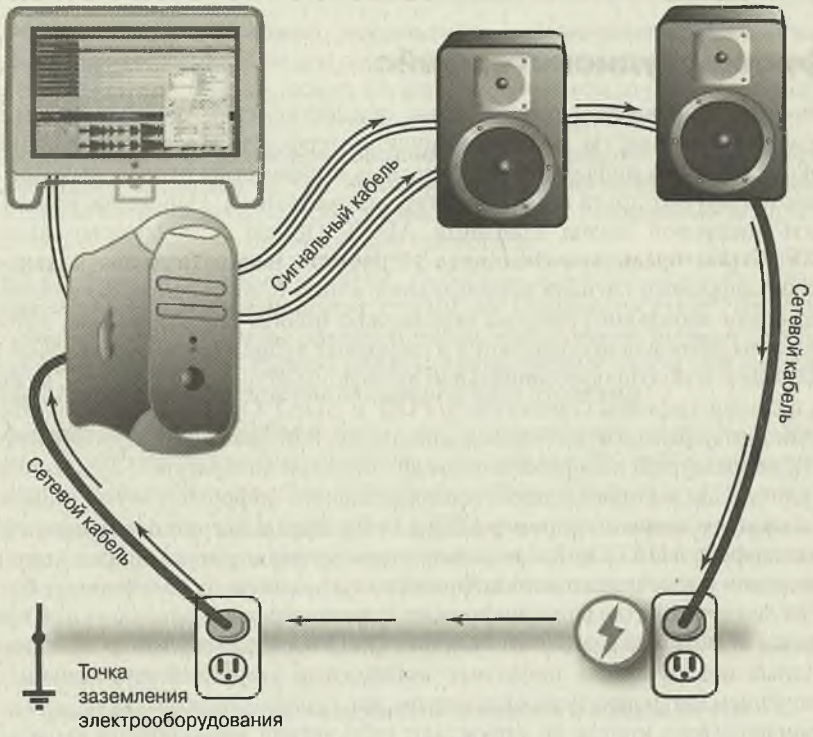


Рис. 3.8. *В данном примере подключения аппаратуры к сети возникает один паразитный контур заземления. При неправильном заземлении аппаратуры возможно возникновение и нескольких паразитных контуров заземления, но результат будет тот же — наложение фона переменного тока на полезный сигнал*

Таблица 3.2. Краткий перечень разъемов, используемых в симметричных/несимметричных вариантах подключения

Симметричный вход/выход	
Одноканальный (монофонический) — 1/4-, 1/8-дюймовый TRS-разъем	сигнал, инверсный сигнал, земля
Аналоговый, цифровой — разъем XLR	3 контакта: сигнал, инверсный сигнал, земля
Несимметричный вход/выход	
Одноканальный (монофонический) — 1/4-, 1/8-дюймовый TS-разъем	сигнал, земля
Стереофонический — 1/4-, 1/8-дюймовый TRS-разъем	правый канал, левый канал, земля
Аналоговый, цифровой — разъем RCA	сигнал, земля

Цифровой аудиоинтерфейс

Передача цифрового аудиосигнала осуществляется по различным *протоколам* (стандартам). Стандарты цифрового аудиоинтерфейса, регламентирующие параметры протокола передачи цифрового аудиосигнала и параметры входов/выходов аппаратуры, отличаются друг от друга и, по существу, несовместимы. Например, нельзя просто подключить цифровой выход стандарта ADAT Optical к цифровому входу стандарта S/PDIF. Чтобы правильно соединить устройства, необходимо знать, какие протоколы передачи цифрового сигнала используются в них. К сожалению, по внешнему виду панельного или кабельного разъема невозможно понять его назначение, потому что одни и те же типы разъемов используются в цифровых аудиоинтерфейсах разных стандартов.

В бытовой и полупрофессиональной аудиоаппаратуре используются, в основном, цифровые аудиоинтерфейсы стандартов S/PDIF и ADAT Optical. В большинстве компьютерных аудиоинтерфейсов используется один из них или даже оба. Цифровой аудиоинтерфейс S/PDIF используется в цифровой стереофонической аппаратуре и аудиоаппаратуре, предназначенной для воспроизведения многоканального цифрового звука, записанного в формате со сжатием данных, например DTS и Dolby Digital Surround, в то время как цифровой аудиоинтерфейс ADAT Optical используется в аудиоаппаратуре, предназначенной для воспроизведения восьмиканального цифрового звука, записанного в формате без сжатия данных. Поскольку эти стандарты цифрового аудиоинтерфейса используются практически во всех видах аудиоаппаратуры — от бытовых DVD-проигрывателей до электромузыкальных клавишных инструментов, цифровых микшеров и устройств звукозаписи, — проблем с подключением цифровой аудиоаппаратуры, как правило, не возникает.

Производители иногда не утруждают себя четкой маркировкой входов/выходов, но обычно об их назначении догадаться несложно. Например, входы/выходы S/PDIF столь привычны в аудиоаппаратуре, что для их обозначения может быть использована маркировка типа “optical” или “digital”.

Для профессиональной аудиоаппаратуры характерно использование несколько иных вариантов стандартов цифрового аудиоинтерфейса, чем в бытовой и полупрофессиональной аппаратуре. В аппаратуре Digidesign Pro Tools|HD и другом аудиооборудовании профессионального класса используется цифровой аудиоинтерфейс AES/EBU. В этом стандарте цифрового аудиоинтерфейса, известном также под названием AES3, используется симметричное подключение и оснащение входов/выходов разъемами XLR, что обеспе-

чивает увеличение длины соединительного кабеля и повышение надежности разъемных соединений; в результате этот цифровой аудиоинтерфейс лучше приспособлен к жестким условиям работы. Хотя стандарт AES3 считается общепринятым стандартом цифрового аудиоинтерфейса профессиональной аппаратуры, цифровые аудиоинтерфейсы ADAT Optical компании *Alesis* и TDIF компании *Tascam* также широко используются в многоканальных цифровых аудиосистемах (**табл. 3.3**).

Азбука защиты от помех

Вы не знаете, как избавиться от сетевых наводок и других помех в своей аудиоаппаратуре? Прежде всего необходимо установить источник помех. Для этого отключите все устройства и отсоедините их друг от друга. Затем поочередно подключайте аппаратуру к усилителю, устройство за устройством, чтобы установить, какое из них создает помехи. Для устранения наводок и шумов в аппаратном комплексе аудиозаписи следуйте правилам, приведенным ниже.

- **Везде, где это возможно, используйте симметричные входы/выходы аппаратуры.** Кабели для соединения несимметричных входов/выходов старайтесь сделать как можно более короткими (было бы просто идеально, если бы они были длиной не более полутора-двух метров).
- **Подключайте аудиооборудование к одной общей линии сетевого питания.** "Запитывайте" аппаратуру через разветвитель, подключенный к одной сетевой розетке, обеспечив тем самым соединение аппаратуры с точкой заземления одним общим проводом.
- **Не скручивайте кабели в мотки.** Любители аудиотехники часто закручивают кабель микрофона вокруг стойки, на которой он стоит. Это плохая привычка: тем самым вы создаете очень эффективную антенну для приема сетевых наводок! Кабели должны лежать ровно; чтобы они не скручивались, скрепите их скотчем или кабельными стяжками.
- **Аккуратно храните кабели.** Если у вас масса кабелей, не сбрасывайте их в кучу, а рассортируйте и аккуратно сложите; используйте кабельные катушки и другие подходящие средства, проследите, чтобы кабели не перепутывались.
- **Размещайте сетевые кабели подальше от сигнальных кабелей.** Сетевой кабель является источником помех, которые могут проникать даже в экранированные сигнальные кабели. Разнесите сетевые и сигнальные кабели подальше, насколько это возможно, друг от друга; следите за тем, чтобы в точках пересечения, если таковые имеются, эти кабели располагались перпендикулярно друг другу.
- **Не скрепляйте сетевые и сигнальные кабели в общие жгуты.**
- **Позаботьтесь об экранировании.** Экранированные аудиокабели и провода акустических систем обеспечивают повышенную защиту от помех. Сетевые разветвители с целью дополнительной защиты от помех часто оснащаются помехоподавляющими фильтрами, а в акустических системах, предназначенных для подключения к компьютеру, предусматривается особое экранирование.
- **Устраняйте источники помех.** Компьютерные мониторы, сотовые телефоны, импульсные блоки питания и множество других типов радиоэлектронных устройств создают помехи. Некоторые "шумят" настолько сильно, что

подавляют полезный сигнал. Чтобы проверить, не является ли то или иное устройство источником помехи, отодвиньте его подальше от аудиоаппаратуры и громкоговорителей и посмотрите, как это скажется на уровне помех.

Разбираться в разнообразных цифровых аудиоинтерфейсах нужно, но вот какой из них вы будете использовать на практике — это целиком зависит от того, каким из них оснащено оборудование цифровой звукозаписи, выбранное вами.

Соединять устройства, оснащенные цифровым аудиоинтерфейсом, лучше всего по каналу цифрового звука. Аналоговый канал имеет смысл использовать в том случае, если устройство не имеет цифрового аудиоинтерфейса или аналоговая обработка сигнала обеспечивает возможности, недоступные цифровой технологии.

При соединении аудиоаппаратуры по каналу цифрового звука одно из устройств служит *задающим тактовым генератором*, обеспечивающим синхронизацию остальных устройств (тактовый сигнал — высокочастотный импульсный сигнал, по которому осуществляется синхронизация работы цифровой аппаратуры). В случае двух цифровых устройств, например S/PDIF-выход синтезатора подключен к S/PDIF-входу компьютерного аудиоинтерфейса, устройство — приемник сигнала синхронизируется по тактовому сигналу, поступающему от устройства — передатчика сигнала. Но, если в состав аппаратного комплекса входит несколько цифровых устройств, например цифровой микшер, к которому подключено несколько источников цифрового аудиосигнала, необходимо внимательно ознакомиться с информацией по синхронизации аппаратуры, приведенной в соответствующих руководствах по эксплуатации. В профессиональных студиях звукозаписи используются специальные высококачественные источники синхросигнала, по которому осуществляется синхронизация работы всей цифровой аппаратуры. Если, работая с аппаратным комплексом, имеющим в своем составе несколько цифровых устройств обработки звука, вы заметите щелчки и треск в звуке, не исключено, что причиной этого является нарушение синхронизации цифровых устройств.

Устали от проблем, связанных с сопряжением аппаратуры, оснащенной цифровыми аудиоинтерфейсами разных стандартов?

Если в вашем распоряжении имеется множество цифровых устройств и вы хотите облегчить задачу их комбинирования, не испытывая ограничений, связанных с разными стандартами цифровых аудиоинтерфейсов, используйте цифровой коммутатор/преобразователь стандартов цифрового аудиоинтерфейса, например, СОЗ компании *M-Audio*. Это устройство оснащено множеством входов/выходов, осуществляет преобразование любых стандартов цифрового аудиоинтерфейса из одного в другой и выполняет множество других функций, например коммутацию входов и коррекцию джиттера, обеспечивая решение широкого круга проблем, связанных с подключением цифровой аппаратуры.

Что понимается под словом “Pro”?

Стандарты AES/EBU и S/PDIF цифрового аудиоинтерфейса, подобно многим другим стандартам аппаратного интерфейса, относятся к разным категориям: первый — к категории “pro” (профессиональное оборудование), второй — к категории “consumer” (бытовая аппаратура). В профессиональном оборудовании используются оба стандарта, так почему же стандарт AES/EBU, регламенти-

рующий использование разъемов XLR, считается "pro" и более характерен для оборудования профессиональных студий звукозаписи и концертной аппаратуры?

- **Износостойкость.** В бытовой аудиоаппаратуре предпочтительными являются более дешевые типы разъемов и кабелей, не отличающиеся высокой износостойкостью. Артисты, выступающие перед многотысячными аудиториями поклонников каждый вечер, не будут экономить на качестве — им куда важнее, чтобы кабель стойко выдерживал любые нагрузки.
- **Надежность соединения.** В бытовой аппаратуре предпочтение отдается разъемам типа RCA и "мини-джек" (1/8-дюйма), которые держатся в гнездах не так прочно, как это необходимо для профессионального оборудования, в котором используются сотни кабелей. Разъемы BNC и XLR не столь изящны и миниатюрны, но вилки в гнездах держатся куда надежней и их не так легко вытащить.
- **Низкий уровень помех, большая длина кабеля.** В домашних условиях полутора-двухметрового кабеля вполне хватает, но профессионалам иногда требуется кабель тридцатиметровой длины, а то и более. Даже для цифрового аудиосигнала потери в линии передачи такой длины оказываются достаточно большими, вот почему профессионалы, выбирая концертное оборудование, отдают предпочтение аппаратуре стандарта AES/EBU, а не S/PDIF.

Конечно, высокое качество кабельных соединений — вещь желательная не только профессионалов. Даже кабели так называемой потребительской категории, оснащенные разъемами "мини-джек" и RCA, отличаются по качеству и, соответственно, цене. Не стоит экономить на качестве кабеля — дешевый кабель, как правило, рвется быстро и не обеспечивает надежного экранирования от помех. Кабель профессионального качества — это надежность и качество звука.

Таблица 3.3. Краткий перечень стандартов цифрового аудиоинтерфейса

Стандарт цифрового аудиоинтерфейса	Расшифровка названия	Другие общеупотребительные названия	Область применения	Типы разъемов
S/PDIF (произносится как "спидиф" или "эс-пи-диф")	Sony/Phillips Digital Interconnect Format (стандарт цифрового аудиоинтерфейса Sony/Phillips)	SPDIF (без косой черты), несимметричный цифровой аудиоинтерфейс, "оптический", "цифровой коаксиальный" или просто "цифровой" — цифровой аудиоинтерфейс стандарта IEC958	Бытовая стационарная аудиоаппаратура, переносное оборудование звукозаписи/воспроизведения, компьютерные аудиоинтерфейсы, разнообразная аудиоаппаратура бытовой, полупрофессиональной и профессиональной категорий	RCA, TOSLINK, BNC

Окончание табл. 3.3

Стандарт цифрового аудиоинтерфейса	Расшифровка названия	Другие общеупотребительные названия	Область применения	Типы разъемов
ADAT Optical	Alesis Digital Audio Tape (стандарт цифровой записи, разработанный компанией *Alesis*)	Световодный или просто "АДАТ"	Многоканальная аудиоаппаратура компании *Alesis* и других производителей, многие компьютерные аудиоинтерфейсы, стандартный аудиоинтерфейс в компьютерах Power MacGS компании *Apple*	TOSLINK
AES/EBU	Audio Engineering Society/ European Broadcast Union (стандарт общества инженеров-акустиков США/ Европейского союза по широковещанию)	AES3, цифровой с симметричным выходом	Профессиональное оборудование	XLR (AES3), BNC (AES3id, встречается редко)
TDIF (произносится как "тидиф" или "ти-ди-эф")	Tascam Digital Interface Format (цифровой аудиоинтерфейс, разработанный компанией *Tascam*)	"DA-88" (по названию магнитофона, в котором впервые был использован этот аудиоинтерфейс)	Многоканальное аудиооборудование компании *Tascam* и других производителей, поддерживающих этот стандарт	Специальный 25-контактный разъем

Учимся правильно подключать аппаратуру на реальных примерах

Теперь, после знакомства с разнообразными цифровыми аудиоинтерфейсами и типами разъемов, вам уже будет легче разобраться в разъемах, которыми оснащаются кабели и панели профессиональных микшеров и устройств сопряжения с компьютером.

Самый надежный способ не перепутать входы/выходы аппаратуры при ее подключении — не торопиться и вдумчиво разбираться в оснащении приборных панелей. Для серийной аппаратуры характерны стандартные варианты структурных схем, конструкций и оснащения разъемами.

На **рис. 3.9** и **3.10** показаны типичные примеры оснащения приборных панелей, с которыми вам придется иметь дело при подключении аудиоаппаратуры. Оснащение приборных панелей устройства сопряжения (компьютерный FireWire-аудиоинтерфейс) MOTU Traveler и микшера Mackie Onyx типично для изделий этого назначения, выпускаемых разными производителями. Профессионалы отдают предпочтение этим устрой-

ствам отчасти и потому, что оснащение их приборных панелей продумано и рассчитано на множество возможных вариантов подключения. Разобравшись в оснащении этих образцов приборных панелей, вы уверенно разберетесь в подключении любой аудиоаппаратуры в собственной студии, даже если имеете дело с ней впервые.

Компьютерный аудиоинтерфейс

Не пренебрегайте технической документацией. В хороших инструкциях по эксплуатации радиоэлектронных устройств обязательно приводятся схемы различных вариантов ее подключения. Не поленитесь изучить их. Большинство производителей, как правило, выпускают к своей аппаратуре электронные руководства, распространяемые через Интернет. Прежде чем покупать то или иное устройство, оцените качество эксплуатационной документации.

1. 1–4: гнезда Neutrik ; "MIC/INSTRUMENT INPUTS" — комбинированные разъемы, "микрофонный инструментальный" входы с предварительными усилителями (аналоговые)
2. 5–8: разъемы TRS; входы (аналоговые)
3. 1–8: разъемы TRS; выходы (аналоговые)
4. Разъемы RCA: несимметричный вход и выход стандарта S/PDIF (цифровые)
5. Разъемы сигнала синхронизации (цифровые)
6. Разъемы стандарта FireWire 400 (цифровые)
7. Симметричный вход/выход стандарта AES/EBU (цифровые)

Рис. 3.9. *На задней панели MOTU Traveler — устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером по шине FireWire — установлен полный арсенал разъемов различных типов, используемых в аппаратуре цифровой звукозаписи. Справа расположены восемь разъемов аналоговых входов и восемь разъемов аналоговых выходов, разъемы цифровых входов/выходов находятся слева; и те, и другие можно использовать одновременно (публикуется с любезного разрешения компании* Mark of the Unicorn*)*

Компьютерный аудиоинтерфейс — это устройство сопряжения, необходимое для подключения гитар, электромузыкальных клавишных инструментов, микрофонов, проигрывателей и аппаратуры цифровой записи к компьютеру независимо от того, сколько каналов звука записывается — один или множество. Ниже приведено подробное объяснение назначения разъемов на панели, показанной на рис. 3.9.

Аналоговые входы/выходы

Ко входам 1–8 можно подключить одновременно до восьми источников аналогового аудиосигнала. Это может быть любая комбинация музыкальных инструментов, оборудования и микрофонов.

1. Входы 1–4 оснащены внутренними предварительными усилителями для инструментов и микрофонов. В устройстве MOTU используются комбинированные разъемы Neutrik "combo", обеспечивающие возможность подключения кабеля как с симметричным разъемом XLR, так и с четвертьдюймовым TRS-разъемом, по-

этому волноваться о том, каким разъемом оснащен кабель инструмента или микрофона, не приходится.

2. Входы 5–8, оснащенные TRS-разъемами, рассчитаны на подключение как симметричных, так и несимметричных выходов источников сигнала. В случае необходимости к этим входам можно подключать и микрофон, но только через внешний предварительный усилитель.
3. Выходы 1–8, оснащенные TRS-разъемами, рассчитаны на подключение как к симметричным, так и к несимметричным входам приемников сигнала. Многим пользователям достаточно стереовыхода для подключения к усилителю или активным акустическим системам. Для этого предназначены выходы 1–2, на что указывает их маркировка "main". Выходы 3–8 используются в многоканальных системах записи/воспроизведения звука или для других целей, например для индивидуальной обработки дорожек многоканальной звукозаписи с использованием дополнительной аналоговой аппаратуры эффектов или для подключения к аналоговому микшеру.

А в ответ — тишина...

С подобной ситуацией сталкиваются все — и неискушенные любители и профессионалы с многолетним опытом: все подключено, кажется, так, как надо, а работать не хочет. Только не впадайте в отчаяние. Ищите ошибку педантично — шаг за шагом, следуя описанной ниже процедуре.

1. **Проследите путь сигнала.** Если для сигнала определен маршрут следования, значит, проблема возникла где-то на этом маршруте. Идите от источника сигнала, проверяя наличие сигнала в каждой точке подключения, до конечного пункта назначения.
2. **Не полагайтесь только на свой слух.** В любом устройстве есть визуальные индикаторы; они должны реагировать на сигнал, поступающий на вход устройства.
3. **Проверьте положение регуляторов усиления, переключателей "mute" и "solo".** Непонятно, по какой причине, но в популярных моделях микшеров очень часто маркировка на регуляторах усиления наносится темным цветом на темном поле, а кнопки "mute" и "solo" сконструированы так, что не поймешь, в каком положении — "включено" или "выключено" — они находятся.
4. **Замените кабели.** Хороший способ проверить качество соединения — заменить кабель таким же, заведомо исправным. Кабели постоянно выходят из строя, и самый простой способ проверить, не в них ли кроется проблема, — заменить их.

Цифровые входы/выходы

Цифровые входы/выходы используются для подключения цифровой аудиоаппаратуры с целью использования архива цифровых звукозаписей, осуществления звукозаписи на компакт-диск или копирования цифровых записей на другой компьютер. Входы/выходы тактовой синхронизации обеспечивают надежную синхронизацию работы цифрового оборудования, что особенно необходимо для решения таких задач, как озвучивание видеозаписей.

1. Несимметричные цифровые входы/выходы стандарта S/PDIF, оснащенные разъемами RCA, предназначены для подключения "бытовой" цифровой аппарату-

ры. Обратите внимание на то, что в рассматриваемом нами примере на приборной панели установлены один входной и один выходной разъемы. В отличие от аналоговых входов/выходов цифровые входы/выходы служат для передачи сигнала, в котором может быть закодирован многоканальный звук.

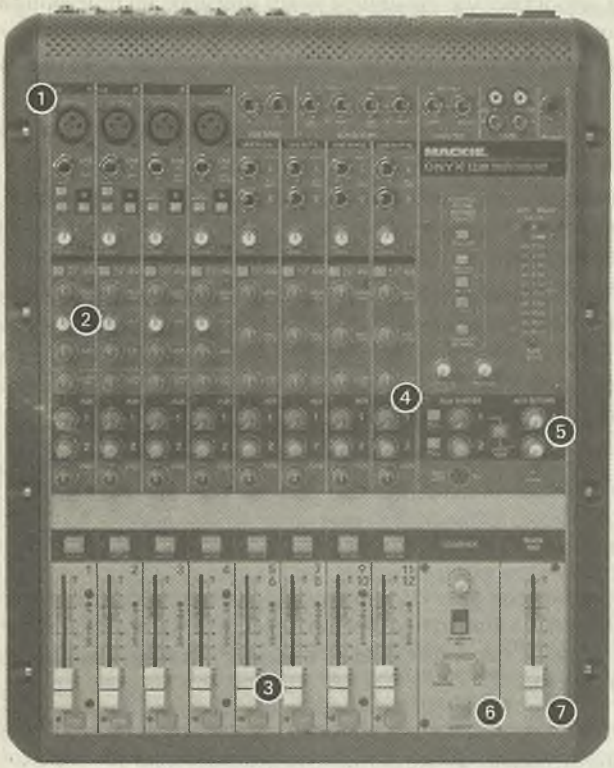
2. Эти разъемы служат для создания канала передачи/приема тактового сигнала, по которому осуществляется синхронизация работы цифрового оборудования.
3. Разъемы Fire Wire предназначены для подключения устройства к компьютеру. Через них на устройство может даже подаваться питание, если это предусмотрено аппаратной архитектурой компьютера.
4. Симметричные цифровые входы/выходы стандарта AES/EBU, оснащенные разъемами XLR, предназначены для подключения цифрового оборудования категории "pro". Поскольку в цифровой аудиоаппаратуре больше распространены цифровые входы/выходы стандарта S/PDIF, оснащаемые разъемами RCA, разъемы во многих случаях остаются незадействованными.

На фотографии, приведенной на рис. 3.9, отсутствуют входы/выходы стандарта MIDI, поскольку они расположены на боковой панели этого устройства сопряжения.

Аппаратный микшер

Микшеры обеспечивают широчайшие возможности коммутации входов/выходов, позволяя использовать самые разнообразные аппаратные средства обработки звука, звукозаписи и воспроизведения, как аналоговые, так и цифровые, и манипулировать параметрами звукозаписей без участия компьютера.

1. В микшере Onyx, как и в устройстве сопряжения Traveler, имеется четыре аналоговых входа с предварительными усилителями. Обратите внимание на то, что входы 1–2, на которых установлены четвертьдюймовые разъемы (типа "джек"), несимметричны. Это гитарные входы, согласованные по входному сопротивлению с выходным сопротивлением звукоснимателя электрогитары. К этим входам можно подключать электрогитару напрямую, а не через гитарный усилитель, но при большой длине гитарного кабеля он обязательно понадобится, поскольку эти входы — несимметричные.
2. Во всех каналах звука имеются независимые эквалайзеры. На приборной панели микшера установлены отдельные регуляторы независимой коррекции АЧХ в каждом канале звука. Помимо этого, во всех каналах имеются регуляторы "aux" (от "auxiliary" — "вспомогательный") для отвода сигнала, частично или полностью, через вспомогательные выходы в другие устройства. Даже при использовании компьютерных инструментов обработки сигнала встроенный эквалайзер микшера часто оказывается совсем не лишним, а, возможно, более удобным инструментом коррекции звука.
3. Даже в случае использования виртуального компьютерного микшера аппаратный микшер все равно может оказаться предпочтительнее для контроля звука. Например, подаем сигнал с аудиовыхода компьютера на стереовход 5–6 — и получаем регулятор уровня (мастер-федер с нулевой задержкой) канала прослушивания выходного сигнала компьютерного микшера. Подключаем микрофон на вход 1, гитару — на вход 2, а клавишный электромузыкальный инструмент — на стереовход 7–8. Теперь любой из этих входных сигналов можно с помощью программных средств превратить в дорожку цифрового звука, записанную на компьютере,



1. Входы с предварительными усилителями
2. Регуляторы встроенных эквалайзеров
3. Регуляторы уровня стереосигнала
4. Канальный регулятор уровня сигнала, передаваемого на вспомогательный (AUX SEND) выход микшера
5. Регулятор уровня возвращаемого сигнала, поданного на вспомогательный (AUX RETURN) вход микшера
6. Кнопка канала голосовой связи Talkback
7. Основные выходы (L/R)

Рис. 3.10, а. *По дизайну Mackie Onyx 1220 подражает аналоговым микшерам серии Mackie 1202, пользовавшимся большим успехом. Такой дизайн типичен для многих портативных микшеров. Конечно, первое, что обращает на себя внимание, — обилие разъемов, кнопок и регуляторов. Это вовсе не значит, что в процессе работы приходится пользоваться всеми этими возможностями. Достоинство традиционных аппаратных микшеров заключается в том, что они обеспечивают практически неограниченные возможности манипулирования аудиосигналами, когда это требуется, и все входы/выходы и органы управления находятся на виду, под рукой, что очень удобно (публикуется с любезного разрешения компании* Loud Technologies, Inc.*)*

одновременно воспроизводя записываемый звук и корректируя его на слух. Только не умудритесь при записи вернуть сигнал, поданный на стереовход 5–6 микшера, обратно в компьютер — это приведет к возникновению контура обратной связи и катастрофическим последствиям.

4. Уровень сигнала на вспомогательном выходе “AUX SEND“ регулируется отдельными, специально предусмотренными регуляторами. С этого выхода можно передавать сигнал на удаленные акустические системы или внешнюю аппаратуру обработки звука.
5. Вспомогательный вход “AUX RETURN“ предназначен для приема *возвращаемого сигнала*, поступающего с выхода внешней аппаратуры обработки звука. Например, сигнал с выхода “AUX SEND” микшера подается на вход цифрового устройства задержки, а задержанный сигнал возвращается на вход “AUX RETURN” микшера.

6. Канал Talkback предназначен для обеспечения голосовой связи между исполнителем, находящимся в зале звукозаписи, и аппаратной или между аппаратной консолью в зрительном зале и сценой.
7. Поскольку основные выходы размещены в верхней части лицевой панели микшера, к ним удобнее всего подключать аппаратуру звукозаписи для записи выходного стереозвука на выходе микшера.

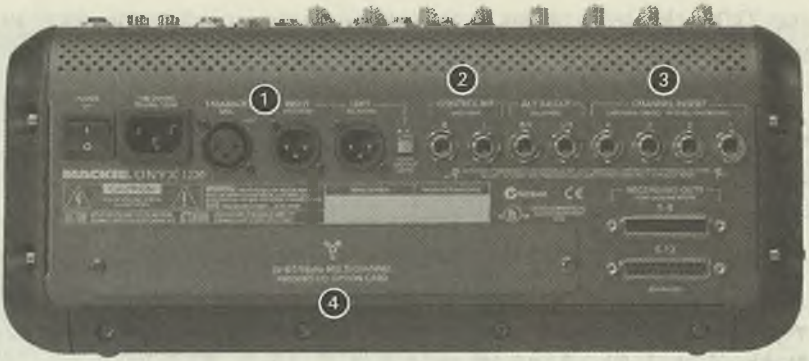
Микшер или устройство сопряжения с компьютером?

В последние годы различие между музыкальными компьютерами, компьютерными устройствами сопряжения и микшерами по функциональным возможностям стало куда менее заметным.

- Компьютер может работать микшером: подключив к компьютеру устройство сопряжения с компьютером, можно превратить любой компьютер в микшер.
- Устройство сопряжения с компьютером может использоваться в качестве микшера. Такому устройству, как MOTU Traveler, компьютер просто не нужен. В автономном режиме работы это устройство является полноценным цифровым микшером.
- Микшер может одновременно служить устройством сопряжения с компьютером. Например, микшер The Mackie Onyx, хотя по внешнему виду он практически не отличается от уже знакомых нам традиционных аналоговых микшеров компании *Mackie*, если его "дооснастить" интерфейсной платой FireWire, превращается в устройство сопряжения с компьютером.

Несмотря на то что по основным функциональным возможностям эти категории аудиооборудования пересекаются друг с другом, все они по-своему незаменимы. У устройства сопряжения MOTU Traveler возможности манипулирования аудиосигналами куда меньше, чем у Mackie Onyx: для коммутации и регулировки параметров каналов звука имеется лишь несколько органов управления на передней панели с небольшим ЖК-экраном. С другой стороны, микшер Mackie Onyx намного дороже и уступает по портативности MOTU Traveler. До тех пор, пока мир не стал полностью виртуальным и мы не отказались от реальных вещей, будет существовать потребность в реальных инструментах, а следовательно, и эти три категории аудиоаппаратуры будут оставаться, по крайней мере внешне, неизменными.

В чем различия между аналогичными по назначению устройствами? Практически все микшеры базируются на фундаментальной структуре "канал/шина", но комбинирование разных компонентов этой структуры реализуется разными путями. Чем больше каналов, тем больше входов для подключения источников сигнала. Дополнительные шины позволяют группировать сигнал в конфигурации из 4, 8 и более дорожек, в отличие от простого двухшинного микшера, показанного на рис. 3.10 (правый и левый каналы). Дополнительные шины необходимы для формирования сигнала объемного звука и многодорожечной записи.



1. Основной выход
2. Контрольные выходы
3. Выходы CHANNEL INSERT для подключения аппаратуры в разрыв канала прямого сигнала
4. Разъем интерфейса FireWire для подключения к компьютеру

Рис. 3.10, *б. На задней панели микшера установлены разъемы, к которым не нужен постоянный доступ, например выходы для подключения акустических систем (публикуется с любезного разрешения компании* Loud Technologies, Inc.*)*

1. Симметричный основной выход (L/R — левый/правый канал) предназначен для подключения активных акустических систем (пассивные акустические системы подключаются через дополнительный внешний усилитель).
2. *Выход контрольного сигнала* (CONTROL RM) предназначен для подключения второго комплекта акустических систем, например, в зале прослушивания. Одного комплекта акустических систем, подключенных к основному выходу, как правило, оказывается достаточно, поэтому выход контрольного сигнала обычно остается незадействованным.
3. Входы/выходы CHANNEL INSERT расширяют возможности обработки аудиосигнала. В отличие от вспомогательных входов/выходов, которые предназначены для ответвления части сигнала и ее возврата в канал прямого сигнала после обработки, они предназначены для подключения устройств обработки в разрыв канала прямого сигнала. Таким образом, аудиосигнал канала целиком подвергается обработке во внешнем устройстве перед поступлением в микшер. Этот вариант подключения предназначен для устройств, выполняющих сжатие динамического диапазона аудиосигнала (компрессоров) и любой другой аппаратуры, если требуется подвергнуть обработке весь сигнал.
4. Разъем FireWire, которым Mackie Onyx подключается к компьютеру, превращает его в настоящую рабочую станцию; правда, для этого необходимо "дооснастить" микшер платой интерфейса FireWire. Но оно того стоит — вы получаете возможность передавать все дорожки сигнала в компьютер для программной обработки и записи.

ГЛАВА 4

Подготовка компьютера для работы со звуком

Гитару или, например, пианино, перед тем как начать играть на них, настраивают. И компьютер в этом смысле ничем от них не отличается, точно так же его необходимо перед работой настроить. К компьютеру, предназначенному для работы в качестве музыкального инструмента и инструмента звукозаписи, предъявляются иные требования, чем к обычному офисному или домашнему компьютеру. Безусловно, необходимо уметь настраивать конфигурацию компьютера для работы с аудио- и MIDI-данными и оптимизировать ее так, чтобы максимально эффективно использовать ресурсы компьютера. Собрав аппаратный комплекс студии звукозаписи, приступаем к настройке компьютера, обеспечивающей максимальную эффективность обработки аудиоданных.

Ключевые вопросы

Подготовка компьютера для работы со звуком

Процедура настройки и оптимизации конфигурации компьютера для работы со звуком включает в себя следующие этапы.

- Инсталляция необходимых драйверов с учетом используемой операционной системы, а также конкретных приложений и их настройка
- Инсталляция подключаемых модулей (эффектов и инструментов) с учетом используемой операционной и аппаратной платформы
- Выбор эффективных схем защиты от копирования
- Оптимизация и хранение резервных копий
- Тонкая настройка и оптимизация конфигурации операционной системы для максимально эффективной работы

Ключевые термины

- Форматы драйверов: DAE, Core Audio, WDM, ASIO, MME, ALSA
- Форматы подключаемых модулей (plug-in): VST, AU, LADSPA, DXJDM, HTDM, RTAS
- Задержка, размер буфера, сдвиг для компенсации задержки при записи
- Защита от копирования
- Дефрагментация

С чего начать

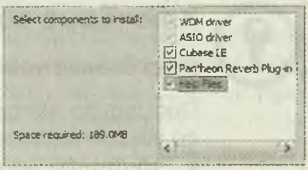
В первую очередь, в соответствии с документацией на оборудование инсталлируйте необходимые драйверы, после чего, следуя инструкциям, выполните процедуру настройки конфигурации каждого из установленных приложений для работы с установленным аппаратным обеспечением. Внимательно изучите все рекомендации по оптимизации конфигурации аппаратного и программного обеспечения, особенно в части, касающейся дисковой памяти и операционной системы, чтобы обеспечить максимальную эффективность использования ресурсов компьютера (если вы не разбираетесь в системных настройках конфигурации аппаратного обеспечения, лучше их не трогайте). Главное — с самого начала определить процедуру резервного копирования данных (до того, как вы столкнетесь с проблемой потери данных на практике).

Подключение виртуальной студии

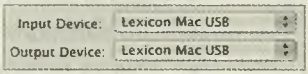
Установка и конфигурирование аппаратного обеспечения для работы со звуком

Для обеспечения взаимодействия устройств сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером (компьютерных аудиоинтерфейсов), с операционной системой и приложениями используются специальные *драйверы*. Какое бы аппаратное обеспечение и операционную систему вы ни использовали, процедура установки и настройки конфигурации устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером состоит из трех основных этапов.

1. Установите драйвер или драйверы для конкретного устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером. Они обычно находятся на компакт-диске, который входит в комплект устройства сопряжения, если таковой имеется. Если же его нет, загрузите свежие версии драйверов с Web-сайта производителя. Конкретные инструкции по инсталляции зависят от используемой операционной системы, а для некоторых устройств инсталлировать драйверы вообще не нужно (об этом читайте ниже, в разделе “Аудиодрайверы и операционные системы”).



2. Укажите в настройках конфигурации приложения конкретный тип устройства сопряжения, используемого вами (на рисунке слева показан пример инсталляции драйвера для устройства сопряжения Lexicon Omega, `www.lexiconpro.com`). Если на компьютере инсталлировано несколько приложений, скорее всего, придется настраивать каждое из них в отдельности. Для приложений, в конфигурации которых не предусмотрены настройки аудиодрайверов, задайте в конфигурации операционной системы стандартные, установленные по умолчанию, драйверы.



3. При необходимости задайте в настройках аудиодрайвера требуемые рабочие характеристики, такие как размер буфера и максимальное число звуковых дорожек.

Аудиодрайверы и операционные системы

Во всех операционных системах используются собственные форматы драйверов.

- **Mac OS X**: Core Audio (`http://developer.apple.com/audio`)
- **Windows**: WDM/DirectSound компании *Microsoft* (`www.microsoft.com/windows/directx/default.aspx`), ASIO компании *Steinberg*
- **Linux**: ALSA (`www.alsa-project.org`)

Прежде чем приступать к работе, необходимо инсталлировать драйвер или драйверы для используемой операционной системы. Исключение составляет штатное оборудование для работы со звуком, входящее в состав компьютера. Для него, как правило, отдельной инсталляции драйверов не требуется. Это в особенности касается Mac-компьютеров — многие аудио-/MIDI-устройства, оснащенные интерфейсом USB, "системно совместимы" с этой операционной платформой, т.е. автоматически опознают и используют штатные USB-драйверы этой операционной системы.

Работа аппаратуры Pro Tools компании *Digidesign* (`www.digidesign.com`), независимо от используемой операционной платформы — будь то Mac или Windows, — базируется на фирменной программной платформе компании *Digidesign* под названием *DAE* (Digidesign Audio Engine), обеспечивающей поддержку аппаратуры Digidesign и процессоров цифровой обработки сигналов (DSP) в ее составе. ПО Pro Tools работает исключительно на программной платформе DAE; в приложениях Apple Logic (`www.apple.com/logicpro`) и MOTU Digital Performer (`www.motu.com`) предусмотрена возможность переключения на программную платформу DAE для использования аппаратуры Digidesign. Программная платформа DAE одновременно является аудиодрайвером оборудования Digidesign и операционной средой для работы фирменных подключаемых модулей компании *Digidesign* в форматах TDM и RTAS. (Об инсталляции подключаемых модулей читайте в разделе "Инсталляция подключаемых модулей эффектов и инструментов" далее в этой главе.)

Операционная система Mac OS X: Core Audio

Как быть тем, у кого на компьютере установлена не Mac OS X, а одна из предшествующих версий ОС

Вы работаете на "устаревшем" Mac-компьютере, оснащенном операционной системой Mac OS 9 или еще более ранней версией? К сожалению, современное аппаратное и программное обеспечение в большинстве своем официально не поддерживает версии, предшествовавшие операционной системе Mac OS X. В таком случае самый, возможно, лучший выход — найти ASIO-драйвер, совместимый с Mac OS 9 (описание формата ASIO приведено в следующем разделе). Исходно формат ASIO задумывался как кроссплатформенный формат для обеспечения совместимости аппаратного оснащения с операционными платформами Windows и Mac, но впоследствии был вытеснен с операционной платформы Mac OS X форматом Core Audio.

Для любознательных. Тем, кого интересует, как работает технология Core Audio, рекомендуем следующие Web-сайты, на которых собрана обширная информация по аудиотехнологиям компании *Apple* и масса ссылок.

`www.apple.com/macosx/features/audio`

`http://developer.apple.com/documentation/MusicAudio/MusicAudio.html`

На операционной платформе Mac OS X любой звук, будь то простой сигнал файлового менеджера Finder, песня в проигрывателе iTunes или восьмиканальный объемный звук в Apple Logic или Steinberg Cubase (`www.steinberg.de`), создается встроенной аудиосистемой *Core Audio*. Независимо от используемого приложения любой аудиосигнал проходит через эту практически безынерционную аудиосистему, поэтому какое бы аудиооборудование вы ни установили, любое приложение, совместимое с операционной платформой Mac OS X, использует ее.

Кроме того, Core Audio обеспечивает для пользователя такие функциональные возможности, которые и не снились тому, кто работает со звуком на операционной платформе Windows. В первую очередь, это возможность назначения разных приложений для работы с разными каналами звука одного и того же устройства, оперативная, "на лету", коммутация аудиовходов/аудиовыходов, осуществляемая на системном уровне, а также утилиты манипуляции и записи аудиосигнала из любого приложения, совместимого с операционной платформой Mac OS X.

Пользователям, далеким от программирования, нужно всего лишь инсталлировать драйвер для используемого устройства сопряжения с компьютером (цифрового аудиоинтерфейса). После этого можно расслабиться и заняться исключительно музыкой — Core Audio автоматически возьмет на себя все заботы, связанные с управлением компьютерной студией звукозаписи на уровне операционной системы.

Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Mac OS X

Настройте конфигурацию приложений. Приложения, в которых предусмотрена возможность манипулирования входами/выходами, автоматически распознают подключенное оборудование, для которого инсталлированы драйверы. Можно даже подключить и использовать несколько устройств одновременно, назначив каждому приложению те устройства, с которыми оно должно работать (**рис. 4.1**).

Установите стандартные, заданные по умолчанию, настройки операционной системы. Если в приложении не предусмотрены опции конфигурирования для конкретного варианта оборудования, то в нем будут использоваться стандартные входы/выходы, заданные на панели настроек Sound Preference Panel в окне System Preferences (**рис. 4.2**). (Приложения, в которых предусмотрены опции выбора входов/выходов аудиосигнала, как правило, переопределяют эти настройки.)

Установите стандартные настройки вывода аудиосигналов системных событий (типа стандартных сигналов оповещения, выдаваемых системой).

Укажите входы/выходы для приложений, в которых отсутствуют опции индивидуального конфигурирования оборудования.

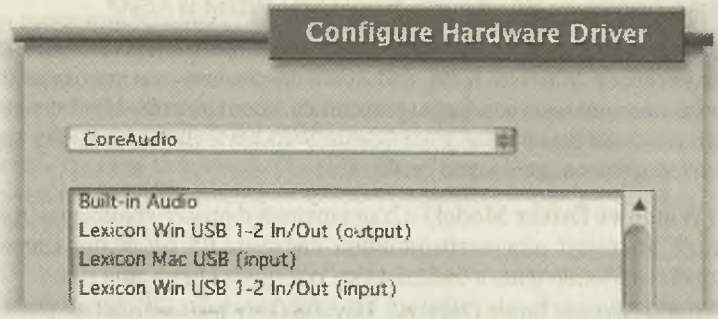


Рис. 4.1. *Выберите в настройках приложения устройство, с которым оно должно работать. Для примера показано окно выбора оборудования в программе Digital Performer*

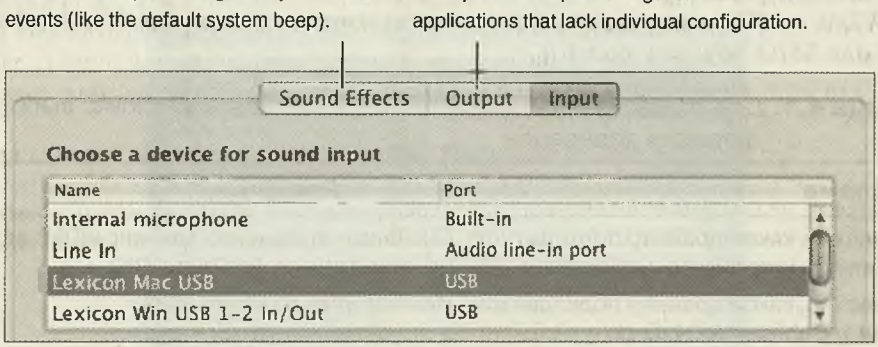


Рис. 4.2. *Панель настроек ввода-вывода звука*

Драйверы не нужны. Для многих *системно совместимых* аудио- и MIDI-устройств, в том числе для ряда моделей устройств сопряжения и музыкальных клавиатур, драйверы вовсе не нужны; в штатных драйверах ОС предусмотрена их поддержка. Подключайте такое устройство, загружайте компьютер — и система готова к работе.

Для расширения возможностей управления настройками Core Audio компанией *Apple* разработана утилита Audio MIDI Setup, которая находится в папке Utilities. Из этой программы можно устанавливать глобальные настройки параметров аудиодрайверов, а также создавать и сохранять глобальные конфигурации для разных комбинаций MIDI-аппаратуры и переключать систему из одной конфигурации в другую, что обеспечивает возможность распознавания этих комбинаций внешнего оборудования другими приложениями, работающими на операционной платформе Mac OS X. Более подробно тема настройки MIDI-конфигурации и записи синтезированного аудиосигнала рассматривается в главе 8.

Операционная система Windows: форматы WDM и ASIO

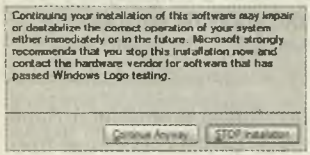
По функциональным возможностям работы со звуком операционная система Windows, конечно, уступает Mac OS X, но это вовсе не значит, что на операционной платформе Windows высококачественная звукозапись невозможна. У пользователей, работающих со звуком на операционной платформе Windows, имеется выбор одного из двух господствующих форматов драйверов (**табл. 4.1**).

- **WDM (Windows Driver Model)**. Стандартный формат драйверов, разработанный компанией *Microsoft* для операционной системы 98 SE и последующих версий. Аудиодрайверы включены в библиотеку Windows DirectSound.
- **ASIO (Audio Stream Input Output)**. Изначально фирменный формат, разработанный компанией *Steinberg*; в настоящее время широко используется производителями программных и аппаратных инструментов обработки звука.

Не исключено, что вам попадется драйвер формата *MME* (Multi-Media Extensions). Это формат драйверов, использовавшийся в ранее вышедших версиях ОС Windows, который заменен форматом WDM. Поскольку формат MME уступает по своим возможностям WDM и ASIO, такие драйверы лучше всего заменить новыми драйверами формата WDM или ASIO, если они имеются.

Таблица 4.1. Для пользователей операционной системой Windows: выбор формата драйверов

Проблема	Решение
Неизвестно, какой драйвер подходит для конкретного устройства сопряжения	Сначала используйте драйвер WDM; если он не подойдет, то драйвер ASIO
Неизвестно, какой драйвер подходит для Steinberg Cubase или Nuendo	Используйте драйвер ASIO
Для ранее выпущенного оборудования отсутствуют новые драйверы формата WDM или ASIO	Используйте драйвер MME, но только в том случае, если это оборудование нечем заменить (неизбежно возрастет задержка обработки сигнала)



Совет по инсталляции оборудования на операционной платформе Windows. Не впадайте в отчаяние, если на мониторе появится предупреждение о том, что инсталлируемое оборудование "failed Windows logo testing", т.е. не прошло проверки на совместимость с операционной системой Windows. Это означает всего лишь то, что это оборудование отсутствует в перечне оборудования, проверенного на совместимость с этой ОС в специальной лаборатории компании *Microsoft*. Компания *Microsoft*, как правило, не тестирует драйверы аудиооборудования, поэтому такое сообщение появляется постоянно. Щелкните мышью на кнопке "Continue Anyway".

Для любознательных. Аудиодрайверы WDM и драйверы MME еще называют драйверами DirectX, поскольку они обращаются к библиотеке DirectSound — библиотеке стандартных звуков для операционной системы Windows, которая входит в библиотеку DirectX. DirectX — это библиотека разработчика для приложений, работающих на операционной платформе Windows, которую можно считать грубым аналогом Core Audio и Core Video компании *Apple*. Она поддерживает все что угодно — от 3D-графики в играх до записи и воспроизведения звука.

Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Windows

Конфигурирование приложений. Сначала необходимо настроить конфигурации самих приложений. Поскольку в ОС Windows используются несколько форматов аудиодрайверов, WDM, MME и ASIO, далеко не во всех программах предусмотрена поддержка всех трех форматов; в разных программах возможности выбора могут не совпадать (**рис. 4.3**).

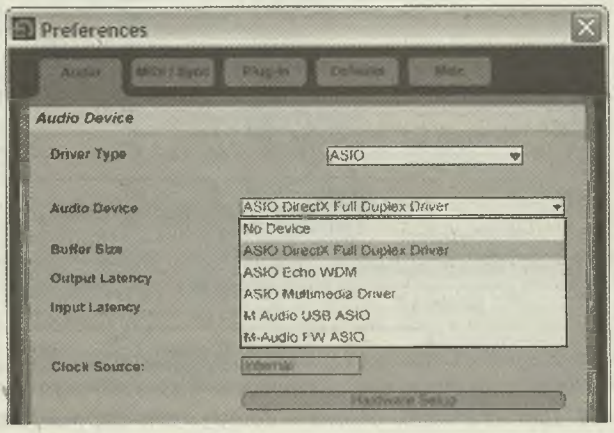


Рис. 4.3. *Выберите в каждом приложении драйверы устройств ввода-вывода. Для программ, поддерживающих несколько форматов драйверов, как, например, Ableton Live, окно настроек которой показано на этом рисунке, возможен выбор одного из нескольких драйверов*

Задание стандартных системных настроек. В Windows XP, точно так же как и в Mac OS, предусмотрены глобальные настройки для стандартных аудио- и MIDI-устройств; они находятся на панели Звуки и аудиоустройства (Sounds and Audio Device Properties) (**рис. 4.4**). Помните о том, что многие аудиоприложения переопределяют эти настройки, но это удобная возможность узнать, какие драйверы для подключенной аудиоаппаратуры инсталлированы в системе.

Использование драйверов WDM дает возможность работать с несколькими устройствами одновременно и выводить сигналы из нескольких приложений через одно общее устройство.

Чтобы драйвер ASIO могли использовать несколько приложений, откройте окно настроек драйвера ASIO в любом приложении, поддерживающем его, и отметьте опцию Release ASIO Driver in Background.

Рис. 4.4. *Для того чтобы получить доступ к стандартным, заданным по умолчанию, настройкам аудио- и MIDI-устройств, откройте панель управления (Пуск⇨Панель управления (Start⇨Control Panel)), щелкните левой кнопкой мыши на пиктограмме Звуки и аудиоустройства (Sounds and Audio Devices) и на открывшейся панели выберите вкладку Аудио (Audio). Стандартные настройки используются, главным образом, приложениями типа Windows Media Player и iTunes, поскольку в них собственные настройки параметров не предусмотрены*

Разрешение проблем, связанных с драйверами Windows

Часто проблемы, связанные с нарушением работы драйверов, удается устранить путем повторной инсталляции или обновления драйвера. Для обновления драйверов сделайте следующее.

1. Откройте окно Диспетчер устройств (Device Manager) (щелкните правой кнопкой мыши на пиктограмме Мой компьютер (My Computer) и в раскрывшемся меню выберите Свойства⇨Оборудование⇨Диспетчер устройств (Properties⇨Hardware⇨Device Manager)).

2. Найдите в перечне свое устройство и убедитесь, что оно разблокировано (**рис. 4.5**).
3. Если устройство разблокировано (enabled), но не работает, щелкните на нем правой кнопкой мыши и в открывшемся меню выберите команду Обновить драйвер (Update Driver). Если это не поможет, еще раз откройте меню и выберите команду Удалить (Uninstall), а затем повторно инсталлируйте драйвер и перезагрузите компьютер.

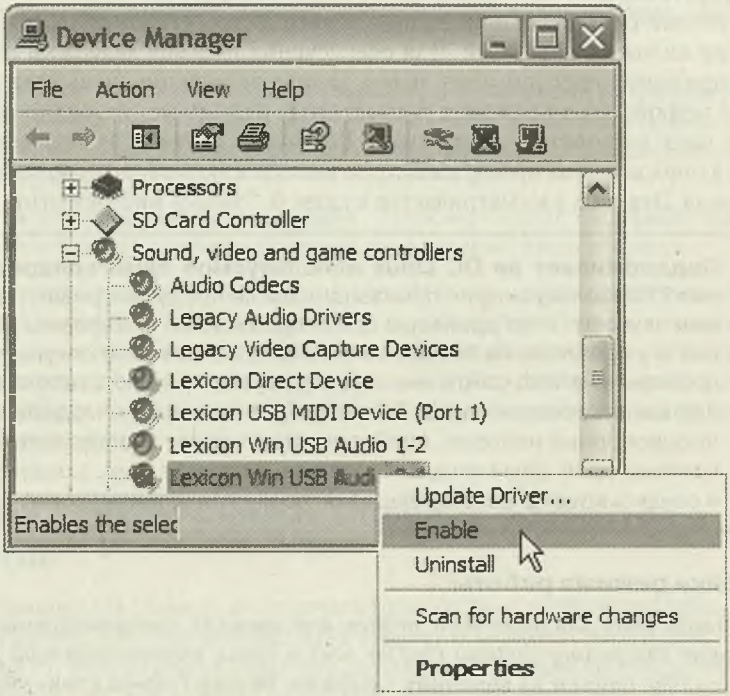


Рис. 4.5. *Используя контекстное меню устройства в окне Диспетчер устройств Windows, можно блокировать и разблокировать устройства и обновлять драйверы*

Операционная система Linux: формат ALSA

В операционной системе Linux, аналогично Mac OS X, упор сделан на поддержку работы с многоканальным звуком на системном уровне. Изначально для решения этой задачи был предназначен уровень ОС под названием OSS (Open Sound System), в настоящее время эта задача решается на коммерческой основе компанией *4Front Technologies* (`www.opensound.com`). Но, как бы там было, а предпочтительным инструментом поддержки драйверов на операционной платформе является технология ALSA (Advanced Linux Sound Architecture). Технология ALSA, реализуемая во многих дистрибутивах ОС Linux, освобождает от необходимости отдельной инсталляции драйверов. Таким образом, не исключено, что ОС Linux обеспечит поддержку платы аудиоинтерфейса вашего компьютера без каких-либо дополнительных драйверов.

Конфигурирование интерфейса

Задержка

Независимо от того, насколько эффективны аудиодрайвер и операционная система, все равно данные проходят через компьютер не мгновенно — на это уходит какое-то время. Задержка прохождения аудиосигнала со входа на выход, создаваемая компьютером и средствами сопряжения, называется *латентностью*. В Windows XP, Mac OS X и Linux используются низколатентные драйверы, обеспечивающие небольшую задержку. Но задержка (пусть даже очень небольшая, но не нулевая) все равно остается.

Для точной синхронизации данных необходимо устранить задержку, особенно это важно при наложении записей. Для обеспечения нулевой задержки во многих устройствах сопряжения предусмотрен вывод на прослушивание не выходного сигнала, прошедшего устройство сопряжения и компьютер, а входного, т.е. аудиосигнала, поступающего на вход устройства сопряжения. Еще один вариант решения этой проблемы — снимать аудиосигнал на прослушивание с выхода микшера, подключенного к устройству сопряжения. Эта тема рассматривается в главе 6, "Запись инструментов и звуков".

Поддерживает ли ОС Linux используемое вами аппаратное обеспечение? Поскольку многие производители не предусматривают для выпускаемых ими звуковых плат драйверы для операционной платформы Linux, перекладывая эту проблему на плечи самих приверженцев этой операционной системы, проверьте на Web-сайте `www.alsa-project.org`, поддерживается ли выбранная вами звуковая плата. Зачастую для последних моделей, на базе новых процессорных наборов, драйверы отсутствуют. Пользователям портативных компьютеров рекомендуем посетить Web-сайт `www.linux-on-laptops.com` и ознакомиться с рекомендациями по инсталляции звуковых плат.

Настройки режима работы

В приложениях для работы со звуком, как правило, предусмотрены настройки драйверов, такие как *размер буфера* (*buffer size*) и *сдвиг, компенсирующий задержку*(*offset*), которые сильно влияют на величину задержки. Размер буфера влияет на поток цифрового звука, вводимого в программу и выводимого из программы через цифровой интерфейс; он задается индивидуально в каждом приложении. В ряде программ (но не во всех) предусмотрена возможность задания дополнительного сдвига, который можно использовать для компенсации постоянной слышимой задержки за счет упреждающей передачи данных. Следовательно, сдвиг можно использовать для ручной компенсации задержки, вносимой аппаратурой сопряжения; в ряде систем предусмотрена возможность автоматического расчета и задания такого компенсирующего задержку сдвига (**рис. 4.6**).

Во многих случаях стандартные, заданные по умолчанию, установки прекрасно подходят. В ряде приложений, например в Cakewalk SONAR (`www.cakewalk.com`) и Apple Logic, предусмотрены мастеры настройки, чтобы облегчить пользователям правильную настройку. Но не исключено, что может возникнуть необходимость вручную выполнить настройку следующих параметров.

- **Задержка слишком велика.** Возможно, необходимо уменьшить размер буфера. Но делайте это осмотрительно, недостаточный размер буфера чреват "перескоками" звука.

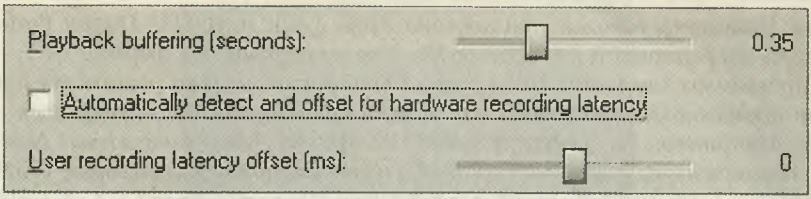


Рис. 4.6. *Настройка размера буфера и сдвига в программе Sony Music Acid (`www.sonymediasoftware.com/products/acidfamily.asp`). Обратите внимание на окошко опции в центре, позволяющей выбрать режим автоматической программной настройки сдвига*

- **"Перескоки" или "заикание" звука на выходе, или заметные на слух щелчки или хлопки.** Возможно, необходимо увеличить размер буфера. Если буфер слишком мал, программа оказывается не в состоянии сохранить непрерывность потока звука через аппаратуру.
- **Заметная на слух постоянная задержка.** Измените сдвиг (задержку выходного или входного сигнала), стараясь добиться компенсации этого эффекта.

В комплект многих устройств сопряжения входят также специализированные приложения для управления параметрами, доступ к которым через органы управления на панели оборудования невозможен. Эти приложения дают возможность протестировать аппаратуру, установить опции аппаратных настроек, а в ряде случаев — и пользовательские опции маршрутизации и ряд других функциональных параметров в зависимости от используемого оборудования.

Инсталляция подключаемых модулей эффектов и инструментов

Как мы уже говорили в главе 2, подключаемые модули и технологии типа Re Wire (`www.propellerheads.se/technologies/rewire`) и Jack (`http://jackit.sourceforge.net`) могут быть использованы для расширения возможностей программных средств, предназначенных для работы со звуком. Подключаемые модули необходимо уметь правильно инсталлировать, и мы рассмотрим этот вопрос отдельно для каждого из форматов.

Стандартные, ориентированные на определенную операционную платформу, форматы подключаемых модулей

Подключаемые модули стандартных, изначально ориентированных на определенную операционную платформу, форматов обрабатываются центральным процессором, и их поддержка заложена в большинство базовых программ обработки звука на всех операционных платформах, как это видно из данных, приведенных в **табл. 4.2**. По своим возможностям все форматы близки друг другу, поэтому выбор конкретного формата будет зависеть от того, какое базовое приложение вы используете.

Различные программы поддерживают разные форматы. Несовместимость подключаемого модуля с используемой программой не является непреодолимым препятствием — для устранения этой проблемы имеются специальные *интерфейсные приложения* (*wrapper*), которые стоят весьма недорого и обеспечивают совместную работу подключаемых модулей с базовыми приложениями, в которых изначально не предусмотрена их

поддержка. Например, базовые приложения Apple Logic и MOTU Digital Performer, работающие на операционной платформе Mac, не поддерживают формат VST, но интерфейсные программы компаний *Audio Ease* и *FXpansion* позволяют решить эту проблему.

Другие производители закладывают в свои приложения поддержку всех основных форматов. Например, на операционной платформе Mac программа Ableton Live (**рис. 4.7**) поддерживает форматы VST и AU; на операционной платформе Windows программы Ableton Live, Image-Line FL Studio (`www.flstudio.com`) и Cakewalk SONAR поддерживают форматы VST и DirectX.

*Подключаемые модули формата LADSPA, разработанные для операционной платформы Linux, поддерживаются также рядом приложений, работающих на операционной платформе Mac OS X, и утилит, перенесенных из Linux на операционную платформу Mac OS X, в их числе – Jack OS X (`www.jackosx.com`).

Таблица 4.2. Форматы подключаемых модулей открытых стандартов

Сокращенное/полное название	Операционная система	Разработчик
VST (Virtual Studio Technology — технология для виртуальной студии; для инструментов — VSTi)	Windows/Mac	Steinberg
DX (DirectX, DirectSound, DX; для инструментов — DXi)	Windows	Microsoft
AU (Audio Units — компоненты для работы со звуком)	Mac	Apple
LADSPA	Linux* (Linux Audio Developer's Simple Plug-in API)	Open Source (`www.ladspa.org`)

Где можно взять интерфейсные приложения (wrapper)

FXpansion (Mac, PC, Digidesign): `www.fxpansion.com`

Audio Ease (Digital Performer): `www.audioease.com`

Cakewalk (PC): `www.cakewalk.com`

Фирменные форматы подключаемых модулей для программной платформы компании *Digidesign*

В программную платформу DAE компании *Digidesign* заложены фирменные форматы подключаемых модулей – мы уже рассказывали об этом в главе 2 (в разделе "Что означает «Pro Tools»"). Фирменные форматы Digidesign – это либо аппаратно-ориентированные форматы, базирующиеся на архитектуре цифровых процессоров обработки звука (DSP) и выполняемые этими процессорами, либо программно-ориентированные форматы, базирующиеся на архитектуре фирменного ПО, предназначенного для работы на программной платформе DAE, и выполняемые центральным процессором. Информация о фирменных форматах подключаемых модулей Digidesign приведена в **табл. 4.3**. Те, кто используют базовые программы платформы DAE, такие как Apple Logic и MOTU Digital Performer, могут использовать многие из этих подключаемых модулей.

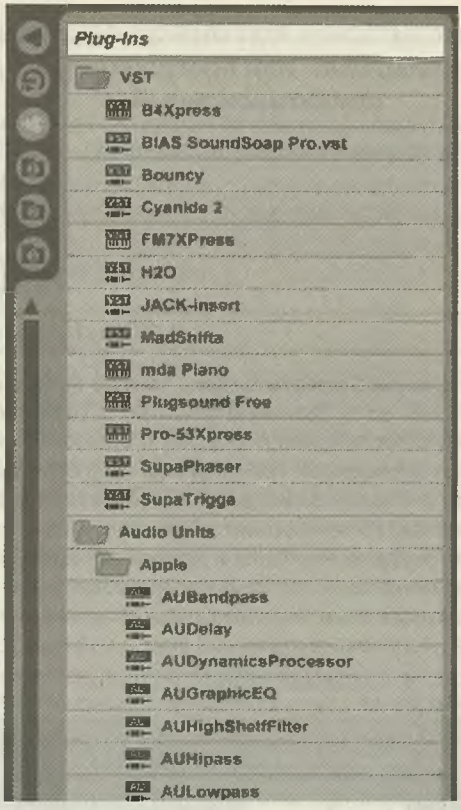


Рис. 4.7. *Программа Ableton Live поддерживает множество форматов подключаемых модулей виртуальных инструментов и эффектов*

Таблица 4.3. Форматы подключаемых модулей стандарта Pro Tools

Название	Аппаратно- или программно-ориентированный	Назначение
RTAS (Real-Time Audio Suite — набор для обработки звука в режиме реального времени)	Программно-ориентированный	Базовые эффекты и инструменты, работающие в режиме реального времени
TDM (Time-Division Multiplexing — мультиплексная передача с временным разделением)	Аппаратно-ориентированный	Эффекты и инструменты высокого класса, работающие на аппаратной платформе стандарта Pro Tools — TDM и HD (**рис. 4.8**)

Окончание табл. 4.3

Название	Аппаратно- или программно-ориентированный	Назначение
HTDM (Host TDM — технология TDM, реализуемая на программном уровне)	Программно-ориентированный	Эффекты, работающие с большей задержкой по сравнению с вариантом TDM, но отличающиеся большей гибкостью по сравнению с вариантом RTAS

Подробности для любознательных. Между мобильным телефоном и технологией Pro Tools есть "далекое родство". Технология TDM (Time-Division Multiplexing — мультиплексная передача с временным разделением) сама по себе не является фирменной технологией. Это стандартная технология обработки цифровых сигналов в системах связи, используемая также в аппаратуре мобильной связи. (В телефонии также используется цифровой звук.) В аппаратуре TDM стандарта Pro Tools и другой аппаратуре обработки цифрового звука, в которой используются цифровые процессоры обработки звука (DSP), применяются аналогичные методы, доработанные с учетом конкретной сферы применения (высококачественный звук и музыка).

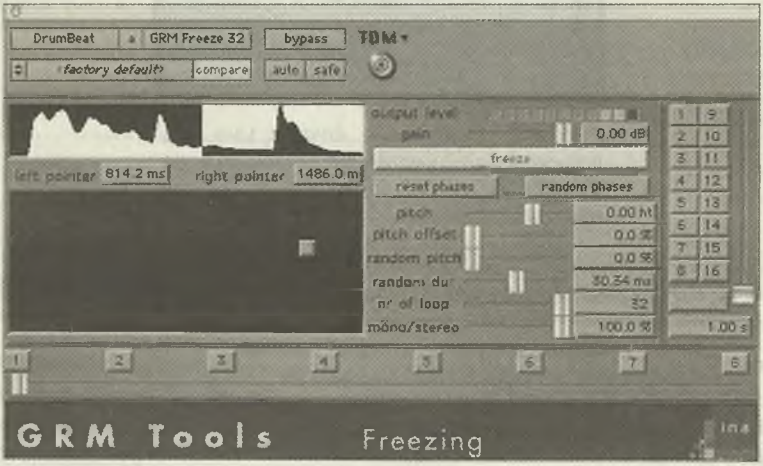


Рис. 4.8. *Аппаратно-ориентированные подключаемые модули внешне выглядят аналогично программно-ориентированным модулям, но в аппаратном комплексе Pro Tools TDM выполняются не центральным процессором компьютера, а цифровыми процессорами аппаратуры Digidesign. На этом рисунке представлено окно подключаемого модуля Freeze из набора GRM Tools, который дает возможность манипулировать фрагментами входного аудиосигнала, как музыкальными фразами (loop) (`www.grmtools.org`)*

Где на жестком диске хранятся инсталлированные подключаемые модули

При инсталляции одних подключаемых модулей программы-инсталляторы самостоятельно определяют надлежащие папки, в которые осуществляют инсталляцию. При инсталляции других модулей, в их числе — многие бесплатные подключаемые модули, которые можно загрузить с Web-сайтов, пользователь должен указать, в какую папку инсталлировать модуль. Но, как бы там ни было, необходимо знать, где искать эти подключаемые модули после их инсталляции.

Операционная система Mac OS X

В операционной системе Mac OS X для подключаемых модулей предусмотрена общая папка. Почти все приложения для работы со звуком, работающие на операционной платформе Mac OS X, обязательно автоматически обращаются к этой папке. Она спрятана в папке Library, которая находится в корневом каталоге системного раздела жесткого диска: [*системный раздел*]⇨Library⇨Audio⇨Plug-Ins (**рис. 4.9**).

Тип подключаемого модуля зачастую можно установить по расширению его файла: присутствие файлов с расширением `.component` означает подключаемые модули формата Apple Audio Units, а файлов с расширением `.vst` — подключаемые модули формата VST. Большинство остальных файлов имеет расширение `.bundle`.

Рис. 4.9. *Компания* Apple *предусмотрела в операционной системе Mac OS X механизм, обеспечивающий объединение подключаемых модулей разных форматов в одном месте, чтобы пользователям — и приложениям — было легче их находить*

Файлы фирменных подключаемых модулей, например включаемых в комплект ПО Apple Logic и Ableton Live, могут быть скрытыми и могут быть размещены изолированно от других подключаемых модулей. Но мы, как правило, имеем дело с подключаемыми модулями открытых форматов.

Операционная система Windows

В операционной системе Windows общей папки, в которой были бы объединены все подключаемые модули, нет — они могут быть инсталлированы в разных каталогах.

Подключаемые модули DirectX можно размещать в любом месте по выбору пользователя. При инсталляции информация об этих модулях заносится в реестр Windows и любое приложение, использующее технологию DirectX, находит их автоматически. Это означает, что их можно размещать в любом месте по выбору пользователя. Поскольку для DirectX требуется DirectMedia, не исключено, что вам придется загрузить обновление операционной системы с сайта компании *Microsoft*, если вы давно не делали этого.

Совет. Вот удобный способ подключения и отключения подключаемых модулей при поиске причин нарушения нормальной работы системы (или просто когда они не нужны). Сделайте копии всех папок подключаемых модулей в папке Plug-Ins, затем пометьте папки-дубликаты словом "Disabled" (например, VST Disabled). Чтобы отключить подключаемый модуль, перетащите его мышью в эту папку. Ошибки в программах подключаемых модулей вызывают катастрофические сбои, хотя в наиболее мощных приложениях типа Logic и DP уже предусмотрены инструменты тестирования для выявления подключаемых модулей, которые могут создать проблемы.

Подключаемые модули формата VST, возможно, придется инсталлировать отдельно для каждого приложения (**рис. 4.10**). На операционной платформе Windows VST-модули хранятся в виде файлов DLL (Dynamic Link Library — динамически подключаемая библиотека). Для инсталляции такого файла следует скопировать его в папку VST приложения, из которого необходимо обеспечить доступ к этому подключаемому модулю, и повторить эту операцию для каждого приложения в отдельности, например `C:\Program Files\[application name]\VSTPlugins`.

Для ряда приложений допускается возможность совместного использования каталога VST-модулей Steinberg (`C:\Program Files\Steinberg\Vstplugins`) или создания папки VST в любом месте по выбору. Подробности, касающиеся работы с подключаемыми модулями, для конкретных приложений следует искать в их документации.

Name	In Folder	Type	Date Modified
VSTPlugins	C:\Program Files\AudioMulch 0.9b16	File Folder	6/11/2004 8:34 PM
Vstplugins	C:\Program Files\Steinberg	File Folder	7/18/2004 3:47 PM
VSTPlugins	C:\Program Files\SynthEdit	File Folder	6/12/2004 2:19 AM
Vstplugins	C:\Program Files\Ableton\Live 3.0	File Folder	6/12/2004 1:45 PM
vstplugins	C:\Program Files\Adobe\Audition 1.5	File Folder	8/26/2004 3:40 PM
Vstplugins	C:\Program Files\Steinberg\Cubase SX 2	File Folder	9/27/2004 9:32 PM
Vstplugins	C:\Program Files\Steinberg\Cubase SX 3	File Folder	9/27/2004 11:35 PM

***Рис. 4.10**. На операционной платформе Windows подключаемые модули формата VST необходимо инсталлировать в папку каждого из приложений в отдельности*

Как найти инсталлированный подключаемый модуль

Где искать подключаемый модуль после его инсталляции

- **Mac OS X:** Library⇨Plug-Ins (совместно используемая папка).
- **Windows**: VST-модули, предназначенные для конкретного приложения: папка Vstplugins в папке соответствующего приложения.
- **Windows**: VST-модули, предназначенные для совместного использования всеми приложениями, которые допускают это: Steinberg⇨Vstplugins.
- **Программная платформа DirectX:** может находиться в любом месте на жестком диске.
- **Программная платформа Digidesign:** папка DAE Plug-Ins.

Обслуживание виртуальной студии

Защита от копирования и защитные заглушки

Разработчики программного обеспечения для работы со звуком очень серьезно озабочены проблемой его незаконного копирования, распространения и использования. Они обращают внимание на то, что на рынке музыкального ПО компьютерное пиратство процветает. Даже бесплатное ПО взламывают для того, чтобы убрать авторизацию по серийному номеру; и в заголовке образца аудиофайла, созданного компанией *Microsoft* для ее Windows Media Player, были обнаружены улики, свидетельствующие об использовании при его создании пиратского ПО. Одно дело — крупные компании, для которых это ПО является далеко не единственным источником дохода, и совсем другое дело — разработчики, которым оно едва ли приносит большую прибыль, и они занимаются этим делом скорее из любви к искусству. Возможно, они сгущают краски и можно спорить о том, насколько их тревоги обоснованы, но многие разработчики пришли к выводу о необходимости дополнительной защиты выпускаемого ими ПО.

Методы защиты от копирования

К сожалению, многие технологии, используемые разработчиками музыкального ПО для его защиты от незаконного использования, неизбежно осложняют жизнь законопослушным пользователям. По уровню защищенности программное обеспечение может относиться к одной из следующих категорий.

- **Незащищенное ПО.** В ряде случаев ПО выпускается вообще без какой-либо защиты и пользоваться им может кто угодно. В эту категорию входит масса бесплатных программ и программ с открытым исходным кодом. Вы можете, не нарушая законов, создать прекрасную по своим возможностям студию звукозаписи, используя только бесплатное ПО. Этот вариант часто используется научными учреждениями.
- **Авторизация по серийному номеру.** В программах ряда разработчиков, например компании *Cakewalk*, предусмотрена всего лишь авторизация по серийному номеру. Введите код, указанный на компакт-диске или в руководстве пользователя, и приложение авторизовано на всю оставшуюся жизнь. Для того чтобы использовать его на другом компьютере (например, ноутбуке), необходимо всего лишь инсталлировать его на этой машине и снова ввести код авторизации.
- **Аппаратная защита от копирования.** Разработчики ПО все чаще используют аппаратные USB-ключи, так называемые защитные заглушки. Точно так же, как автомобиль не тронется с места до тех пор, пока в замок зажигания не будет вставлен ключ, программа не будет работать, пока в USB-порт компьютера не будет вставлена ее защитная заглушка.
- **Авторизация через Интернет (по методу Challenge and Response — запрос-ответ).** Для инициализации ПО, защищенного методом оперативной дистанционной авторизации (процедура "запрос-ответ"), пользователь должен подключиться к сайту авторизации или вручную ввести код авторизации программы, инсталлированной на компьютере (**рис. 4.11**).

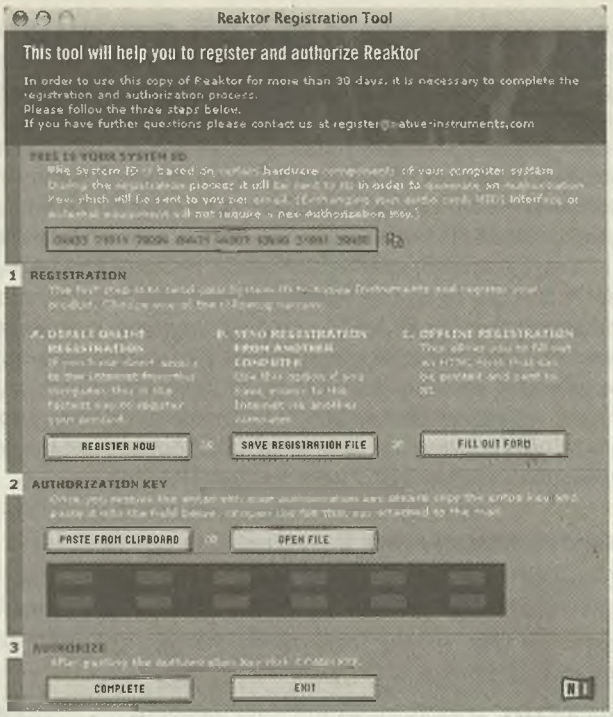


Рис. 4.11. *Защита от копирования по методу "запрос-ответ" базируется на совместном использовании серийного номера ПО и кода, передаваемого через Интернет для авторизации компьютера, как показано на примере Native Instruments Reaktor (`www.native-instruments.com`)*

Копирование с защитой от копирования

Нет сомнений в том, какой из этих вариантов защиты, если не считать совершенно незащищенного ПО, наиболее удобен для пользователей: авторизация по серийному номеру — это наиболее рискованный для разработчиков, но в то же время наиболее удобный для всех остальных вариант.

Защита от копирования с помощью аппаратного ключа (защитной заглушки), может показаться самым неудобным вариантом для пользователей. Единый стандарт на защитные заглушки отсутствует. За исключением довольно популярной системы iLok (`www.ilok.com`), для каждого нового продукта с аппаратной защитой требуется отдельный аппаратный ключ (**рис. 4.12**). Что еще хуже, хотя неисправный аппаратный ключ обычно подлежит бесплатной замене разработчиком, в случае его механической поломки или утери эта замена может обойтись пользователю в сумму, составляющую от 50 до 100% цены всего продукта (некоторые разработчики устанавливают в этом случае более приемлемую цену на замену ключа, но при условии получения от пользователя обломков старого ключа; перед приобретением ПО внимательно ознакомьтесь с правилами, установленными поставщиком).

Рис. 4.12. *Эти защитные заглушки, выпущенные компаниями* Apple *и* iLok, *действуют, как обычные ключи, "открывая" ПО. Но вот проблема — для того чтобы одновременно использовать несколько таких ключей, штатных USB-портов может оказаться недостаточно и придется приобрести концентратор*

Несомненно, защитные заглушки обладают определенными преимуществами по сравнению с авторизацией через Интернет. В случае, если компания по каким-либо причинам прекращает свою деятельность, становится невозможным получить код авторизации продукта. Но даже в том случае, когда вы приобретаете продукт вполне надежной и успешно работающей компании, возможность автоматической повторной авторизации приобретенного ПО без подключения к Интернету может быть не предусмотрена. Не исключена ситуация, в которой у пользователя может просто не оказаться возможности подключения к Интернету, например это может потребоваться прямо во время выступления в каком-нибудь захудалом третьеразрядном клубе. В зависимости от схемы лицензионное ПО, защищенное аппаратным ключом, переносить с одного компьютера на другой обычно удобнее. Например, при использовании Cubase, для того чтобы, поработав в этой программе на переносном компьютере с операционной системой Windows, затем перейти на настольный ПК с операционной системой, достаточно переставить из одного компьютера в другой защитную USB-заглушку.

Поскольку в любой компьютерной студии — и самой скромной, и супероснащенной — могут использоваться разнообразные комбинации ПО с разными вариантами защиты, лучше всего придерживаться определенной стратегии обращения со всем этим ПО.

- Собирайте и храните серийные номера всех продуктов в двух экземплярах: один — в виде текстового файла на жестком диске компьютера, чтобы к нему можно было обратиться в случае необходимости в любой момент, а другой — в виде бумажной копии на случай отказа жесткого диска.
- Храните аппаратные ключи в связке, но так, чтобы их можно было легко отстегнуть от нее, и держите их всегда под руками. Некоторые пользователи дополняют связку таких ключей USB-устройством памяти (флэш-памятью) на экстренный случай.
- Тестируйте ПО, защищенное по методу авторизации через Интернет, перед выступлениями.

Независимо от того, как защищено ваше ПО, то ли с помощью аппаратной защитной заглушки, то ли специальным кодом, который необходимо получать через Интернет, без надлежащей авторизации оно работать не будет (**рис. 4.13**).

Рис. 4.13. *Предупреждение, которое появляется на экране монитора при попытке запустить программу Apple Logic Pro без USB-ключа защиты*

Борьба с компьютерным пиратством. Разработчики ПО объединились под эгидой IMSTA (International Music Software Trade Association — Международная ассоциация производителей музыкального программного обеспечения) (`www.imsta.org`), создав специальный Web-сайт `www.be-cool.org` с целью поддержки движения за отказ от нелегального использования ПО. На этом сайте музыкальные студии и музыканты могут присоединиться к списку тех, кто объявил себя "зоной, свободной от пиратского ПО", и участвовать в форуме, организованном на нем. Есть надежда на то, что рост числа пользователей, выбравших легальный путь использования ПО — будь то приобретение коммерческого ПО или использование бесплатного ПО с открытым исходным кодом, — рано или поздно заставит отказаться от этих одиозных методов защиты от копирования.

Текущее обслуживание дисковой памяти компьютера

Цифровой звук хранится в дисковой памяти компьютера. В процессе работы компьютер обрабатывает огромный поток данных, считываемых непосредственно с жесткого диска, на котором они записаны. А это означает, что пользователю необходимо разбираться в настройках дисковой памяти и уметь ее обслуживать. Добиться максимальной эффективности в работе со звуком помогут методики, описанные ниже, которых мы рекомендуем придерживаться.

- **Следите за тем, чтобы на загрузочном диске было достаточно свободного места.** Операционной системе и многим аудиоприложениям это место необходимо для хранения временных файлов. Если места оказывается недостаточно, скорость работы системы снижается. На загрузочном диске должно быть как минимум пара гигабайтов свободного места (еще лучше — следовать проверенному на практике правилу: свободного места должно быть порядка 10% емкости жесткого диска). Для того чтобы определить, сколько свободного места осталось на диске, в Windows щелкните правой кнопкой на пиктограмме диска и в открывшемся контекстном меню выберите строку Свойства (Properties); в Mac OS X для этого необходимо выполнить команду Utilities⇨Activity Monitor⇨Disk Usage.

- **Разбейте диск на логические разделы.** С точки зрения сохранности данных этот вариант уступает варианту использования отдельного жесткого диска, но все равно обеспечивает определенные преимущества. Хотя разбиение жесткого диска на логические разделы не спасает от потери данных в случае выхода из строя жесткого диска, отдельный логический раздел, выделенный для хранения аудиоданных, снижает риск потери информации в случае нарушения структуры каталогов в загрузочном логическом разделе. Отформатируйте логические диски с помощью утилиты форматирования диска или воспользуйтесь для создания логических разделов одной из Windows-утилит, например Symantec Partition Magic (`www.symantec.com`), — это избавит от необходимости заново инсталлировать ПО и переносить данные.
- **Используйте для звукозаписи отдельный жесткий диск.** И внутренний загрузочный диск прекрасно подходит для хранения звукозаписей, но было бы идеально, если бы они хранились на отдельном, специально выделенном для этой цели жестком диске (имеется в виду именно второй жесткий диск, а не логический раздел). От этого принципа можно отступить при простой стереофонической звукозаписи. Например, музыканты часто записывают свои выступления на "тихоходные" внутренние жесткие диски портативных компьютеров, но в серьезной работе с многоканальным звуком без второго жесткого диска просто невозможно обойтись.
- **Регулярно проверяйте состояние жестких дисков.** Точно так же, как с целью профилактики необходимо регулярно проходить медосмотр, необходимо регулярно проверять состояние жесткого диска, чтобы не допустить и малейших сбоев в его работе и предупредить или выявить назревающие проблемы в работе системы еще до того, как они проявятся. Операционная система автоматически регулярно проверяет загрузочный диск, но для контроля дополнительных разделов и устранения проблем, не выявленных штатной программой верификации, следует использовать дисковые утилиты сторонних разработчиков или штатные утилиты, имеющиеся в составе операционной системы. В операционной системе On Mac OS X для этого выберите Utilities⇨Disk Utility и verify/repair disk permissions and/or verify/repair disk. (Для устранения проблем с жестким диском, не связанных с правами, выполните загрузку компьютера с другого жесткого диска или инсталляционного компакт-диска операционной системы Mac OS X.) В операционной системе Windows XP для верификации жесткого диска выберите Пуск⇨Выполнить (Start⇨Run) и затем введите в командной строке (`chkdsk.exe`).
- **Регулярно выполняйте дефрагментацию жесткого диска.** Об этом читайте ниже, в разделе "Дефрагментация: очень нужная вещь и в звукозаписи".
- **Регулярно выполняйте резервное копирование данных.** Об этом читайте ниже, в разделе "Резервное копирование: наиболее важная часть обслуживания".
- **Автоматизируйте эту рутинную работу.** Пользователи Mac OS X 10.4 и последующих версий могут, используя утилиту **`Automator`**, составлять расписание автоматического выполнения простых и сложных заданий. Те, у кого на компьютере установлена одна из более ранних версий Mac OS X, могут использовать UNIX-овскую утилиту командной строки **`cron`** или утилиту **`Macoroni`** (`www.atomicbird.com`), которая стоит совсем недорого (всего 8 долларов и 99 центов), или даже заставить

утилиту `iCal` выполнять эту работу (`http://hacks.oreilly.eom/pub/h/1712`). Пользователи Windows XP могут составить задания, выбрав Пуск⇨Панель управления⇨Назначенные задания (Start⇨Control Panel⇨Scheduled Tasks).

Утилиты-дефрагментаторы

Mac OS X. Tech ToolPro компании *Micromat* (`www.micromat.com`).

Windows. Штатная утилита. Выберите Пуск⇨Все программы⇨Стандартные⇨Служебные⇨Дефрагментация диска (Start⇨All Programs⇨Accessories⇨System Tools⇨Disk Defragmenter Diskeeper (`www.executivesoft-ware.com`) (**рис. 4.14**).

Совет. В процессе дефрагментации диска иногда пропадает авторизация ПО, защищенного от копирования. Прежде чем приступить к дефрагментации жесткого диска, непременно убедитесь, что у вас есть серийные номера и инсталляционные диски программ.

Резервное копирование: наиболее важная часть обслуживания

В компьютерном мире есть старый афоризм: компьютерщики делятся на тех, кому уже довелось потерять данные, и теперь они планомерно делают резервные копии, и тех, кто не делает резервных копий, и они рано или поздно поймут, что учиться лучше на чужих ошибках. Жесткие диски нередко выходят из строя или из-за сбоев, или из-за механических дефектов. Кроме того, хотя в Windows XP уже заложена технология восстановления системы, при работе и в Windows, и в Mac иногда возникает необходимость обратиться к резервным копиям файлов для восстановления информации по множеству разных причин, вызванных нарушением работы системы.

Теперь, когда жесткие диски стоят сущую безделицу, проще всего обеспечить резервирование данных, установив в компьютере два жестких диска и зеркально копируя данные на оба. В этом случае практически исключаются опасность потери аудиофайлов и необходимость повторной инсталляции приложений и настройки конфигурации системы в случае выхода из строя одного из жестких дисков. Если объем информации, которую необходимо беречь, составляет около 250 Гбайт, приобретите жесткий диск для резервного копирования емкостью 250 Гбайт. Поскольку он будет использоваться только для резервного копирования данных, вовсе необязательно покупать самую "крутую" модель. Ряд компаний, например *Iomega*, включают в комплект жесткого диска ПО резервного копирования, а это обеспечит вас дополнительную экономию средств.

Идеальный вариант — создать загрузочный диск, ему цены не будет в случае непредвиденных обстоятельств (или при необходимости срочной замены, например если рабочий жесткий диск выйдет из строя за несколько минут до начала выступления!). В качестве дополнительной меры защиты данных храните архивы важных проектов записанными на DVD-дисках.

Утилиты резервного копирования

В Windows XP имеется утилита резервного копирования, вызываемая по команде Пуск⇨Все программы⇨Стандартные⇨Служебные⇨Архивация данных (Start⇨All programs⇨Accessories⇨System Tools⇨Backup), но ее автоматическая, заданная по умолчанию, инсталляция предусмотрена только в Windows XP Pro.

Пользователям Windows XP Home необходимо вручную инсталлировать эту утилиту с инсталляционного (а не резервного!) компакт-диска CD, запустив файл `[cd drive]:\VALUEADD\MSFT\NTBACKUP.msi`.

В операционную систему Mac компания *Apple* включила бесплатную утилиту резервного копирования. Она не очень подходит для полного резервного копирования жесткого диска, но может оказаться полезной для архивирования файлов рабочих проектов звукозаписи на iDisk, CD/DVD или внешних накопителях и ее конфигурация уже заранее настроена на резервное копирование звукозаписей с проигрывателя iTunes. Владельцы компьютеров Mac могут загрузить последнюю версию этой утилиты с Web-сайта `www.mac.com`.

Самый лучший вариант — дублирование рабочего жесткого диска; создайте второй, резервный, загрузочный диск с зеркальной копией данных, хранящихся на рабочем диске, чтобы можно было выполнить "горячую замену" жесткого диска, не прерывая работы. ПО резервного копирования, например Ghost компании *Symantec* (`www.symantec.com`) для компьютеров PC и Data Backup (`www.prosoft.com`) компании *Prosoft* для компьютеров Mac, будет автоматически копировать измененные файлы на внешний жесткий диск.

Оптимизация скорости обработки аудиоинформации

Закройте ненужные приложения и процессы. В Windows XP откройте Диспетчер заданий Windows (Task Manager) (нажмите комбинацию клавиш <Ctrl+Alt+Del>), а в Mac OS X — Activity Monitor (он находится в папке Utilities), что позволит отслеживать степень загруженности оперативной памяти и процессора (**рис. 4.15**). Эти утилиты дают возможность выяснить, какие задания "тормозят" систему. Перед началом серьезной работы со звуком обязательно закройте все неиспользуемые приложения и процессы. С помощью этих утилит вы можете также по счетчику `page/sec` (обмен страниц в секунду), показывающему, как часто процессор использует файл подкачки, определить, насколько загружена оперативная память компьютера (возможно, пришло время ее расширить). Если оперативной памяти недостаточно, система все чаще использует в качестве буферной памяти жесткий диск, записывая и считывая с него данные в процессе обработки звука, что неизбежно приводит к значительному снижению скорости обработки данных.

Дефрагментация: очень нужная вещь и в звукозаписи

Дефрагментация — это процедура объединения разрозненных фрагментов файлов, разбросанных по жесткому диску, в непрерывную последовательность блоков, за счет чего обеспечивается повышение скорости работы программ. Если не делать дефрагментации, то при воспроизведении звукозаписи могут возникать щелчки, хлопки и другие нарушения звука. Современные операционные системы лучше справляются с обслуживанием жестких дисков, поэтому расхожим стало мнение о том, что дефрагментация отошла в прошлое. К сожалению, это еще не так. Звукозапись предъявляет особенно высокие требования к производительности системы, поэтому разработчики музыкального ПО рекомендуют пользователям регулярно дефрагментировать или, что то же самое, оптимизировать жесткие диски с данными. Для достижения максимальной эффективности работы компьютерной системы дефрагментируйте и рабочий, и загрузочный диски.

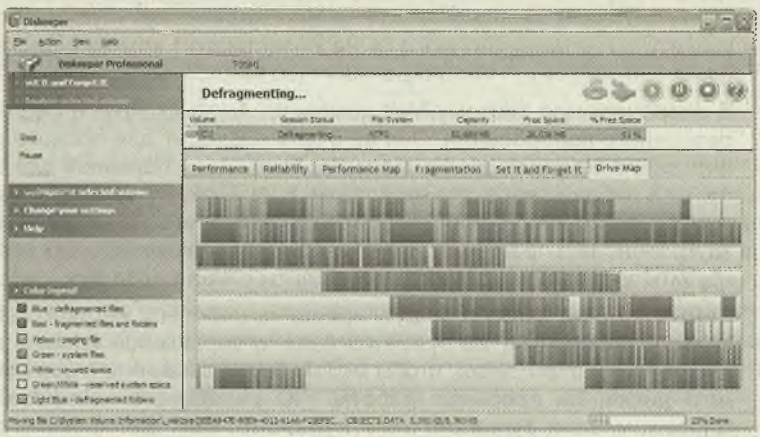


Рис. 4.14. *Утилита* `Diskeeper` *объединяет разрозненные блоки данных воедино, перезаписывая файлы в виде непрерывной цепочки блоков, за счет чего сокращается время и возрастает скорость выполнения операций считывания данных. Программа Diskeeper превосходит штатную утилиту дефрагментации, имеющуюся в составе Windows, поскольку предусмотренные в ней опции "set it and forget it" (настрой и больше не думай об этом) дают возможность выполнять дефрагментацию непосредственно в процессе работы*

Удалите неиспользуемые шрифты. Файлы шрифтов занимают место в оперативной памяти и в случае их порчи становятся причиной нестабильной работы системы (если вы не знаете, какие шрифты можно, а какие нельзя удалять, удаляйте только те шрифты, которые вы добавляли; другие шрифты могут оказаться принципиально необходимыми для самой системы).

Создайте две пользовательские учетные записи. Как в Windows XP, так и в Mac OS X заложена возможность создания множества пользовательских учетных записей с разными вариантами системных настроек. Многие пользователи при звукозаписи применяют отдельную учетную запись, оптимизированную именно для этой работы. Все бесплатные и условно-бесплатные программы, необходимые им в повседневной жизни, они инсталлируют под другой учетной записью, а учетную запись для работы со звуком максимально освобождают от ненужных программ. (При инсталляции, как

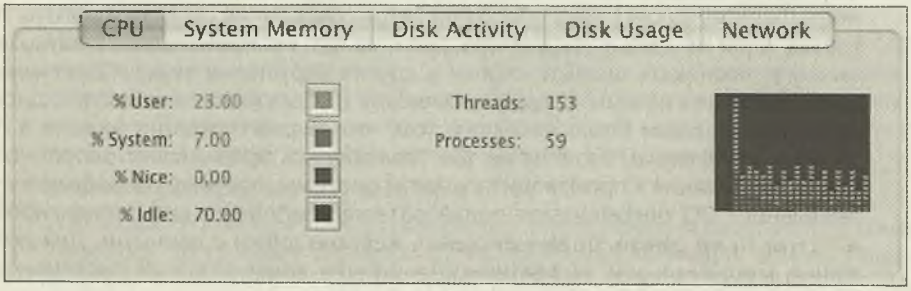


Рис. 4.15. *Окно утилиты Activity Monitor операционной системы Mac OS X*

правило, имеется возможность выбора варианта install for all users (сделать программу доступной для всех пользователей) или install for current user (сделать программу доступной только для текущего пользователя). Ну, конечно, это было бы уже слишком — полностью отказаться от программ, не относящихся к работе со звуком, и посвятить свой компьютер только этой задаче.

Повторно инсталлируйте операционную систему. Хотя это крайняя мера, если система "тормозит", часто удается вернуть ей прежнюю "прыть", переинсталлировав операционную систему (это касается и Windows XP, и Mac OS X). Если пришло время инсталлировать серьезное обновление операционной системы, то это может быть прекрасным поводом для переинсталляции ОС. В обеих операционных системах предусмотрены опции тонкой настройки инсталляции и архивирования имеющихся драйверов и настроек. Скачок в производительности, скорости реагирования и стабильности, а также качестве обработки звука может оказаться настолько впечатляющим, что вы будет приятно удивлены.

Отслеживайте выпуск обновлений используемого ПО. Иногда проблемы в работе системы связаны вовсе не с действиями пользователя: разработчики ПО постоянно выявляют и исправляют ошибки в своих программах. Обновления штатного компьютерного ПО ищите на Web-сайтах `www.versiontracker.com` (Windows/Mac), `www.macupdate.com` (только Mac) и `www.freshmeat.com` (Linux), а последние обновления музыкального ПО — на Web-сайтах производителей и Web-сайтах типа `www.kvraudio.com`. И в Mac OS X, и в Windows XP предусмотрены утилиты, выполняющие автоматическое обновление, хотя не следует особенно торопиться с инсталляцией только что выпущенных обновлений — в этом вопросе необходимо проявлять осмотрительность, поскольку иногда новейшее и великолепнейшее первое обновление операционной системы одновременно создает новые проблемы "несовместимости" с ПО обработки звука.

Освободите компьютерную систему от всего лишнего: советы для тех, кто работает с живым звуком

При работе на сцене и даже в студийных условиях эти настройки гарантируют, что работа со звуком будет идти гладко, без помех и задержек.

Отмените настройки энергосбережения: система управления питанием может стать причиной снижения скорости работы и других нарушений. В операционной системе Mac для доступа к этим настройкам выберите System Preferences⇨Energy Saver (**рис. 4.16**); в операционной системе Windows для доступа к этим настройкам откройте панель Свойства: электропитание (Power Options Properties), для этого выберите Пуск⇨Панель управления⇨Параметры электропитания (Start⇨Control Panel⇨Power Options).

- Отмените настройки автоматического переключения компьютера в ждущий режим. Иногда при возвращении компьютера из ждущего режима в рабочий режим происходит сбой в распознавании каких-либо аудиоустройств.
- Отмените настройки автоматического переключения жесткого диска в спящий режим. Снижение скорости вращения жесткого диска вызывает его ускоренный износ и может стать причиной задержки воспроизведения звука.
- **Отмените служебные сигналы системы.** Нет ничего хуже, чем услышать писк системы во время записи живого звука.

- В операционной системе Mac OS X выберите System Preferences⇨Sound⇨Sound Effects. Переключите служебные сигналы на внутренние громкоговорители и отмените звуковые эффекты пользовательского интерфейса и установку "play feedback when volume keys are pressed".
- В операционной системе Windows выберите Пуск⇨Панель управления⇨Звуки и аудиоустройства⇨Звуки (Start⇨Control Panel⇨Sounds and Audio Devices⇨Sounds). Отметьте опцию Нет звуков (No Sounds), чтобы заблокировать все служебные сигналы Windows. Выберите Пуск⇨Панель управления⇨Специальные возможности⇨Звук (Start⇨Control Panel⇨Accessibility Options⇨Sound) и отметьте опцию Визуальное оповещение (Use SoundSentry). Теперь Windows будет сигнализировать о проблемах, выводя на экран монитора мерцающий визуальный сигнал. Информацию об ошибке, если она произойдет, вы все равно получите, но это будет сделано бесшумно.
- Чтобы перестраховаться от нежелательных звуковых сигналов любых приложений, в опции "default audio output" (это касается любой платформы) выберите штатную звуковую плату компьютера (см. разделы "Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Mac OS X" и "Конфигурирование ПО для работы со звуком на операционной платформе Windows", приведенные выше в этой главе).
- Сделайте жесткий диск, используемый для записи аудиоинформации, загрузочным на всякий "пожарный" случай: как в Windows, так и в Mac OS X можно, используя инсталляционный компакт-диск или специальную утилиту, создать загрузочный съемный жесткий диск. Если у вас в запасе будет запасной загрузочный диск, с которого можно загрузить Windows или OS X, вам не придется прерывать работу и тратить день на восстановление системы в случае, если основной жесткий диск выйдет из строя.

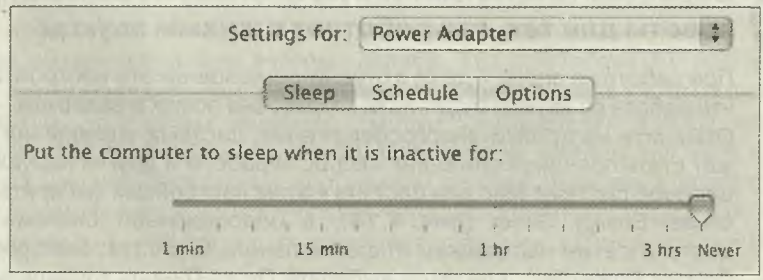


Рис. 4.16. *Панель Energy Saver preference операционной системы Mac OS*

Рекомендации пользователям Mac OS X

Избавьтесь от всего ненужного в OS X. Программа Diablotm — это полезная бесплатная утилита, предназначенная для отключения и подключения разнообразных системных компонентов с целью выявления причин нарушения работы или сокращения размеров системы (`http://s.sudre.free.fr/Software/Diablotm.html`).

Избавьтесь от многоязычной поддержки. Инсталлируйте только один язык поддержки или удалите неиспользуемые языки с помощью бесплатной утилиты Monolingual (`http://mono-lmgual.sourceforge.net`).

Защититесь от вирусов. Для операционной системы Mac OS X, вообще-то, проблема вирусов не столь актуальна, как для Windows, но, чтобы так и было на самом деле, разумнее заранее принять дополнительные меры предосторожности. Организованная компанией *Apple* Интернет-служба поддержки ОС Mac (`www.mac.com`), годовая подписка на которую стоит $100, предоставляет право бесплатно использовать антивирусное ПО Virex и, кроме этого, еще массу других услуг и скидок, что вполне оправдывает эти затраты.

Регулярно выполняйте обслуживание системы. Программа Cocktail (стоит совсем недорого) — незаменимая утилита для этой цели. Она выполняет многочисленные UNIX-сценарии обслуживания, которые OS X иногда отказывается выполнять автоматически, особенно если вы выключаете компьютер, вместо того чтобы оставить его постоянно работающим. Запустите Cocktail (**рис. 4.17**) и щелкните мышью на ярлыке Pilot; на этой панели вы можете вручную запускать сценарии или задать расписание их регулярного автоматического выполнения (`www.macosxcocktail.com`).

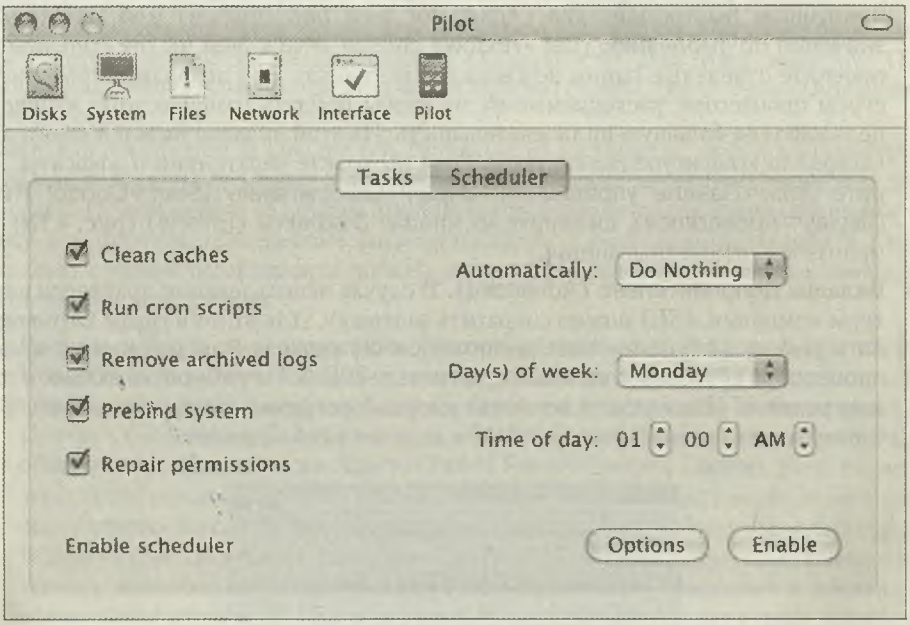


Рис. 4.17. *Prebind system? Run cron scripts? Вовсе необязательно разбираться в том, что означают все эти UNIX-овские задания по обслуживанию системы. Для текущего обслуживания компьютера, оснащенного операционной системой Mac OS X, необходимо всего лишь регулярно запускать утилиту Cocktail, и она максимально высвободит ресурсы компьютера для работы со звуком*

Оптимизируйте режим работы дисковой памяти. Отмените ведение журнала регистрации для всех дисков, которые используются в работе со звуком. В этой процедуре нет необходимости, но она отнимает часть системных ресурсов и, следовательно, пусть незначительно, но снижает скорость обработки аудиоинформации. Выберите Utilities⇨Disk Utility, щелкните на ярлыке нужного диска и выберите File⇨Disable Journaling.

Экономно используйте пространство на жестком диске. Для поиска ненужных файлов воспользуйтесь утилитой Omni-DiskSweeper компании *Omni Group*, которая выводит список каталогов и файлов, занимающих больше всего места на жестком диске. Эта утилита — превосходный инструмент поиска ненужных файлов на жестком диске и сокращения размеров рабочих архивов звукозаписей. В бесплатной версии этой программы заблокирована кнопка Delete, а полнофункциональная версия стоит $15 (`www.omnigroup.com`).

Рекомендации пользователям Windows

Настройте опции производительности системы: выберите Пуск⇨Панель управления⇨Система⇨Дополнительно (Start⇨Control Panel⇨System⇨Advanced) и на вкладке Дополнительно (Advanced) в разделе Производительность (Performance) щелкните мышью на кнопке Параметры (Settings). В открывшейся панели Параметры быстродействия (Performance Options) на вкладках Визуальные эффекты (Visual Effects) и Дополнительно (Advanced) предусмотрены опции, правильный выбор которых обеспечит повышение производительности системы.

- **Вкладка** Визуальные эффекты (Visual Effects). Отметьте опцию Обеспечить наилучшее быстродействие (Adjust for best performance) или Восстановить значения по умолчанию (Let Windows choose what's best for my computer) или отмените отдельные опции по своему усмотрению. Это позволит освободить ресурсы процессора, расходуемые на то, чтобы придать графическому интерфейсу пользователя большую привлекательность. На этой вкладке имеется много опций настройки конфигурации системы. Если вы хотите убрать тени и эффекты, выберите Пуск⇨Панель управления⇨Экран⇨Оформление (Start⇨Control Panel⇨Display⇨Appearance), щелкните на кнопке Эффекты (Effects) (**рис. 4.18**) и отмените все отмеченные опции.
- **Вкладка** Дополнительно (Advanced). В случае использования драйверов аппаратуры компании *ASIO* можно сократить задержку. Для этого в графе Оптимизировать работу (Adjust for best performance of) раздела Распределение времени процессора (Processor scheduling) отметьте опцию "служб, работающих в фоновом режиме" (Background services) вместо "программ" (Programs under). В случае использования драйверов WDM в этом нет необходимости.

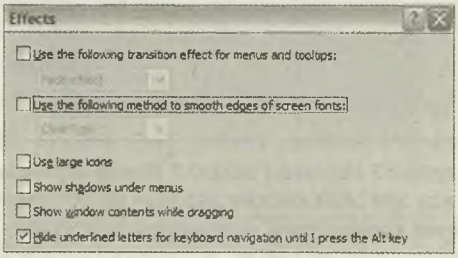


Рис. 4.18. *Панель настроек Эффекты (Effect) операционной системы Windows XP*

Очистите Реестр Windows. Реестр — это большая база данных, в которой хранится информация о системе; в то же время она является потенциальным источником проблем, затрудняющим выявление причин нестабильной работы системы. В самом худшем случае повреждение записей в реестре вызывает непредсказуемое поведение программного

обеспечения и снижение производительности или даже препятствует загрузке системы. Самостоятельно копаться в реестре не стоит, это может закончиться плачевно; лучше воспользоваться утилитой типа Registry First Aid компании *Rose City* (стоит она всего $21), которая выполнит всю эту работу вместо вас (`www.rosecitysoftware.com/RegIAid`). Использование такого рода утилиты должно стать непременной частью регулярно выполняемой процедуры обслуживания Windows — для компьютера это примерно то же, что для нас чистка зубов.

Очищайте пространство на диске с помощью утилиты Disk Cleanup. В состав Windows входит утилита, предназначенная для освобождения пространства на жестком диске. Выберите Пуск⇨Программы⇨Стандартные⇨Служебные⇨Очистка диска (Start⇨All Programs⇨Accessories⇨System Tools⇨Disk Cleanup). Не меняйте опции на вкладке Дополнительно (More Options) и не сжимайте неиспользуемые файлы, но используйте другие опции для высвобождения крайне необходимого пространства.

Отключите ненужные системные службы. Этот способ потенциально опасен, поэтому сначала разберитесь в том, что вы собираетесь делать, чтобы не отключить службы, жизненно важные для операционной системы, и обязательно выполните резервное копирование данных. Можно отключить службы, работающие в фоновом режиме, чтобы они не занимали место в оперативной памяти, и ресурсы процессора, и это даст резкое повышение сокорсти обработки аудиоданных и стабильности. Для этого выберите Пуск⇨Панель управления⇨Администрирование⇨Службы (Start⇨Control Panel⇨Administrative Tools⇨Services).

Защитите компьютер от опасностей, грозящих из Интернета: любой компьютер, подключенный к Интернету может стать жертвой шпионских программ, вирусов и других опасностей. Но при работе со звуком эти опасности становятся особенно серьезными, поскольку посторонние приложения расходуют место в оперативной памяти и ресурсы процессора, снижая устойчивость работы системы. Ниже указаны самые неотложные меры по защите компьютера.

- **Воспользуйтесь возможностями Центра обеспечения безопасности (Security Center).** В Windows XP SP2 и последующих версиях реализована технология централизованного контроля настроек безопасности; для того чтобы открыть окно Центра обеспечения безопасности, выберите Пуск⇨Панель управления⇨Центр обеспечения безопасности (Start⇨Control Panel⇨Security Center). Если вы используете более раннюю, чем SP2, версию Windows, стоит обновить ее. Если же у вас инсталлирована версия Windows, в которой имеется Центр обеспечения безопасности Windows (Security Center), вызовите его и убедитесь, что при подключении к Интернету такие опции, как брандмауэр, автоматические обновления и защита от вирусов, активизированы. Если у вас нет отдельного брандмауэра, используйте штатный брандмауэр Windows XP; для начала его будет вполне достаточно.
- **Если есть возможность, обеспечьте дополнительные меры защиты компьютера, подключенного к Интернету.** Вам понадобятся дополнительные средства антивирусной защиты и, возможно, вы предпочтете более оснащенный брандмауэр, чем штатный брандмауэр Windows XP. Воспользуйтесь бесплатными версиями брандмауэра Zone Alarm компании *Zone Labs* (`www.zonealarm.com`) и антивирусного ПО Grisoft AVG (`www.grisoft.com`).
- **Защитите свой компьютер от шпионских программ.** После завершения процедуры оптимизации остается защитить компьютер от шпионских программ (так называемого spyware или malware), которые представляют собой опасные и пожираю-

щие системные ресурсы скрытые утилиты, самостоятельно инсталлирующиеся на ПК без какого-либо на то разрешения в то время, когда вы просматриваете Web-ресурсы и загружаете ПО. Для поиска и уничтожения шпионских программ предлагается масса разнообразных эффективных утилит, например отличная программа Spybot Search & Destroy, которая к тому же бесплатна (`www.spybot.info`).

- **Заблокируйте все программы, не используемые в процессе работы со звуком.** Для поиска в Web и повседневной работы вам необходимы все эти разнообразные программы. Но во время концертного выступления или ответственной звукозаписи в студии, когда вам не нужно подключение к Интернету, заблокируйте все эти программы, чтобы высвободить оперативную память и ресурсы процессора, а также избавиться от диалоговых окон, отвлекающих от работы.

ГЛАВА 5

Быстрые наброски композиции с помощью MIDI- и аудиообразцов

Новое программное обеспечение превращает процесс сочинения музыкальной композиции в нечто похожее на игру с кубиками: берем из набора готовых элементов — MIDI-образцов и записанных аудиообразцов звуков — необходимые и комбинируем из них за несколько минут композицию, которая звучит, как профессионально записанная музыка. Эту композицию можно использовать, как готовую музыку или как набросок для создания оригинального произведения.

Ключевые вопросы

Делаем наброски композиции с помощью MIDI- и аудиообразцов

Мы освоим "индустриальную" технологию строительства из готовых блоков — аудио- и MIDI-образцов — на двух примерах.

Создание дорожки аккомпанемента в приложении Apple GarageBand

- Выстраивание аранжировки путем последовательного добавления элементов
- Микширование и экспорт музыкальной фонограммы на CD и в iPod

Создание оригинального автомата музыкальных ритмов (groove-box) в программе Cakewalk Kinetic

- Редактирование и компоновка отдельных образцов музыкальных ритмов
- Применение стандартных эффектов
- Создание структуры композиции в интерактивном режиме с помощью MIDI-клавиатуры

Ключевые термины

- Циклически повторяемый аудиообразец (loop)
- MIDI-образец (pattern)

С чего начать

Аудио- и MIDI-образцы можно использовать во многих приложениях, поэтому, поскольку вы уже освоили секвенсер, запускайте его и попробуйте в нем бесплатные аудиообразцы, записанные на DVD. В этой главе мы будем работать с приложениями, импортирующими и воспроизводящими аудиообразцы. На DVD записаны файлы, которые мы будем создавать на практических занятиях. Можете их послушать.

ОС Mac. Приложение **GarageBand** компании *Apple* (`www.apple.com/garageband`) инсталлировано на поступающих в настоящее время в продажу моделях Mac-компьютеров и входит в состав приложения iLife компании *Apple* (`www.apple.com/ilife`); аналогичные функциональные возможности имеют программы Apple Soundtrack (входит в пакет Final Cut Pro) и Logic Express/Pro.

Windows. Полнофункциональная демоверсия приложения **Cakewalk Kinetic** (`http://cakewalk.com/Products/Kinetic/`) записана на DVD, прилагаемом к данной книге.

MIDI-образцы и циклически повторяемые аудиообразцы

Вы можете быстро и легко сделать набросок музыкального замысла в программе Kinetic или GarageBand или в другой аналогичной им программе, скомпоновав его из набора готовых и многократно используемых музыкальных компонентов. Эти наброски можно сохранить, а затем редактировать и продолжать работать над ними.

MIDI-образцы (*pattern*) — порции MIDI-данных, исполняемые виртуальным инструментом. Поскольку MIDI-образцы представляют собой последовательность MIDI-сообщений, в которой закодированы параметры нот и ритмов, а не аудиозаписи, несложно менять отдельные ноты или кардинально изменять их звучание, назначая их разным виртуальным инструментам.

Аудиообразцы (*loop*) — это короткие записи звука, зачастую длиной в один, два или четыре такта, циклически повторяя которые, можно создать непрерывный звук. Их можно сжимать и растягивать по времени, сохраняя высоту тона или, наоборот, не меняя длительности, изменять высоту тона (за счет некоторого снижения качества звука), но независимо редактировать отдельные ноты в этом случае будет сложно, поскольку это связано с цифровой обработкой исходной записи аудиообразцов.

REX-файлы объединяют в себе особенности, присущие аудио- и MIDI-форматам. Каждый файл содержит множество отдельных сэмплов цифрового звука (как правило, отдельных нот), и такие аудиообразцы звука нот исполняются по MIDI-командам, записанным в MIDI-файле. Для воспроизведения REX-файлов требуются специальные программные проигрыватели.

Мы познакомимся с двумя приложениями, представляющими собой упрощенные версии профессиональных приложений (нечто вроде Блокнота в сравнении с редактором Word): приложением GarageBand компании *Apple* для ОС Mac и приложением Kinetic компании *Cakewalk* для ОС Windows. Но, невзирая на то, что эти приложения по своим функциональным возможностям уступают полнофункциональным версиям профессионального класса, они являются серьезными инструментами. В приложении GarageBand используется графическое представление цифрового звука в виде временной шкалы (timeline), характерное для полнофункциональных студийных рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), например Pro Logic, в то время как в Kinetic реализован "аппаратный" подход, копирующий стиль работы ди-джеев и аранжировщиков. Обе программы поддерживают интеграцию с профессиональными приложениями, что позволяет при необходимости расширить их возможности такими, например, функциями, как нотная запись, работа с объемным звуком и инструментами редактирования, которых они изначально лишены.

На DVD. Пополните свою библиотеку эксклюзивной бесплатной коллекцией аудиообразцов компании *SmartLoops* (`www.smartloops.com`), в которую включены аудиообразцы в формате Apple Loops для GarageBand и в формате ACID для обеих программ — и GarageBand, и Kinetic (и для множества других программ). На DVD вы также найдете методики использования аудиообразцов в музыкальных композициях.

Как отличить MIDI-образец (pattern) от аудиообразца (loop)

Поскольку редактируемые MIDI- и аудиообразцы представляют собой звукозаписи разной природы, программа должна обеспечить пользователю возможность отличать одни от других. В приложении GarageBand звук в формате аудио маркируется синим, а в формате MIDI — зеленым цветом в любом графическом представлении. Как и в других приложениях, здесь несложно отличить разные типы данных по внешнему виду: звук в формате аудио изображается в виде колебания, а MIDI-ноты — в виде полосок (**рис. 5.1**). В приложении Kinetic любой звук считается MIDI-образцом, если только специально не маркирован как аудиообразец.

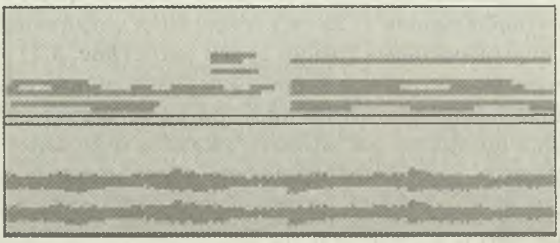


Рис. 5.1. *В приложении GarageBand MIDI-ноты изображаются в виде полосок (вверху), а звук в формате аудио — в виде колебания (внизу)*

Независимое изменение высоты тона и темпа

Tempo	Key	Beats
140	E	16
120	C	16
130	C#	8
128	G	16
100	F	16
95	G	32
126	C	4

Не изменяйте длительность аудиообразца слишком сильно. Резкое изменение темпа или тональности аудиообразца приводит к заметному искажению звука. Чтобы не столкнуться с такой проблемой, не растягивайте слишком сильно аудиообразец, а лучше выберите более подходящий. Это искажение звука не обязательно является неприемлемым: в действительности музыканты иногда целенаправленно используют этот эффект, чтобы добиться необычного звучания.

Во времена аналоговой звукозаписи на магнитную ленту изменить высоту тона звука можно было единственным способом — за счет изменения (повышения или снижения) скорости протяжки магнитной ленты при воспроизведении записи. Малейшее изменение скорости приводило к изменению высоты тона. Цифровые технологии звукозаписи сделали возможным независимое изменение темпа и высоты тона. MIDI-технология позволяет как угодно манипулировать тональностью и темпом исполнения, а благодаря цифровым технологиям обработки это стало возможным и для цифровой аудиозаписи, хотя при больших изменениях становится заметным на слух изменение тембра звучания.

Для облегчения операций изменения высоты тона/длительности цифровых аудиозаписей используются специальные форматы записи аудиообразцов, которые предусматривают включение в файл метаданных. На практике распространение получили несколько стандартных файловых форматов (об этом читайте ниже, в разделе “Стандартные форматы записи аудиообразцов”). За счет сохранения информации о первоначальном темпе и маркировки первоначальных границ долей такта (**рис. 5.2**) эти форматы обеспечивают возможность более аккуратной коррекции, делая ее практически незаметной на слух. Вместо растяжения или сжатия по времени всего файла целиком программная коррекция звукозаписи позволяет растягивать/сжимать отдельные доли такта и манипулировать ими. Изменить темп или тональность звука можно и при отсутствии этой информации, но на то, чтобы достичь оптимального результата, в этом случае уходит больше времени и усилий.

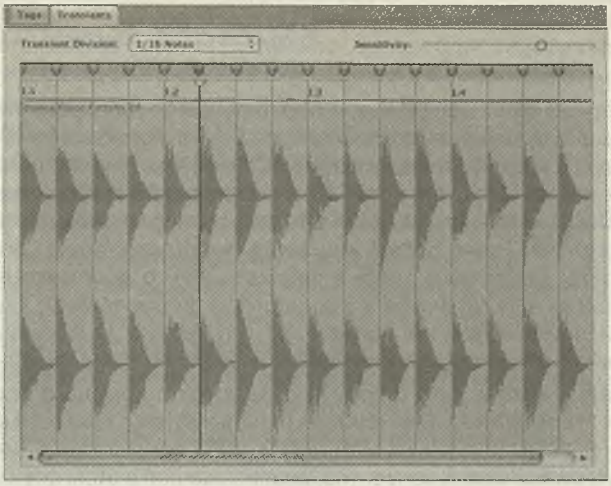


Рис. 5.2. *Форматы записи аудиообразцов предусматривают сохранение информации о положении отдельных долей такта, обеспечивая возможность более точной коррекции. Приложение считывает эту информацию и автоматически вносит необходимые коррективы, как в данном примере коррекции долей такта аудиообразца, записанного в формате Apple Loop*

Стандартные форматы записи аудиообразцов

Приложения Sony Acid и Apple GarageBand способствовали популяризации технологии, базирующейся на использовании циклически повторяемых аудиообразцов (loop). В настоящее время эта технология интегрирована во многие приложения: в их числе — наиболее распространенные рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) (о них читайте в главе 2, "Выбор инструментов"). В ряде приложений, например в Ableton Live, заложены широкие возможности обработки аудиоданных в стандартных цифровых форматах WAV и AIFF. Но специальные форматы обеспечивают возможность более "гладкого сшивания" циклически повторяемых образцов — при условии, что они заранее подготовлены пользователем или разработчиком образцов звуков.

Эти специальные форматы предусматривают сохранение метаданных, таких как тональность, исходный темп и позиции долей такта (**рис. 5.3**). К этой категории относятся следующие форматы.

Apple Loops. Цифровой звук в формате Apple Loops хранится в стандартных AIFF-файлах, поэтому может использоваться в любом приложении, поддерживающем формат AIFF, в том числе в музыкальном ПО для ОС Windows. Некоторые музыкальные приложения для ОС Mac (например, MOTU Digital Performer) способны считывать данные о позиции долей такта из файлов, записанных в формате Apple Loops, а приложения GarageBand и Pro Logic компании *Apple* с помощью механизма Loop Browser выделяют такую информацию, как ключевые слова, тональность и темп. С помощью бесплатной утилиты Apple Loops Utility, входящей в состав Logic Pro, которую можно загрузить с Web-сайта

http://developer.apple.com/sdk/#AppleLoops, вы можете самостоятельно создавать и редактировать файлы звука в формате Apple Loops.

ACID. Формат ACID изначально разрабатывался для хранения цифровых звуков, предназначавшихся для использования в приложении Sony ACID на PC-компьютерах, но в настоящее время ACID-файлы широко используются в приложениях как на Mac-, так и на PC-компьютерах. В файлах, записанных в формате ACID, хранится информация о темпе, ритме и тональности, но отсутствуют ключевые слова. Точно так же, как файлы в формате Apple Loops представляют собой файлы цифрового звука в формате AIFF с дополнительными данными, в ACID-файлах звук хранится в стандартном формате WAV, так что даже в случае, если приложение не распознает служебную информацию, записанную в ACID-файле, оно способно использовать аудиообразец, как обычный WAV-звук.

REX. Файлы звука в этом формате создаются с помощью программы ReCycle компании *Propellerhead*. Они широко используются в программах цифровой звукозаписи, работающих как на Mac-, так и на PC-компьютерах, благодаря гибкости технологии ритмических сегментов, реализованной в этом формате, хотя в нем не предусмотрено сохранение таких данных, как ключевые слова и тональность.

Приложение GarageBand предназначено для работы, главным образом, с файлами в формате Apple Loops, но поддерживает также популярный формат ACID. В приложении Kinetic используются аудиообразцы в формате ACID.

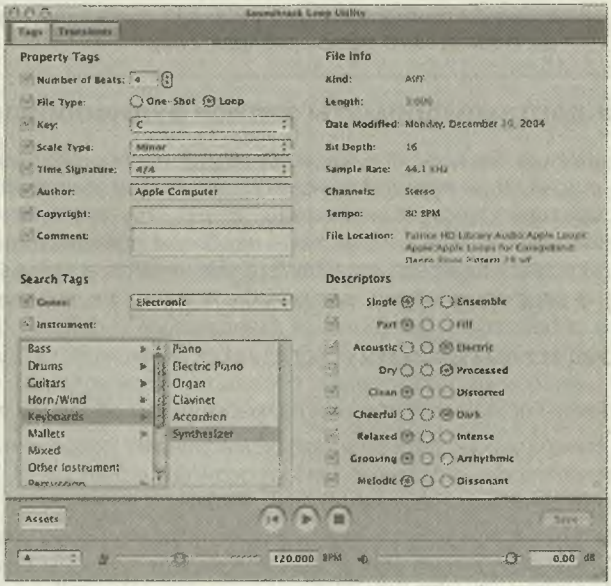


Рис. 5.3. *Файлы циклически повторяемых аудиообразцов содержат не только цифровой звук, но и метаданные. В показанном примере редактирования файла аудиообразца, записанного в формате Apple Loop, в утилите Soundtrack Loop Utility (теперь она называется Apple Loop Utility), видно, что в нем хранится обширная служебная информация — ключевые слова, тип инструмента и жанр, темп и тональность*

Музыка из готовых образцов

Быстрый старт. Такие профессионалы, как продюсер Us3 Джефф Уилкинсон (Geoff Wilkinson), используют аудиообразцы и сэмплы для черновых набросков, чтобы выразить замысел и нащупать верный путь, а затем заменяют эти наброски записанной музыкой.

Ритм-машины, имитировавшие ритмы рок-ударников, были одним из первых типов коммерческой музыкальной аппаратуры, базировавшейся на использовании образцов. Для хип-хопа и так называемой танцевальной музыки неповторимое механическое звучание ритм-машин оказалось настоящей находкой.

Технология создания музыки из готовых аудио- и MIDI-образцов обычно ассоциируется в нашем сознании с новыми направлениями в музыке (чаще всего — исключительно с танцевальной музыкой и электромузыкальными инструментами), но концепция, положенная в основу этой технологии, далеко не нова. В музыкальных традициях всех культур прослеживается использование повторяющихся музыкальных фрагментов и образцов.

Аккуратно состыковывая MIDI- и аудиообразцы звука и варьируя ими, вы можете создавать композиции, звучащие более натурально и мелодично или, наоборот, более искусственно и эксцентрично; все зависит от замысла. Но в обоих случаях ваши возможности просто безграничны.

Мы познакомимся с двумя чаще всего встречающимися на практике способами использования аудио- и MIDI-образцов. Первый из них — создание дорожки аккомпанемента для репетиций, сочинения песен или выступлений. В этом случае аудиообразцы используются для исполнения музыкальных партий, которые вы по-другому не можете исполнить. Во втором случае повторяющиеся ритмические композиции используются для создания интерактивной танцевальной музыки. Для решения первой задачи мы воспользуемся приложением GarageBand, для решения второй — приложением Kinetic, но любая из этих программ подходит для решения обеих задач.

Создаем дорожку аккомпанемента в приложении GarageBand

В тех случаях, когда требуется аккомпанемент для репетиции, для использования вместо отсутствующих исполнителей или для быстрого воплощения в наброске музыкального замысла, библиотеке аудиообразцов, например той, которая входит в состав приложения GarageBand, нет цены. Программа GarageBand продается в комплекте с обширной коллекцией заранее подобранного, готового музыкального материала, состоящего из образцов разных музыкальных жанров. В ней можно создать музыкальное исполнение даже без этих аудиообразцов, но они могут служить как отличным дополнением к уже записанным музыкальным фрагментам, так и самостоятельными блоками для создания композиций. С помощью звуков из коллекции GarageBand вы сможете создавать аранжировки в стиле “кантри” и “фолкрок”, после чего записывать исполнение музыкальных партий и, микшируя их, создавать законченные записи исполнения ваших сочинений.

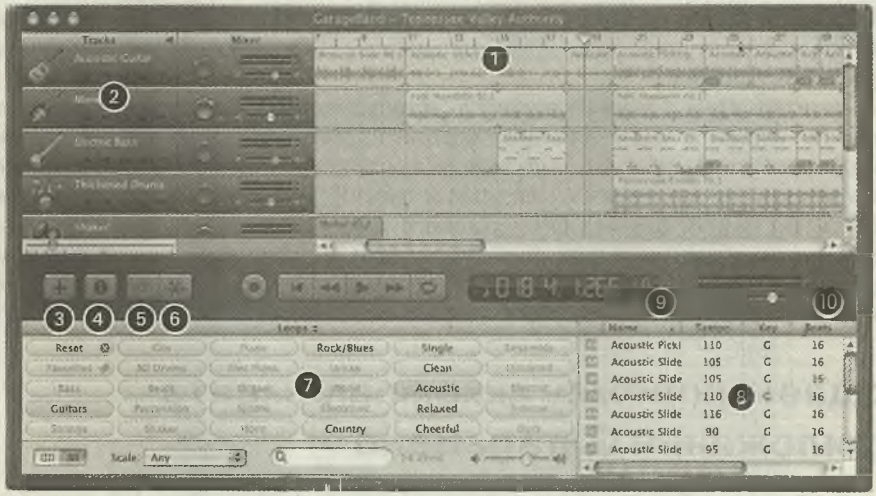
Поскольку в программе GarageBand согласование темпа аудиообразцов осуществляется автоматически, это дает возможность комбинировать аудиообразцы, имеющие разный оригинальный темп. Но автоматическое согласование ритмического характера ком-

понентов в GarageBand отсутствует, поэтому вам, возможно, придется на слух определять, какой из нескольких вариантов клипов звучит лучше.

На DVD. Записаны примеры, выполненные в приложении GarageBand по условиям рассмотренного нами задания. Для пользователей, работающих на операционной платформе Windows, и тех, у кого нет GarageBand, файлы примеров записаны в формате MP3, чтобы можно было прослушать, какой получается результат.

GarageBand: первое знакомство

Программа GarageBand является ядром полнофункциональной рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) с упрощенным пользовательским интерфейсом (**рис. 5.4**). В ее состав входят основные средства многодорожечной записи, редактирования звука в формате аудио и MIDI, дополненные эффектами и инструментами, заимствованными у программы Apple Logic, а также браузер и библиотека аудиообразцов.



1. Многодорожечная композиция состоит из синхронизированных между собой аудио- и MIDI-дорожек, в которых записаны последовательности аудио- и MIDI-образцов
2. Кнопки "включить в режим записи", "убрать звук", "сольное звучание", "заблокировать дорожку", "скрыть/показать" полосу автоматического регулирования громкости и панорамы
3. Добавить инструмент
4. Редактировать настройки инструмента
5. Открыть браузер аудиообразцов
6. Редактировать дорожку/регион
7. Панель выбора категории аудиообразцов
8. Панель прослушивания аудиообразцов
9. Панель управления плейером
10. Главный регулятор громкости

Рис. 5.4. *Простой графический интерфейс программы Basic Garage-Band 2.0*

Мало имеющихся аудиообразцов? В Интернете вы найдете аудиообразцы и инструменты на любой вкус, от классических до джазовых, от рока до электронных звуков, разработанные компанией *Apple* и другими компаниями и даже предлагаемые бесплатно. Прежде чем использовать аудиообразец в сочинении, предназначенном для продажи, внимательно прочитайте условия, на которых вы его приобретаете, некоторые аудиообразцы продаются на условиях, ограничивающих их свободное использование лицензионными соглашениями.

Apple Jam Packs (`www.apple.com/garageband/jampacks`)

Big Fish Audio (`www.bigfishaudio.com`)

East West (`www.soundsonline.com`)

iCompositions: справочник по программным инструментам композиции, продукты сторонних разработчиков и бесплатные аудиообразцы (`www.icompositions.com/tools`)

SmartLoops (`www.smartloops.com`)

ACID-совместимые WAV-файлы. WAV-файлы в формате ACID, предлагаемые в Интернете (и записанные на DVD, прилагаемом к данной книге), можно использовать в программе GarageBand. Единственный недостаток — использовать браузер Loop Browser для их просмотра и поиска невозможно, во всем остальном они ничем не отличаются от файлов в формате Apple Loops.

Стандартная технология сочинения музыки в GarageBand

Процедура создания композиции в приложении GarageBand сводится, в основном, к последовательности следующих действий.

1. **Приступаем к сочинению.** Задаем тональность и темп.
2. **Подбираем аудиообразцы.** Ищем в браузере аудиообразцов нужные, мышью перетаскиваем их в окно записи для использования в качестве дорожек аккомпанемента, черновых дорожек “напева” или даже полных мелодий.
3. **Выполняем аранжировку мелодии (или дорожек аккомпанемента).** Перетаскиваем мышью аудиообразцы целиком к новым начальным позициям или растягиваем их с помощью мыши.
4. **Записываем партии, исполняемые самостоятельно.** Добавляем партии, записывая их с MIDI-клавиатуры, микрофонов или гитарного входа.
5. **Редактируем.** Редактируем MIDI-секвенции или партии, исполненные самостоятельно.
6. **Добавляем эффекты и микшируем звукозаписи.** При желании корректируем эффекты, подключенные к дорожкам записи, и регулируем панораму и громкость.
7. **Упаковываем готовую песню.** Экспортируем фонограмму в iTunes или на CD.

Дополнительное оборудование

Для реализации этой технологии в приложении GarageBand можно обойтись и одним компьютером (**рис. 5.5**), но дополнительное оборудование облегчит эту работу и расширит возможности.

- Устройство сопряжения обеспечивает дополнительные аудиовходы, благодаря чему появляется возможность записывать в приложении GarageBand 2 и последующих версиях несколько входных сигналов одновременно (это зависит от производительности компьютера).
- С помощью MIDI-устройства, например клавиатуры или MIDI-гитары, вы получаете возможность играть музыкальные партии.
- Портативное устройство воспроизведения, например iPod, дает возможность всегда иметь при себе фонограммы аккомпанемента.

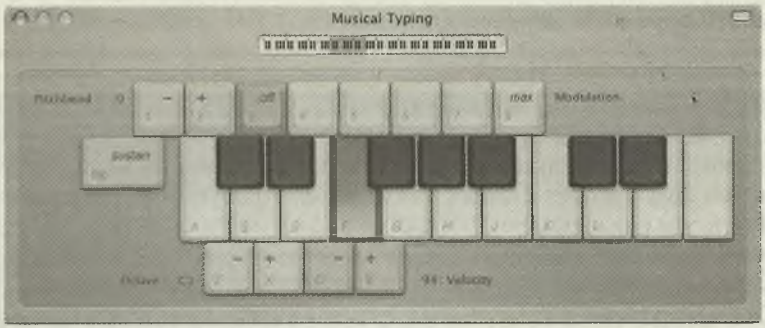


Рис. 5.5. *Если под руками не оказалось MIDI-клавиатуры, можно вводить ноты с помощью мыши. Для этого выберите Window⇨Keyboard. Или, что еще лучше, в GarageBand 2 и последующих версиях выберите Window⇨Musical Typing, чтобы использовать для ввода нот компьютерную (QWERTY) клавиатуру*

Практическое занятие 1. Приступаем к сочинению и выбираем аудиообразцы (loop)

Необходимые аудиообразцы

Guitars⇨Rock/Blues⇨Acoustic Vamp 01

Необходимые инструменты GarageBand

Браузер Loop Browser

Автоматическое позиционирование образцов (Automatic Loop Placement)

Циклическое повторение (Cycle)

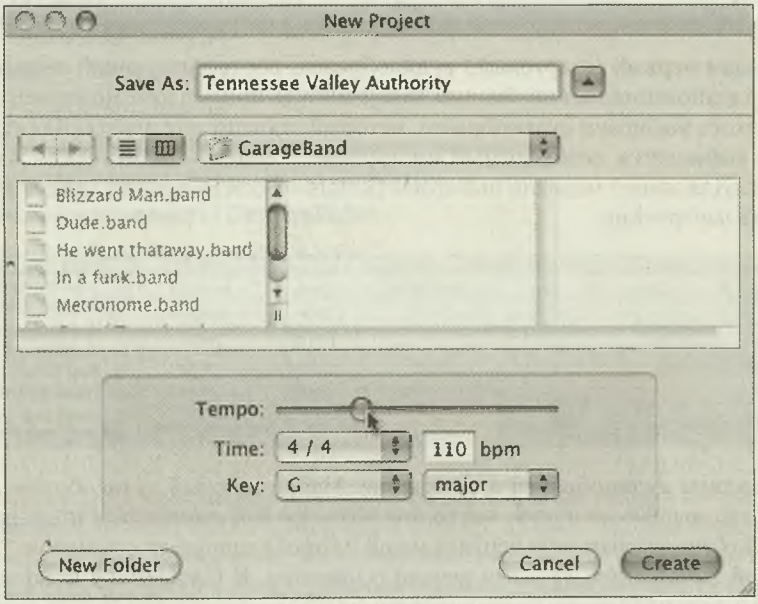
Мы начнем это практическое занятие с того, что научимся выбирать из имеющихся аудиообразцов нужные с помощью браузера Loop Browser и вводить их в процесс.

Для выбора аудиообразцов щелкаем мышью на соответствующих категориях панели браузера Loop Browser. Например, для того чтобы отменить все выбранные категории,

щелкаем мышью на кнопке Reset в верхнем левом углу панели, затем, щелкая мышью, выбираем Bass⇨Rock/Blues⇨Edgy Rock Bass 01.

Для привязки выбранного аудиообразца к нужному месту служат номера ритмических интервалов (тактов) (они задаются в виде чисел "m" и "mm"). Для привязки к тактам и долям такта служит линейка разметки в верхней части окна Garage-Band: такты на ней обозначены номерами, а доли такта — просто черточками.

1. **Выбираем темп, размер и тональность.** Открываем программу GarageBand и следуем приглашению, появившемуся в ее окне, или выбираем File⇨Create a New Project. Для нашей мелодии задаем темп — 110 bpm (ударов в минуту), размер — 4/4, тональность — "соль минор". (В программе GarageBand 1.x задание мажорной или минорной тональности не предусмотрено.)



2. **Убираем дорожку пианино.** Сейчас дорожка пианино нам не нужна, поэтому убираем ее: выбираем эту дорожку и нажимаем <Command-Delete>. Открытые в GarageBand дорожки, даже неактивные, расходуют ресурсы процессора, поэтому, удаляя их, мы уменьшаем нагрузку на процессор.
3. **Просматриваем перечень доступных аудиообразцов.** На панели браузера Loop Browser в нижней части окна GarageBand перечислены категории доступных аудиообразцов, систематизированных по инструментам и жанрам. Если панель скрыта, щелкните мышью на пиктограмме в виде синего глаза, чтобы отобразить ее. Щелкая мышью на нужных категориях или воспользовавшись функцией поиска, выбираем аудиообразцы; перед тем как добавить аудиообразец в аранжировку, вы можете *прослушать* его, щелкнув на нем мышью. Кнопка Reset служит для отмены выбранных категорий.

4. **Находим первый (стартовый) аудиообразец, соответствующий нашему замыслу.** Для вдохновения нам необходим какой-нибудь пример аккомпанемента ансамбля. Для этого выбираем аудиообразец, который побудит нас играть. Как правило, сначала выбирается необходимый инструмент, а затем — жанр/стиль, чтобы сузить поиск. Для нашей мелодии выбираем Guitars⇨Rock/Blues⇨Acoustic Vamp 1, чтобы задать настроение.

5. **Добавляем аудиообразец в сочинение.** Найдя нужный аудиообразец, перетаскиваем его мышью на пустое место под разметочной линейкой и проверяем, что его начало (оно указывается вертикальной линией) совпадает с номером "1" на разметочной линейке (`m.1`) — это начало сочинения. В GarageBand конфигурация дорожки автоматически настраивается для исполнения гитарного аудиообразца. Аудиообразец, добавляемый в сочинение (song), называется *регионом* (*region*).
6. **Прослушиваем.** Теперь можно просто щелкнуть мышью на кнопке Play, но для включения режима циклического повторения аудиообразца сначала щелкаем мышью на кнопке Cycle. В GarageBand границы цикла задаются автоматически — он занимает первые четыре такта и маркируется желтой полосой на разметочной линейке. Это обеспечивает удобство для инструментальной или вокальной импровизации под аккомпанемент циклически повторяемого аудиообразца или прослушивание новых аудиообразцов, добавляемых в сочинение. По окончании работы еще раз щелкните на кнопке Cycle, чтобы отменить режим циклического повторения.

Совет. На панели помещаются не все категории. Чтобы увидеть больше опций, установите указатель мыши на пустое место на панели инструментов (указатель примет вид руки) и перемещайте его, расширяя окно.

Совет. В режиме циклического повторения вы можете задать длительность цикла, перетаскивая и растягивая мышью желтую полосу. Перетащите с помощью мыши центр желтой полосы, чтобы передвинуть ее, или края, чтобы изменить точки начала и конца цикла.

Практическое занятие 2. Создаем простую аранжировку

Необходимые аудиообразцы

Shaker⇨Shaker 01, Shaker 02

Slide Guitar⇨Acoustic Slide 06,01,02

Slide Guitar⇨Acoustic Picking 21

Guitars⇨Country⇨Folk Mandolin 02

Kits⇨Country⇨Southern Beat 02

Bass⇨Country⇨Southern Bass 02, 03

Kits⇨Rock Blues⇨Ensemble⇨Percussion Combo 08

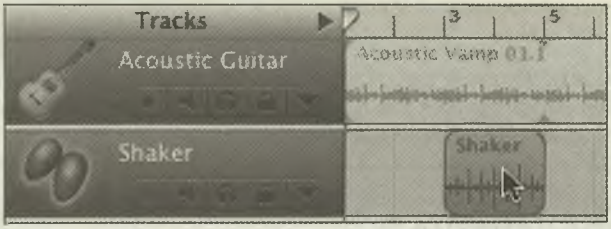
Необходимые инструменты GarageBand

Размещение и растяжение аудиообразцов

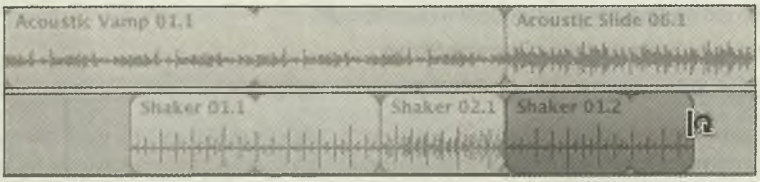
Бесконечное повторение одного и того же аудиообразца — это еще далеко не завершенное сочинение. Перетаскивая мышью новые аудиообразцы из списка на панели Loop Browser на новые дорожки, создаем новые партии и усложняем структуру сочинения. Это аналогично вступлению в игру новых музыкантов.

1. **Добавляем циклы повторения аудиообразца.** Если установить указатель мыши на верхний правый угол региона Acoustic Vamp, он примет вид петли. Переместим его вправо, добавляя циклы повторения аудиообразца, гладко состыкованные по границам. Слишком много повторений делают музыку надоедливой, поэтому добавим всего одно повторение, остановившись в точке m.9 (стыки повторов аудиообразца определяются по закругленным краям, в данном случае это такт m.5.)

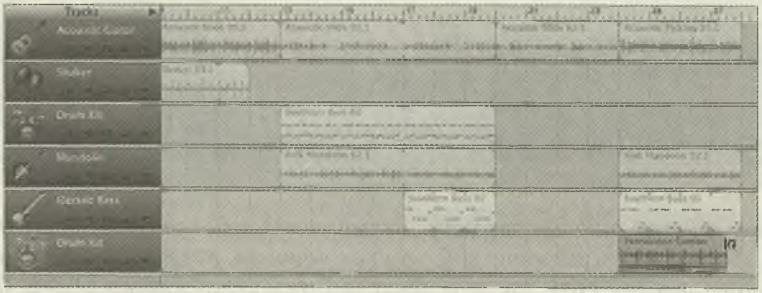
2. **Добавляем еще один инструмент.** Ритмичность добавляемых новых звуков помогает сформировать ритмический рисунок мелодии, поэтому до вступления нашего ударника зададим ритм, введя шейкер: выберем аудиообразец Shaker 01. Перетаскиваем его на пустое место под дорожкой гитарной партии, чтобы создать новую дорожку, сдвигаем начало звука шейкера на два такта назад от начала гитарной партии, в точку m.3.



3. **Вносим разнообразие.** Поскольку музыканты не играют совершенно одинаково (надеемся) свои партии от начала до конца, внесем небольшое разнообразие: перетаскивая правый край аудиообразца Shaker 01 мышью до точки `m.7`, добавляем еще один цикл повторения, затем, чтобы усилить окончание фразы гитарной партии, добавляем аудиообразец Shaker 02 (точки `mm.7-9`), после чего еще раз повторяем аудиообразец Shaker 01 (точки `mm.9-11`). Характер исполнения партии акустической гитары тоже меняется — добавляем аудиообразец Acoustic Slide 06 в конце предыдущего аудиообразца (начиная с точки `m.9`). В партии шейкера добавляем два такта паузы; барабанщику, играющему и на шейкере, необходимо время на то, чтобы взять в руки барабанные палочки.



4. **Продолжаем сочинение.** Новые инструменты создают впечатление игры ансамбля и превращают наше сочинение в настоящую музыку. Добавляем новые дорожки ударных инструментов и мандолины. В дорожку гитарной партии добавляем еще один аудиообразец Acoustic Slide. Поскольку выразительность мелодии придает не только добавление звука, но и паузы в нем, создаем дорожку бас-гитары, но начинаем ее на четыре такта позже остальных партий. Затем усиливаем выразительность мелодии, сделав звук гитары сольным: добавляем другой вариант аудиообразца Acoustic Slide в точке `m.20`, сделав паузу в остальных партиях.



Продолжаем сочинение

От точки `m.13` до точки `m.20`: Southern Beat 02, Folk Mandolin 02, Acoustic Slide 01
От точки `m.17` до точки `m.20`: Southern Bass 02
От точки `m.20` до точки `m.24`: Acoustic Slide 02

5. **Усиливаем звучание ансамбля.** Когда гитара замолкает, усиливаем голоса других инструментов в тактах mm.24–28. Для придания большей отчетливости партии ударных инструментов добавим внизу новую дорожку ударных инструментов (для аудиообразца Percussion Combo 08 необходима отдельная дорожка, потому что это аудиорегион, а не MIDI-запись, в отличие от дорожки Drum Kit). Мы также изменим характер игры гитары, добавив аудиообразец Acoustic Picking, и продолжим партию мандолины и бас-гитары (для разнообразия выбрав аудиообразец Southern Bass 03). Теперь щелкаем мышью на крайней слева кнопке управления механизмом проигрывателя (помеченной одиночной стрелкой, указывающей влево) для возврата в начало дорожки и щелкаем на кнопке Play, чтобы прослушать результат (аранжировка оборвется внезапно, но ведь это только начало!).

Усиливаем звучание ансамбля (все аудиообразцы начинаются в точке m.24 **и заканчиваются в точке** m.28**)**

Percussion Combo 08
Acoustic Picking 21
Folk Mandolin 02
Southern Bass 03

Практическое занятие 3. Совершенствуем структуру сочинения

Необходимые аудиообразцы

Strings⇨Ensemble⇨Orchestra Strings 02

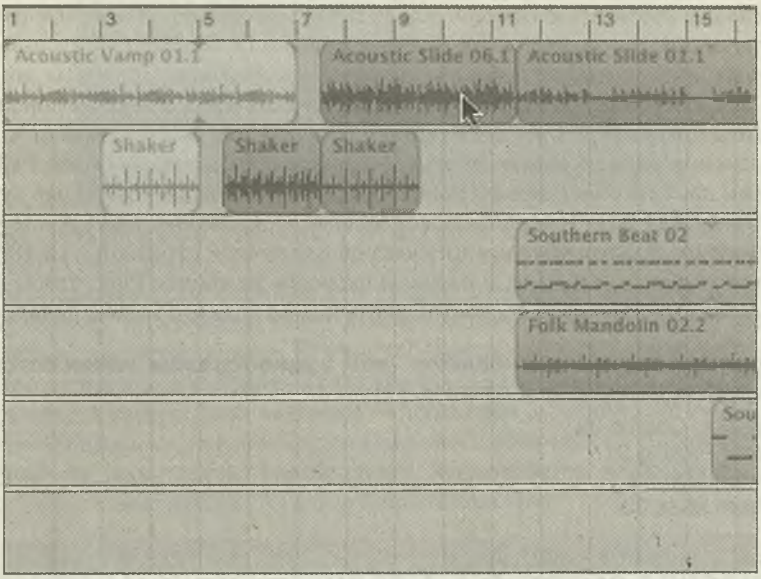
Необходимые инструменты GarageBand

Создание копий-дубликатов регионов

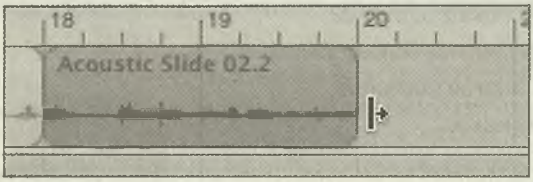
Транспонирование регионов

Чтобы придать еще больше сходства характеру игры, присущему "живому" исполнению, выполним "отделку" повторов еще более искусно, сделаем их менее искусственными и добавим смену аккордов, чтобы гармония песни не оставалась застывшей.

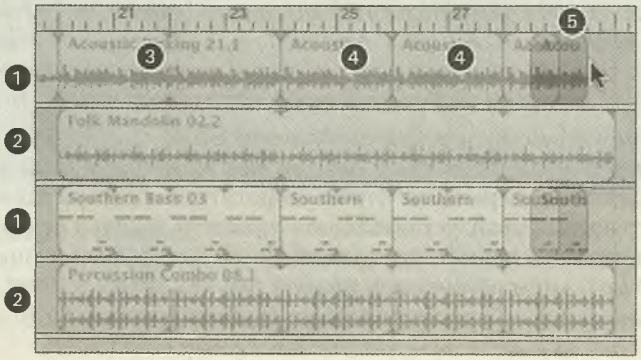
1. **Уплотняем сочинение.** Убрав ненужные повторы, мы придадим больше чувства нашему сочинению. Первый шаг: уберем по два последних такта из регионов Acoustic Vamp и Shaker. Перетаскиваем мышью правый край региона Acoustic Vamp из точки m.9 в точку m.7, а правый край региона Shaker 01 из точки m.7 в точку m.5. Второй шаг: передвигаем остальную часть аранжировки влево, перемещая указатель мыши по всем регионам, чтобы выделить их, и перетаскиваем их так, чтобы они опять выстроились нужным образом по отношению к скорректированным регионам акустической гитары и шейкера (так, чтобы между ними не было разрыва).
2. **Укорачиваем вдвое аудиообразец** Acoustic Slide. Поскольку в самом аудиообразце Acoustic Slide 02 заложен повтор, нам на самом деле не нужно, чтобы он продолжался все четыре такта. Чтобы укоротить этот регион вдвое, перетаскиваем мышью его правый край: устанавливаем указатель мыши в центр правой границы региона, пока он не примет вид прямой линии со стрелкой, направленной вправо (а не в петлю), затем перемещаем правую границу влево, в точку m.20. Опять перетаскиваем остальные регионы влево, передвигая начало из точки m.22 в точку



m.20, чтобы убрать разрыв. Приходится потрудиться, но оно того стоит. Послушайте, насколько сочнее стала звучать аранжировка.



Мы сделаем копии-дубликаты регионов в партиях гитары и бас-гитары (1), затем изменим их тональность, а аудиообразцы в партиях мандолины и ударных инструментов оставим без изменения (2). Мы создадим четырехтактный регион (3), два двухтактных региона (4) и два однотактных региона (5), расставив их по местам путем перетаскивания мышью при нажатой клавише <Option>.



3. **Копируем и дробим регионы, чтобы внести смену аккордов.** Путем деления отдельных регионов создаем структуру сочинения. Создаем копии-дубликаты региона Southern Bass 03 в партии бас-гитары и Acoustic Picking в партии гитары: удерживая нажатой клавишу <Shift> и щелкая мышью, выделяем оба региона, затем, нажав и удерживая нажатой клавишу <Option>, перетаскиваем их в точку m.24. Укорачиваем скопированные регионы до двух тактов — от точки m.24 до точки m.26 (для этого нужно установить указатель мыши на центральную часть правой границы региона и двигать ее влево; как это делается, описано выше, в п. 2). Затем еще два раза копируем новые двухтактные регионы и переносим их в интервалы mm.26–28 и mm.28–30. Укорачиваем регионы, занимающие интервал mm.28–30, до одного такта и еще раз по той же методике копирования, путем выделения и перетаскивания мышью при нажатой клавише <Option>, добавляем еще по одному однотактному региону — теперь они занимают интервалы mm.28–29 и mm.29–30. В завершение удлиняем последние регионы: Folk Mandoline — в партии мандолины и Percussion Combo — в партии ударных инструментов. Теперь они занимают интервал от точки m.20 до точки m.30. (Ни один из этих регионов мы не будем транспонировать.)

Зачем так много действий?

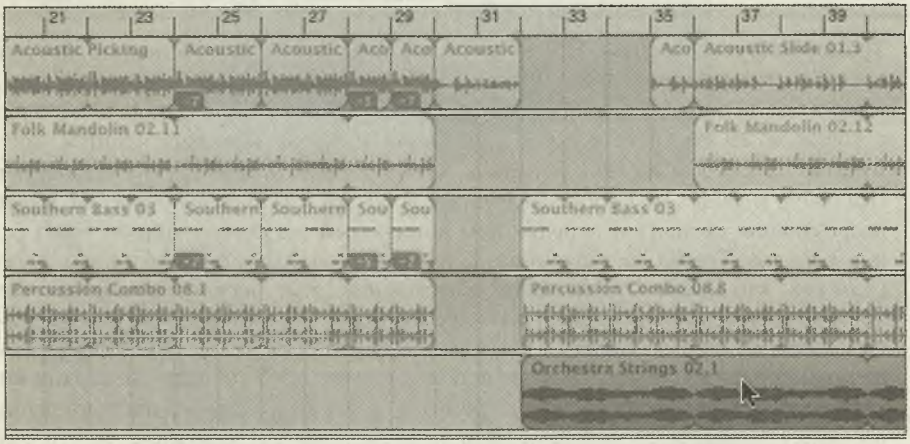
Аудиообразцы в программе GarageBand, как правило, исполняются в одной тональности. Дробя регионы, мы создаем гармоническую структуру (смену аккордов), смещая тональность этих аудиообразцов. У нас будет смена аккордов в регионах длиной 4 такта, затем 2 такта плюс 2 такта, затем 1 такт плюс 1 такт.

4. **Транспонируем регионы.** После того как мы раздробили регионы, можно приступать к их транспонированию. Выделяем второй и последний регионы в партии гитары и бас-гитары (они занимают интервал mm.24–26 и интервал, начинающийся с точки m.29 соответственно); удерживая нажатой клавишу <Shift>, щелкаем мышью на каждом из этих регионов, чтобы выделить всю группу одновременно. Щелкаем мышью на кнопке редактора дорожки (на ней изображены ножницы, разрезающие сигнал) и передвигаем движковый регулятор Region Pitch (слева, под панелью Track) до значения –7, изменяя тональность выделенных регионов (для тех, кто имеет музыкальное образование: этот регулятор изменят тональность ступенчато, полутонами, поэтому значение –7 эквивалентно понижению тональности на чистую квинту). Выделяем в партиях гитары и бас-гитары регионы, начинающиеся в точке m.28, и транспонируем их на –5 (остальные партии не трогаем: звучание мандолины нас устраивает, а партию ударных инструментов, как вы сами понимаете, транспонировать бессмысленно). Прослушиваем, что получилось: наше сочинение звучит, как обычная последовательность аккордов исполнения в стиле блюз/рок. Завершив работу, возвращаемся в Loop Browser, еще раз щелкнув мышью на кнопке, на которой изображен глаз.

Транспонируем регионы

mm.20–24: не транспонируем
mm.24–26: –7
mm.26–28: не транспонируем
mm.28–29: –5
mm.29–30: –7

5. **Завершаем сочинение.** Чтобы завершить этот короткий фрагмент, добавим еще один аудиообразец Acoustic Slide 02 перед тем, как снова вступят ударные инструменты и бас-гитара (после которых наступит черед мандолины и гитары). Добавим, причем, образно говоря, "бесплатно", еще один, последний, компонент: аудиообразец Orchestra Strings 02. Такое вашему реальному ансамблю, очевидно, не под силу (тех, кого волнует, зачем нужно такое большое количество повторений, успокоим: мы планируем в конце исполнения плавно убрать звук (fade out), поэтому нам понадобятся дополнительные повторения).



Завершаем сочинение

mm.32-48: Percussion Combo 08

mm.32-52: Southern Bass 03

mm.36-44: Folk Mandolin 02

mm.35-36: Acoustic Slide 02

mm.36-52: Acoustic Slide 01

mm.32-52: Orchestra Strings 02

Практическое занятие 4. Микшируем и записываем

Эффекты

Master Track⇨Rock/Pop⇨Folk Rock

Инструменты GarageBand

Панорамирование и громкость для дорожек

Автоматизация изменения громкости/панорамы звука

Предустановки эффектов

Главная (master) дорожка

Реальный инструмент, программный инструмент

Запись

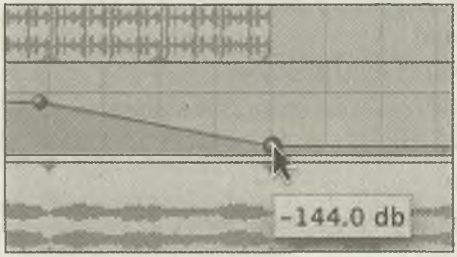
Редактирование

После того как основные элементы расставлены по своим местам, приходит черед браться за отделку сочинения. Настройка панорамирования, уровня громкости и эффекта плавного замирания звука, добавление эффектов и микширование помогут сделать фонограмму именно такой, как мы хотим. На этой стадии также производится запись "живых" вокальных и инструментальных партий и их добавление в компьютерные дорожки записи.

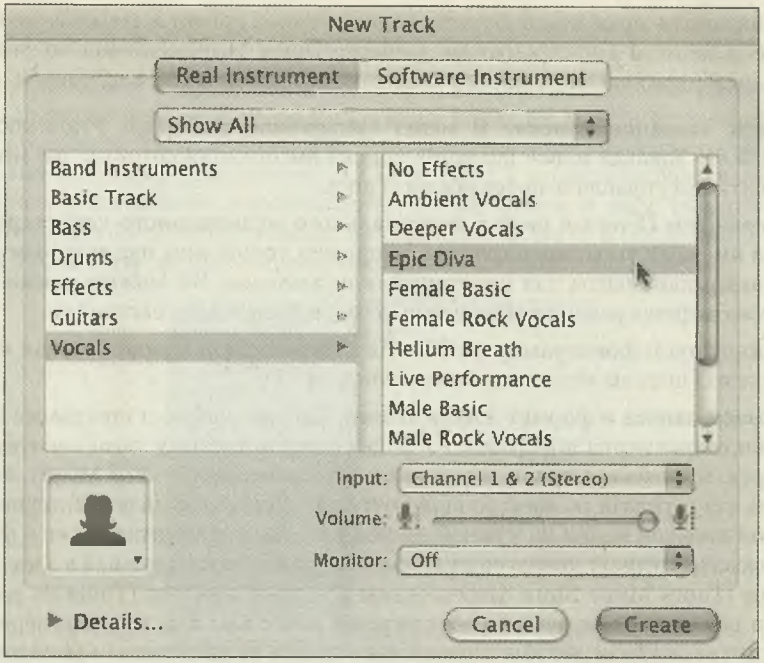
1. **Настраиваем панорамирование и уровень громкости.** До этого момента все дорожки панорамированы по центру и смешиваются при одном и том же уровне громкости, поэтому различить разные музыкальные партии сложно. Чтобы установить настройки для дорожки в целом, откройте панель Mixer, щелкнув мышью на значке треугольника рядом с надписью Tracks (если она еще не открыта). С помощью соответствующих регуляторов установите панорамирование и уровень громкости, устраивающие вас. Начните с установки уровня громкости струнных инструментов, чтобы они не заглушали остальные партии; передвиньте ползунок регулятора уровня громкости немного влево.

2. **Придаем мелодичность звучанию.** В GarageBand предусмотрены разнообразные встроенные эффекты для изменения характера звука. Выбираем вторую из двух дорожек Drum Kit (ту, в которой записан аудиообразец игры ударных инструментов) и щелкаем мышью на кнопке Track Info (на ней изображена буква i). Щелкаем мышью на Drums в левой колонке — и в правой колонке появляется множество предустановок; перебираем разные варианты настройки и прослушиваем звучание (эти эффекты работают в режиме реального времени, в процесс воспроизведения проекта, поэтому щелкните мышью на кнопке Play и, слушая звук, меняйте варианты настройки). Чтобы внести в выбранный вариант предустановок тонкую коррекцию или узнать, как он был задан, щелкните на Details. Вы можете сохранять свои варианты предустановок в списке Instruments. Пока не вносим в дорожки

ударных инструментов никаких эффектов. Чтобы добавить общие эффекты, которые распространяются на все без исключения дорожки, выберите Master Track. Задайте предустановку Rock/Pop⇨Live Gig.



3. **Плавно убираем звук в конце исполнения.** Чтобы звук в конце исполнения не обрывался резко, добавим эффект плавного снижения уровня громкости (fade out) для всех дорожек. Можно применить этот эффект одновременно ко всем дорожкам, используя для этого главную (Master Track) дорожку (Tracks⇨Show Master Track), но мы сделаем это более утонченно — применив его к каждой дорожке в отдельности. Для использования механизма автоматизации изменения настроек панорамы/уровня громкости отдельной дорожки щелкаем мышью на значке треугольника под названием дорожки. Щелкните на залитой зеленым или синим цветом полосе автоматического регулирования уровня громкости (Track Volume lane) в дорожке, в том месте, где, по-вашему, должно начинаться плавное снижение уровня громкости, затем — в том месте, где звук должен полностью исчезнуть, и перетащите шарик вниз, снижая уровень громкости. Повторите эту операцию для всех остальных дорожек. Программа GarageBand будет автоматически снижать уровень громкости дорожки между этими двумя точками, плавно ослабляя звук. Корректируйте эти настройки до тех пор, пока не получите желаемого результата. Пусть звук ударных инструментов просто обрывается, а звук остальных инструментальных партий ослабевает постепенно.
4. **Добавляем собственные вокальные и инструментальные партии.** Теперь, когда "фоновая" часть нашей фонограммы аккомпанемента создана, остается внести авторские музыкальные партии (если вы хотите просто играть под аккомпанемент фонограммы, исполняемой GarageBand, не внося в нее своих записей, пропустите операции, описанные ниже, и переходите к следующему разделу главы). Настройте режим записи, щелкнув мышью на кнопке New Track. При записи вокальной или инструментальной партии через устройство сопряжения (аудиоинтерфейс) выберите строку Real Instrument и задайте необходимые настройки. Задайте предустановки инструмента и соответствующий вход сигнала, включите режим прослушивания (мониторинга) через программу GarageBand. При записи исполнения на MIDI-клавиатуре или другом MIDI-инструменте выберите строку Software Instrument, чтобы программа GarageBand синтезировала его звук (при записи исполнения на гитаре вы можете подключать ее напрямую и использовать встроенные имитаторы гитарных усилителей GarageBand или записывать звук с акустической системы, подключенной к выходу гитарного усилителя через микрофон).
5. **Записываем и редактируем запись исполнения.** В GarageBand 1.x просто выберите дорожку, на которую будет производиться запись. В GarageBand 2 и последую-



щих версиях предусмотрена возможность активизации одной или нескольких дорожек для записи — для этого необходимо щелкнуть мышью под названиями соответствующих дорожек. Во всех версиях программы, когда вы готовы начать запись, щелкните мышью на кнопке Record или нажмите на клавиатуре клавишу <R>, чтобы начать запись. Записав исполнение, переходим к редактированию дорожки записи; для этого (как и в случае любой другой дорожки аранжировки) необходимо щелкнуть мышью на кнопке Edit Track. Если редактируемая дорожка — это MIDI-дорожка зеленого цвета, вы можете редактировать непосредственно ноты или в графическом редакторе, или в GarageBand 2 и последующих версиях, в традиционном представлении — в виде нотной записи.

Обнародуем готовое исполнение: iTunes

После того как микширование многодорожечной аранжировки закончено, остается сохранить фонограмму и обнародовать свою работу. По команде File⇨Export to iTunes

программа автоматически микширует и сводит готовый проект в стереозапись и включает ее в список записей в программном плейере iTunes. Но можно еще эффективнее использовать комбинацию GarageBand и iTunes, воспользовавшись следующей стратегией.

- **Задаем название списка.** В меню GarageBand выберите Preferences⇨Export (**рис. 5.6**). Задавая новое название списка вместо стандартного, вы можете более эффективно управлять проектами в iTunes.
- **Превращаем iTunes в своего персонального музыкального секретаря.** Под разными именами вы можете хранить, например, сочинения, над которыми работаете, или аккомпанементы для репетиций, или альбомы. Вы можете также выборочно загружать фонограммы в iPod, выбрав соответствующие настройки.
- **Экспортируем фонограмму на CD.** Щелчком правой кнопкой мыши на названии списка в iTunes вы можете сделать запись на CD.
- **Сжимаем запись в формат AAC в iTunes.** По умолчанию в программе GarageBand записи сохраняются в формате AIFF без сжатия, поэтому даже короткая мелодия, которую мы сейчас создали, имеет колоссальный размер — 20,5 Мбайт, это слишком много для передачи по электронной почте или трансляции через Интернет. Щелкаем правой кнопкой мыши на нужной записи в iTunes и конвертируем ее в формат AAC высококачественной записи со сжатием — в формат, используемый в электронном магазине iTunes Music Store. Перетаскиваем мышью файл из iTunes на рабочий стол или в папку для отправки по электронной почте или для загрузки через Интернет (в отличие от коммерческих записей наша запись не защищена от копирования).

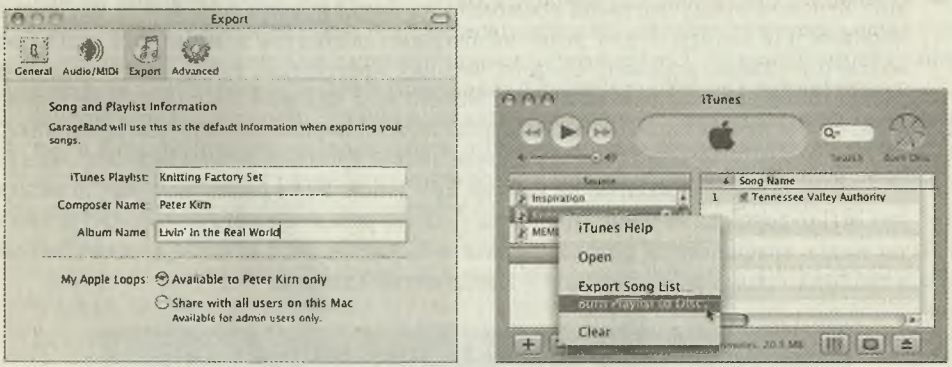


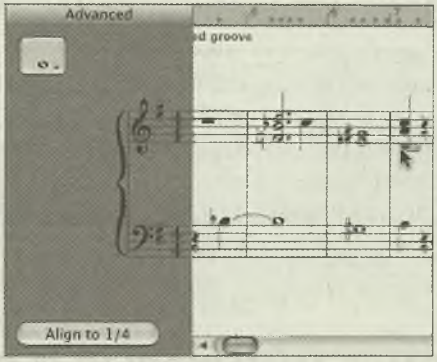
Рис. 5.6. *Задавая соответствующие настройки экспорта в программе GarageBand (слева), вы можете создать новый список, чтобы на следующей репетиции не искать нужные дорожки аккомпанемента. Не выходя из программы iTunes, вы можете прослушивать любые дорожки записи, производить запись на CD или переносить фонограммы в iPod (справа).*

Углубленный курс работы в GarageBand

Программу GarageBand можно рассматривать в качестве приложения для начинающих, но она достаточно функциональна даже для таких профессионалов, как панк-рокер Джон Майер (John Mayer), ведущий канала BBC Radio 6 Том Робинсон (Tom Robinson) и Эд Робертсон (Ed Robertson) из ансамбля Barenaked Ladies, использующих ее для воспроизведения дорожек аккомпанемента в выступлениях и для создания музыкальных зарисовок.

Ниже описаны некоторые более сложные варианты использования этой программы для тех, кому простых вариантов манипулирования аудиообразцами уже недостаточно.

- **Редактирование и представление в виде нотной записи.** Вы можете записать свою инструментальную партию или исполнение на MIDI-инструменте в отдельные дорожки и отредактировать ее — скорректировать тональность, ритм и MIDI-события по своему усмотрению. В GarageBand 2 и последующих версиях предусмотрена возможность представления MIDI-записи в виде нотной партитуры (более подробно о MIDI-технологии читайте в главе 8; в GarageBand предусмотрены достаточно широкие возможности работы с MIDI-данными).



- **Создание собственных аудиообразцов.** То, что мы используем готовые аудиообразцы, еще вовсе не означает, что мы не в состоянии использовать оригинальный аудиоматериал. В GarageBand 2 и последующих версиях вы можете сохранить любой регион как библиотечный аудиообразец: перетащите его мышью в браузере Loop Browser или выделите и выполните команду Edit⇨Add to Loop Browser. Вы можете даже занести его в определенную категорию для использования в будущем (**рис. 5.7**). Поскольку аудиообразцы в формате Apple Loops совместимы с любой аудиопрограммой (даже Loop Browser в Apple Logic Pro), вы можете легко переносить короткие аудиофрагменты в другие проекты.
- **Совместимость с Logic Pro и другими программами.** Поскольку качество аудиозаписей, полученных в программе GarageBand, по большому счету не хуже качества цифровых звукозаписей для CD, получаемых в других приложениях, нет причин, препятствующих использованию GarageBand для создания набросков музыкальных сочинений, которые затем можно перенести в другие программы, обеспечивающие более широкие возможности для редактирования. В приложении Logic Pro открываются проекты, созданные в GarageBand. Вы можете экспортировать дорожки записи и аудиообразцы в другие программы, но при этом придется заново воссоздавать аранжировку, поскольку в другие программы невозможно загрузить исходный файл проекта, созданного в GarageBand.

Углубленный курс по работе в GarageBand. Писатель, продюсер и музыкант Франсис Преве (Francis Preve) написал книгу об использовании широких функциональных возможностей GarageBand: *Check out Power Tools for GarageBand: Creating Music with Audio Recording, MIDI Sequencing, and Loops* (Backbeat Books, 2004).

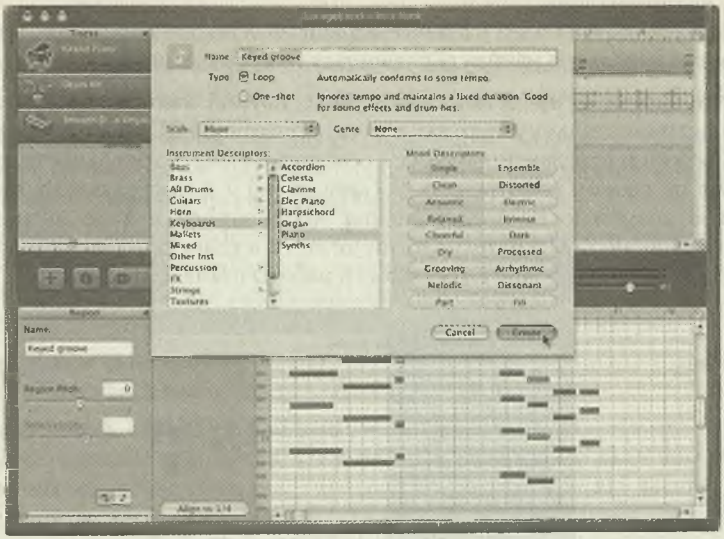


Рис. 5.7. *При создании нового аудиообразца в программе GarageBand вы можете присвоить ему необходимую категорию*

Создаем автомат музыкальных ритмов (Kinetic)

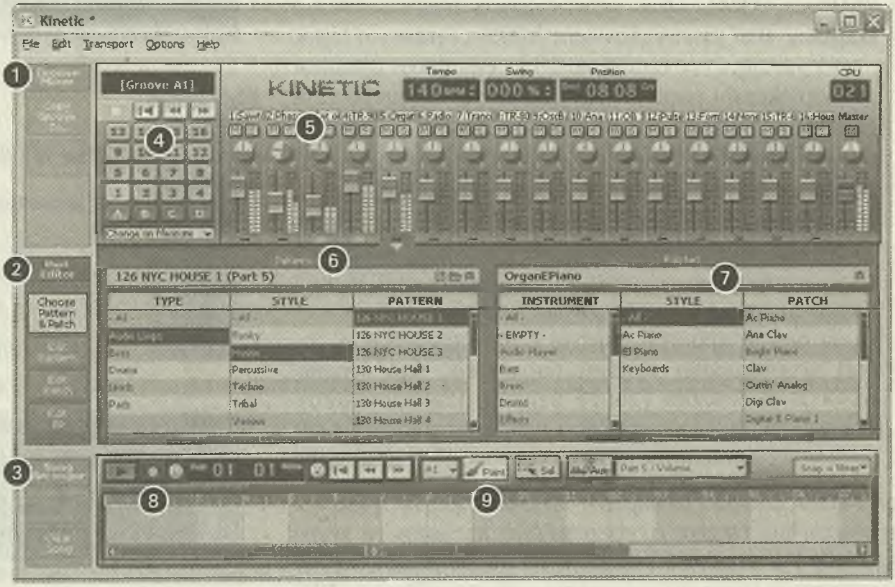
Ди-джеинг путем простого манипулирования записями — достаточно утомительное занятие; куда веселее — интерактивный запуск музыкальных ритмов и игра под их аккомпанемент. Программа Kinetic позволяет легко осуществить это: вы можете манипулировать, смешивать и даже создавать новые музыкальные ритмы из звуков барабанов, бас-гитары и других инструментальных звуков, задавая ритм. Программа Kinetic, как и GarageBand, содержит множество MIDI- и аудиообразцов. Но в отличие от GarageBand, в которой музыкальные композиции создаются из последовательно добавляемых аудиообразцов, в Kinetic вы можете вызывать их одновременно целыми группами, привязав к задаваемому вами ритму так, чтобы танцевальная импровизация не прервалась ни на мгновенье.

На DVD. Пройдите этот учебный курс, используя 30-дневную демоверсию Kinetic; сохраненный проект можно будет использовать в коммерческой версии. В дополнение к завершенной версии проекта вы найдете на диске эксклюзивную запись учебного проекта от компании *Cakewalk* (кроме того, для пользователей, работающих на операционной платформе Mac, которые пожелают прослушать эти записи, на диске имеются их файлы, записанные в формате MP3).

Поддержка формата ACID. Программа Kinetic поддерживает аудиообразцы в популярном формате ACID, имеющиеся во многих программах для платформы PC, поэтому в нашем распоряжении имеется широкий выбор библиотек аудиообразцов.

Первое знакомство с программой Kinetic

Интерфейс Kinetic выполнен в аппаратном стиле (**рис. 5.8**). Центральный элемент интерфейса — шестнадцатиканальный микшер с традиционными канальными панелями и движковыми регуляторами уровня, плюс коммутатор 4x4 для запуска дорожек. Верхняя панель интерфейса отведена для микширования, средняя — для редактирования партий и нижняя — для аранжировки композиций (хотя для ди-джеев нижняя панель интереса, по-видимому, не представляет — они предпочтут манипулировать ритмами вручную, использовав аранжировщик для записи набора).



1. Панель микшера образцов музыкальных ритмов
2. Панель редактора партий
3. Панель аранжировки композиций (или записи набора ритмов)
4. Селектор образцов музыкальных ритмов Groove Picker
5. Микшер для регулировки уровня громкости и панорамирования партий, входящих в образец музыкального ритма
6. Выбор MIDI или аудиообразца из списка, упорядоченного по жанру
7. Выбор инструмента для исполнения образца звука
8. Органы управления механизмом записи/воспроизведения аранжировки
9. Графические инструменты аранжировки

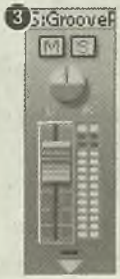
***Рис. 5.8**. Общий вид интерфейса Kinetic*

Kinetic — это автомат музыкальных ритмов (groove-box), библиотека аудио- и MIDI-образцов и программный синтезатор (с виртуальными музыкальными инструментами от компаний *Cakewalk* и *Roland*). Поскольку все эти элементы интегрированы в программу, вы можете использовать ее для создания образца музыкального ритма с нуля, начиная с мельчайших компонентов и заканчивая готовой композицией.

1. **MIDI- и аудиообразцы.** Основными элементами музыкального ритма являются MIDI- и аудиообразцы. Как и в GarageBand, в Kinetic вы манипулируете MIDI-

и аудиоданными, хотя все аудиообразцы, включенные в комплект Kinetic, — это записи звуков ударных инструментов (остальные образцы звуков ударных и всех остальных инструментов — это MIDI-образцы).

2. **Патчи.** В патчи входят настройки инструментов, исполняющих выбранные вами образцы, плюс (посредством Audio FX Bin) эффекты для обработки аудиоданных как в формате MIDI-, так и в формате аудио.
3. **Партии.** Выбрав аудио- или MIDI-образец и патч, вы назначаете его одной из 16 имеющихся в вашем распоряжении партий, т.е. окошек в микшере, для создания образца музыкального ритма из набора партий (патчей).
4. **Ритмы.** Эти 16 партий (с микшированием, панорамированием и эффектами) можно объединить в единый музыкальный ритм (groove), выбираемый с помощью селектора ритмов Groove Picker. Образец музыкального ритма может состоять всего из одной простой партии или представлять собой комбинацию партий барабанов, бас-гитары, голосов и чечетки (до 16 партий одновременно). В импровизации может быть использовано до 64 образцов музыкальных ритмов (groove).



Возможно, цифра “16 партий” не очень впечатляет, но, как правило, вы будете одновременно наслаивать всего 4–5 партий. Умножьте 16 партий на 16 образцов музыкальных ритмов (groove) в селекторе ритмов Groove Picker, затем умножьте полученное число на 4 (селекторы групп A, B, C и D) и добавьте к этому способность накладывать синтезируемый звук поверх микшированной записи — и этого с лихвой хватит на карнавальную ночь.

Стандартная технология сочинения музыки в Kinetic

Ниже приведено описание стандартной методики работы над проектом в программе Kinetic.

1. Создаем новый проект, используя пустой файл или образец.
2. Нажимаем кнопку Play для запуска ритмов.
3. Редактируем ритмы, просматривая и выбирая готовые образцы и патчи или записывая и вводя собственные образцы, редактируя их и добавляя эффекты.
4. Создаем ритмы, комбинируя в одном ритме до 16 партий.
5. С помощью селекторов групп A–D и кнопок 1–16 манипулируем ритмами или компонуем из них песню в аранжировщике Song Arranger.

Дополнительное оборудование

Для реализации этой технологии можно обойтись и одним компьютером (приложение Kinetic необычайно хорошо приспособлено для импровизаций даже на ноутбуке с наушниками во время полета), но дополнительное оборудование, конечно же, обеспечивает дополнительные преимущества.

- Клавиатура дает возможность играть на виртуальных инструментах, накладывая исполнение поверх ритмов.
- Режиссерский пульт (или клавиатура с поворотными и/или ползунковыми регуляторами) облегчает манипулирование ритмами и эффектами, избавляя от необходимости мучиться с манипуляторами ноутбука и мышью.

Практическое занятие 1. Патчи, образцы и ритмы

Компоненты образцов музыкальных ритмов

Патч 1: Bass⇨101 Bass 3

Образец 1: Bass⇨US Hard House⇨USHardHse2_bs

Патч 2: Drums⇨Kits⇨Hip-Hop 1

Образец 2: Drums⇨Hip-Hop⇨HipHopEast1_drm

Патч 3: Pianos⇨El Piano⇨Cuttin' Analog

Образец 3: Leads⇨Trance⇨Trance2_lead

Инструменты Kinetic

Селектор ритмов Groove Picker

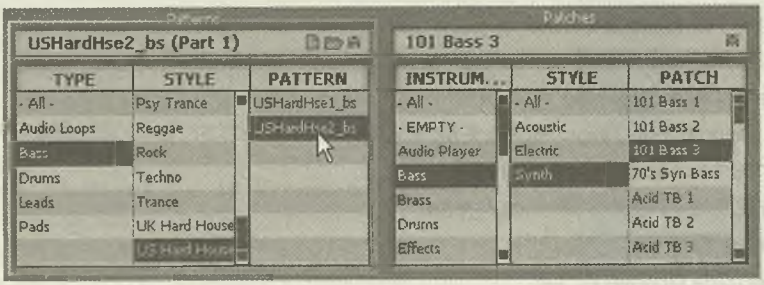
MIDI-образцы и звуки

Задание патча и образца для выбранной партии в микшере (коррекция уровней громкости и панорамы)

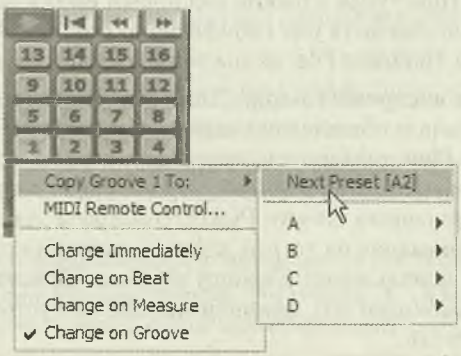
Мы планируем начать работу в Kinetic с компонентов, перечисленных слева. Добавляя музыкальные элементы в Groove Picker, мы постепенно соберем простую аранжировку: объединив в ансамбль бас-гитару, ударные инструменты и клавишные инструменты, мы создадим наш первый ритм (groove).

1. **Создаем проект.** Приступая к работе над новым набором, выбираем в меню File⇨Project. Можно использовать уже сконфигурированный набор, выполнив команду File⇨Project From Template File, но мы начнем с чистого листа.
2. **Включаем режим воспроизведения.** Для прослушивания ритма в браузере программы Kinetic сначала обязательно надо нажать кнопку Play (возможно, вы заметили, что кнопка Play пульсирует, приглашая нажать ее!). Задаем темп (и, если хотите, настройки свинга) на верхней панели, затем щелкаем мышью на кнопке Play на клавиатуре панели Groove Picker. Выбираем темп 126 bpm (ударов в минуту). Обратите внимание на то, что для включения и остановки режима воспроизведения можно использовать клавишу пробела (Spacebar). Если в микшере не выбран канал 1, выбираем его, щелкнув мышью на пустом месте в соответствующей канальной панели.

3. **Задаем патч и образец (Groove 1, Part 1).** В приложении Kinetic все настроено на создание дорожки традиционной танцевальной музыки с бас-гитарой, барабанами, голосами и чечеткой. Создание ритма поэлементно — более интересное и более творческое занятие, поэтому начинаем с партии бас-гитары. Пока не выбран инструмент, мы ничего не услышим, поэтому начинаем с того, что задаем патч. Затем находим нужный образец, просматривая списки образцов по жанру (возможно, придется внести в патч коррективы, чтобы лучше согласовать его с выбранным образцом). Выбираем патч 101 Bass 3 и для воспроизведения — образец USHardHse2_bs.



4. **Добавляем партию ударных инструментов (Groove 2, Part 2).** Нам недостаточно только бас-гитары, поэтому щелкаем правой кнопкой мыши на A1 и в меню выбираем Copy Groove 1 To:⇨Next Preset [A2]; образец бас-гитары теперь оказывается в обоих ритмах — A1 и A2. Теперь добавляем еще одну партию. Щелкаем на партии part 2 в микшере, чтобы выделить ее, и опять задаем патч и образец. В знак уважения к Бостонским корням компании *Cakewalk* добавим патч барабанов в стиле хип-хоп Западного побережья. Для этого выбираем Drums⇨Kits⇨Hip-Hop 1 и для воспроизведения — образец Drums⇨Hip-Hop⇨HipHopEastl_drm.



5. **Добавляем партию клавишного инструмента (Groove 3, Part 3).** Как и ранее, щелкаем правой кнопкой мыши на ритме Groove 2 и выбираем в меню Copy Groove 2 To:⇨Next Preset [A3]; теперь образцы барабанов и бас-гитары оказываются в ритмах A2 и A3. Щелкаем на партии part 3 в микшере, чтобы выделить ее, и опять задаем патч и образец. На этот раз выбираем патч Pianos⇨El Piano⇨Cuttin' Analog и для воспроизведения — образец Leads⇨Trance⇨Trance2_lead.

Иногда полезно проигнорировать указания. Одна из приятных особенностей MIDI-технологии заключается в том, что один и тот же образец можно исполнять на самых разных инструментах. И результаты бывают просто поразительными! Попробуйте исполнить образцы на инструментах, отличных от тех, для которых они создавались. Сыграйте барабанный ритм на клавиатуре, и результаты будут весьма интригующими. Выбор альтернативных вариантов полезен не только для работы в Kinetic: такие эксперименты с MIDI-записями способствуют развитию музыкальной фантазии.

6. **Переходим с ритма на ритм (Groove 1, 2, 3).** Теперь повеселимся: мы можем вводить и убирать партии барабанов и голоса, привязанные к темпу и музыкальной фразе, щелкая мышью на кнопках 1, 2, и 3 клавиатуры на панели селектора ритмов Groove Picker. В меню режима селекции на панели Groove Picker вместо "Change on Measure" задаем "Change on Groove", и теперь автоматическая смена ритма будет происходить не по окончании такта, а по окончании очередного ритма (в данном случае это два такта).
7. **Микшируем.** Подберите настройки микширования трех выбранных партий: отрегулируйте уровни громкости, если сочетание партий не удовлетворяет вас, сместите позиции инструментов в панораме звука от центра (одну партию — чуть влево, а другую — чуть вправо), чтобы придать пространственный характер.

Практическое занятие 2. Создаем набор образцов музыкальных ритмов

Компоненты образца музыкального ритма

Патч 4: Pianos⇨Keyboards⇨Vintage Clavi

Образец 4: Pads⇨Jazz⇨Jazz2_pad

Образец 5: Audio Loops⇨Tribal⇨129TRIBAL LOOP 1

Патч 6: Synth Pads⇨Analog⇨--..—..- (код Морзе)

Образец 6: Drums⇨Dream Trance⇨DreamTnc1_drm

Инструменты Kinetic

Audio FX

Штатные эффекты

Аудиообразцы в формате Audio Loops

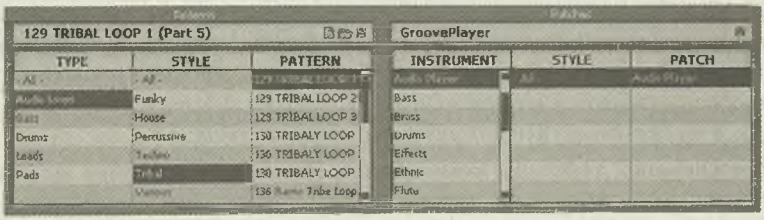
Глушение звука (Muting)

Мы скомпонуем композицию в программе Kinetic, добавив образцы и патчи, перечисленные слева. После каждого нового добавления щелкаем правой кнопкой мыши на кнопке образца в селекторе ритмов Groove Picker и копируем этот ритм в следующую предустановку. Это позволит свободно переходить от одной комбинации к другой, вставляя и удаляя из них те или иные элементы единственным щелчком правой кнопкой мыши.

1. **Добавляем эффекты (Groove 3, Part 3).** Партия клавишного инструмента (которая должна быть в канале 3 микшера, если вы придерживались заданного выше списка партий) вполне подходит, но ей не хватает выразительности. Выделив этот канал микшера, выбираем в меню Part Editor⇨Edit Patch, чтобы добавить эффекты. Щелкаем правой кнопкой мыши под Audio FX, затем выбираем в меню Effects⇨Projects⇨Modfilter. Справа вы увидите четыре параметра настройки эффекта Modfilter, используемые чаще всего (чтобы расширить список настроечных параметров, дважды щелкаем мышью на Modfilter, чтобы увидеть полный интерфейс этого эффекта). Щелкаем мышью на раскрывающемся списке над поворотными регуляторами, чтобы задать предустановку – Little Engine или Sweep, Med. Теперь добавим в эту цепочку еще один эффект, для этого выбираем в меню Effects⇨Projects⇨Tempo Delay. При необходимости перетаскиваем мышью эффект Tempo Delay вправо, на выход эффекта Modfilter. Выбираем предустановку Pinging Double-Time, но значение параметра Sync задаем равным 50%, чтобы сделать эффект жестче, и увеличиваем значение параметра Time Right, чтобы увеличить задержку стереозвука. Синхронизированный с темпом исполнения эффект задержки сделает ритм выразительнее.

2. **Добавляем инструмент Clav (Groove 4, Part 4).** Мелодия звучит несколько искусственно. Давайте добавим немного джаза в стиле "фанк". Копируем A3 в A4, затем в партии part 4 добавляем патч Clavi и для воспроизведения задаем образец Jazz2_pad. Этот патч копирует звучание клавинета Хонера (Hohner Clavinet), но он будет звучать в ансамбле еще лучше, если обработать его звук эффектом *вихревого фэйзера* (*swirling phaser*), который широко используется в реальных клавесинах (подробнее о фэйзерах рассказывается в главе 7). Выбираем Part Editor⇨Edit Patch⇨Audio FX и Effects⇨Project 5⇨Classic Phaser, затем задаем предустановку Phatty Quad. Немного увеличиваем параметр Sync — по своему вкусу. (Обратите внимание на то, что хотя в нашем ритме используются звуки двух клавишных инструментов, они достаточно разнесены по диапазону тональностей и созвучны друг другу.) Опять копируем наш ритм (из A4 в A5).

3. **Добавляем аудиообразец (Groove 5, Part 5).** До сих пор мы ограничивались только MIDI-партиями. В партию part 5 введем аудиообразец Tribal Loop 1 в формате Audio Loop. Нам не нужно задавать патч; Kinetic автоматически выбирает проигрыватель Groove Player (хотя, как и в случае MIDI-патчей, вы можете добавлять эффекты, выбрав опцию Edit Patch). Этот звук заглушается звуком барабанов хип-хоп, внесенным ранее в этот ритм, поэтому уберем их звук, нажав кнопку M под названием этого образца в партии part 2. Глушение звука, изменение панорамы и уровня громкости партии распространяется только на тот образец музыкального ритма, который выделен, поэтому в образцах 1–4 музыкального ритма звук барабанов хип-хоп продолжает звучать.



4. **Увеличиваем количество образцов музыкальных ритмов.** С этого момента вы можете копировать образцы музыкальных ритмов по своему усмотрению. Не забывайте копировать образец музыкального ритма с помощью селектора ритмов Groove Picker после каждого изменения. Чтобы поскорее завершить эту учебную композицию, в образце музыкального ритма A6, в партии part 4, задаем для патча Clav новый образец — Trance1_pad, в образце музыкального ритма A7 добавляем еще одну партию (part 6, образец DreamTnc1_drm) и постепенно убираем звук партий, чтобы "проредить" текстуру и закончить композицию. Затем удаляем партию барабанов (part 5) в образце музыкального ритма A8, партию бас-гитары (part 1) в образце музыкального ритма A9, партию клавинета (part 4) в образце музыкального ритма A10 и образец Trance1 в образце музыкального ритма A11.

Практическое занятие 3. Переходим к танцам

Инструменты Kinetic

Механизм автоматического манипулирования образцами музыкальных ритмов MIDI Remote Control

Параметрический эквалайзер Para-Q

Аранжировщик Song Arranger, экспорт

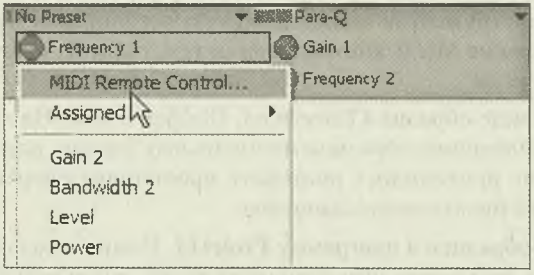
MIDI-контроллер (как вариант)

Теперь, когда все ритмы готовы, мы готовы превратить нашу домашнюю студию (или клуб, например) в танцевальный вертеп. Ключевым моментом в этом процессе является манипулирование созданными нами образцами музыкальных ритмов, синхронизированными с заданным темпом, в режиме реального времени.

1. **Смена образцов музыкальных ритмов.** Попрактикуйтесь на своем самодельном автомате музыкальных ритмов, щелкая мышью на разных кнопках клавиатуры селектора ритмов Groove Picker. Благодаря настройке Change on Groove все образцы музыкальных ритмов идеально синхронизированы. Пройдите последовательно по образцам музыкальных ритмов, добавляя или удаляя из них партии, или перескакивайте с одного образца музыкальных ритмов на другой, не соблюдая определенной последовательности, чтобы усилить контраст музыки. Если в вашем распоряжении имеется музыкальная клавиатура, добавьте инструмент еще в одну партию и импровизируйте под аккомпанемент ритмов.
2. **"Прореживание" текстуры композиции.** Попробуйте перейти на образец ритма A1 с одной бас-гитарой на четыре такта (скажем, между образцами ритма A5 и A6) — внезапное ослабление ритма создает динамический контраст. Обратим внимание на то, что мы подстраховались, добавив эффект Tempo Delay в патч аналоговой клавиатуры. Это традиционный прием, используемый ди-джеями для того, чтобы продлить звук, когда остальные партии внезапно обрываются, и заполнить образовавшуюся пустоту.
3. **Манипулирование образами музыкальных ритмов.** Если в вашем распоряжении имеется MIDI-устройство — клавиатура или какой-либо другой манипулятор, — можете использовать его вместо мыши для манипулирования ритмами. Просто щелкните правой кнопкой мыши на регуляторе или кнопке на панели интерфейса Kinetic, которой вы хотите назначить MIDI-манипулятор. Например, щелкаем правой кнопкой мыши на одном из образцов музыкального ритма, выбираем в меню MIDI Remote Control и щелкаем на команде Learn. Нажимаем кнопку или кла-

вишу, с помощью которой хотим вызывать этот образец музыкального ритма, затем щелкаем мышью на команде Stop Learning. (Альтернативный вариант — ввести эту информацию вручную, воспользовавшись функцией Control Source, хотя пользоваться функцией Learn, в общем, удобнее.) Повторяем эту процедуру для остальных образцов музыкальных ритмов и теперь можем "играть" ритмы с помощью клавиатуры или другого манипулятора.

4. **Управление качанием частоты фильтра.** Физической регулировкой, без которой ди-джеи не могут обойтись, является качание частоты фильтра: мышью для этой цели пользоваться неудобно, но прекрасно подходит ползунковый регулятор, колесо модуляции (mod wheel) или, что лучше всего, джойстик (более подробно вопросы частотной коррекции и фильтрации изложены в главе 7, но вам этот звук, вероятно, уже знаком). Выделяем партию part 5 (проигрыватель Groove Player) и выбираем в меню Edit Patch. Щелкаем правой кнопкой мыши на Audio FX и добавляем двухполосный параметрический эквалайзер: Effects⇨Project 5⇨Para-Q. Поднимаем коэффициент передачи Gain 1 до 100%, затем назначаем MIDI-манипулятор или ползунковый движок виртуальному регулятору Frequency 1 (щелкаем правой кнопкой мыши, выбираем MIDI Remote Control и следуем процедуре обучения Learn, описанной выше, в п. 3). Теперь с помощью физического манипулятора или ползункового регулятора плавно качаем частоту фильтра при воспроизведении этого образца музыкального ритма.



5. **Исполнение, запись, распространение.** Аранжировщик Song Arranger дает возможность объединять ритмы в аранжировку с помощью мыши, но лучше (особенно в том случае, если вы хотите записать импровизацию, создаваемую с помощью MIDI-контроллера на ходу), перед тем как начать ее, щелкните мышью на кнопке Record в окне аранжировщика или нажмите клавишу <R>. По окончании набора щелкните на кнопке Stop, и ваш набор полностью записан. Щелкните мышью на Export Song, чтобы сохранить его в виде WAV-файла и записать на оптическом диске или конвертировать в программу iTunes, Windows Media Player или другую программу (конвертер в формат MP3 для Kinetic стоит дополнительных денег, но вы можете конвертировать свои композиции в формат MP3 или OGG бесплатно с помощью программы Audacity).

Углубленный курс работы в Kinetic

Программа Kinetic, возможно, — это приложение начального уровня, но в качестве ритм-машины она идеально интегрируется с другими компонентами программной студии. Ниже перечислены некоторые более сложные варианты использования этой программы.

- **Создание собственных образцов.** С помощью MIDI-клавиатуры (или просто вписывая ноты и удары барабана) вы можете создавать собственные такты и музыкальные заготовки для патчей. Вы можете даже вносить их или записывать поверх уже имеющихся образцов, которые мы использовали в предыдущих разделах, потому что образец воспроизводится в режиме циклического повторения. Просто выбираете образец и щелкаете мышью на опции Edit Pattern.
- **"Раскрашивание" ритмов.** С помощью инструмента Auto (автоматизация) (**рис. 5.9**) в обоих редакторах — редакторе партий Part Editor и аранжировщике Sound Arranger — вы можете "раскрашивать" образцы и ритмы, задавая с помощью графических инструментов автоматическую регулировку уровня громкости, панорамы, управление MIDI-контроллерами (см. главу 8) и даже настройки эффектов и инструментов.
- **Сохранение в виде образца (Template).** Выбрав опцию Save as Template, вы можете создать коллекцию образцов музыкальных ритмов для облегчения модификации, чтобы не приходилось повторять простейшие операции, которые мы выполняли на этих практических занятиях.
- **Экспорт аудиообразцов в программу Project5.** Помимо экспорта композиции в виде фонограммы, вы можете экспортировать также отдельный ритм (вместе с эффектами) для использования в программе Ableton Live (также записанной на DVD).

Вдобавок к этому вы можете сохранить файлы в виде файлов Project5 для использования в этой "родной сестре категории pro" Kinetic. Project5 — программа, обладающая более широкими функциональными возможностями, которая также базируется на использовании патчей синтезаторов, выполненных в аппаратном стиле, и редактировании образцов. Программа Project5 расширит ваши возможности выполнения тех задач, которые вы могли решить с помощью только Kinetic.

- **Использование интерфейса ReWire для включения Kinetic в другие программы.** Поскольку программа Kinetic представляет собой, по существу, набор виртуального оборудования плюс редакторы образцов, вы можете использовать технологию ReWire для включения Kinetic в другие программы, в которых вы работаете, например в SONAR, Ableton Live и Cubase. Интерфейс ReWire осуществляет автоматическую маршрутизацию данных из Kinetic в любую из этих программ, обеспечивая синхронизацию. В результате вы получаете превосходный виртуальный аппаратный комплекс для выступления на базе Ableton Live или для студийной работы на базе остальных программ.

Рис. 5.9. *В редакторе образцов Pattern Editor вы можете записывать, "раскрашивать" и редактировать собственные образцы, а затем с помощью графических инструментов задавать автоматические регулировки параметров и MIDI-данные, нанося их поверх образцов*

ГЛАВА 6

Запись инструментов и звуков

Понимая, как работает микрофон, вы можете с его помощью выделять только те звуки, которые вам нужны, и записывать такой звук источника акустического сигнала, какой должны слышать слушатели. Сначала мы познакомимся с особенностями конструкций разных микрофонов и стандартными способами их использования в зависимости от условий записи. Выбрав и настроив микрофон, вы сможете осуществлять запись на диск, используя для этого аудиоприложение, выбранное вами, или одно из приложений, записанных на DVD, прилагаемом к данной книге.

Ключевые вопросы

Запись инструментов и звука

Чтобы правильно подобрать инструменты с учетом конкретных условий записи, необходимо разбираться в типах микрофонов и принципах их работы.

- Влияние характеристик микрофонов на область их применения (для записи каких звуков конкретные типы микрофонов подходят лучше всего)
- Диаграммы направленности микрофонов и их влияние на звук, поступающий в микрофон с разных сторон
- Общие принципы использования микрофонов в типовых условиях записи: вплотную к источнику звука, на расстоянии от источника звука, для записи стереофонического звука
- Методики использования микрофонов применительно к конкретным инструментам
- Практика микрофонной записи: прослушивание, задание уровня входного сигнала, запись в приложениях Audacity и Ableton Live (записанных на DVD)

Ключевые термины

- Диафрагма/микрофонный капсюль
- Характеристики микрофонов: частотная/амплитудная характеристика, направленность
- Скачки уровня звука
- Диаграмма направленности микрофона: равномерная, кардоидная, суперкардоидная, двунаправленная

- Типы конструктивного исполнения микрофонов: динамический, ленточный, конденсаторный, граничный
- Фантомное питание
- Запас по динамическому диапазону
- Нелинейные искажения (дисторсия)/обрезание сигнала
- Запись с наложением

С чего начать

Запаситесь хорошими конденсаторным и динамическим микрофонами, а также поп-фильтром и микрофонной стойкой. Потренируйтесь в записи, воспользовавшись практическими руководствами, приведенными в конце данной главы.

Характеристики микрофонов

Микрофонный капсюль — это конструкция, в которой размещены мембрана и другие детали микрофона.

Существует масса разных типов микрофонов, но по большому счету по принципу работы они не отличаются друг от друга: звуковые волны вызывают колебания пластинки или мембраны (диафрагмы) в микрофоне, а ее движение преобразуется в электрическое напряжение. От тонкостей реализации этого принципа в конструкции микрофона самым непосредственным образом зависят характеристики записанного звука.

Чтобы определить, подходит ли конкретный микрофон для определенной цели, необходимо знать его характеристики.

- **Амплитудная характеристика.** Чувствительность к звукам разной громкости.
- **Направленность.** Чувствительность к звуку, поступающему с разных направлений.
- **Частотная характеристика.** Чувствительность к разным составляющим спектра звука, а также определенные низкочастотные характеристики (**рис. 6.1**).

Несмотря на различия в конструкции, микрофоны могут иметь близкие характеристики. Неправильный выбор микрофона, без учета условий записи, может привести к тому, что регистрируемый таким микрофоном сигнал будет настолько искаженным, что воспроизвести зарегистрированный звук будет просто невозможно, или даже к повреждению микрофона. Например, разные диафрагмы по-разному реагируют на звуковые волны, вызывающие их колебания, особенно это касается короткого, резкого скачка интенсивности звука (переходного процесса, пример которого показан **рис. 6.2**). Чем больше масса диафрагмы, тем больше ее инерционность и, соответственно, тем медленнее она реагирует на эти резкие всплески и вносит искажения, сглаживая переходные процессы. Соответственно, чем меньше масса диафрагмы, тем резче ее реакция на такие скачки, но тем больше опасность повреждения ее слишком громким звуком. Таким образом, необходимо подбирать микрофон по размеру диафрагмы и по другим физическим характеристикам, исходя из характеристик записываемого звука. Проще говоря, если расположить высокочувствительный микрофон напротив гитарного усилителя или ба-

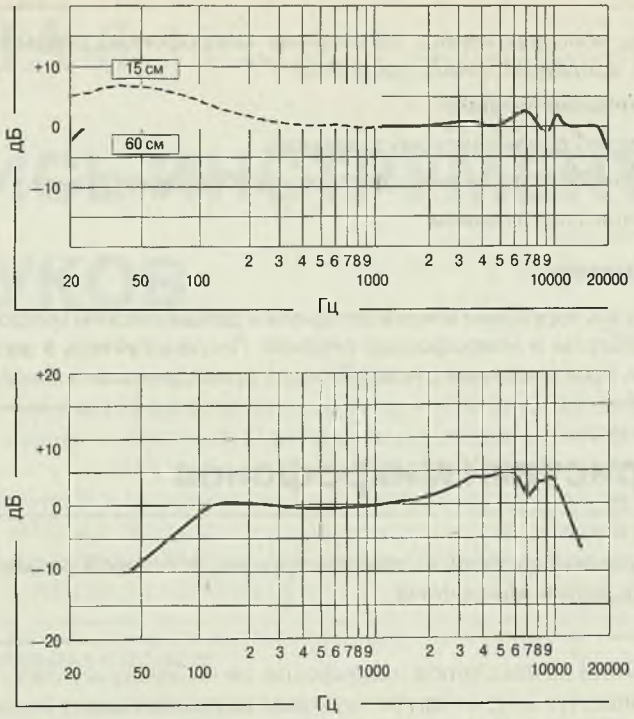


Рис. 6.1. *Микрофоны отличаются по виду частотной характеристики. Гладкая характеристика (верхний график; микрофон Shure KSM-32) остается относительно ровной в пределах спектра частот (пунктирная линия отображает эффект близости — подъем басовых частот при приближении источника звука к микрофону на расстояние 15 см, по сравнению со случаем, когда расстояние между источником сигнала и микрофоном составляет 60 см). Менее гладкая кривая (нижний график; микрофон Shure SM-58) может ослаблять нижние частоты и выделять средние частоты. Гладкая характеристика не обязательно лучше: нижняя характеристика придает записанному звуку больше "теплоты" и является предпочтительной для записи вокала (публикуется с любезного разрешения компании* Shure, Inc.*)*

рабана, можно вывести микрофон из строя! Остальные характеристики микрофона некритичны с точки зрения обеспечения его работоспособности, но принципиально важны с точки зрения обеспечения качества звукозаписи — сохранения в ней информации о пространственных характеристиках звука, его частотном и амплитудном диапазонах.

Переходный процесс — это любое внезапное, резкое изменение сигнала. В звукозаписи этот термин используется для обозначения резких, импульсных скачков аудиосигнала, вызванных, например, звуком выстрела, удара по барабану или резкой атакой духовых инструментов.

Web-сайты производителей микрофонов

AEA (копирование старинных инструментов)
(www.ribbonmics.com)

AKG Acoustics
(www.akgacoustics.com)

Audio Technica
(www.audiotechnica.com)

Blue
(www.bluemic.com)

Crown
(www.crownaudio.com)

Electro-Voice
(www.electrovoice.com)

Neumann
(www.neumann.com)

Rode
(www.rodemic.com)

Royer
(www.royerlabs.com)

Sennheiser
(www.sennheiser.com)

Shure
(www.shure.com)

Studio Projects
(www.studioprojectsusa.com)

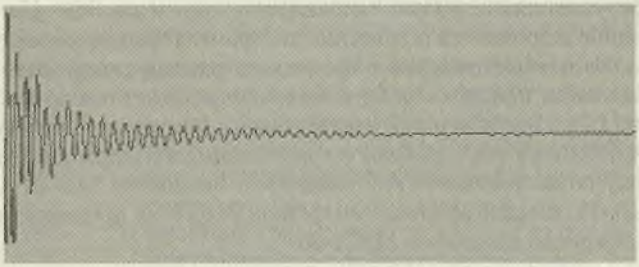


Рис. 6.2. *Пример сигнала на участке переходного процесса: двухсекундный фрагмент звука большого барабана начинается с резкого выброса*

Мы ознакомимся с частотными и амплитудными характеристиками различных типов микрофонов, но такой параметр, как направленность, легко описывается на основе геометрических представлений.

Направленность микрофона

Микрофон, как правило, имеет максимальную чувствительность в направлении, перпендикулярном к плоскости диафрагмы, т.е. в осевом направлении (**рис. 6.3**). Вы, вероятно, замечали, что телерепортеры направляют свои микрофоны на того, с кем беседуют, — они знают об этой особенности и пользуются ею. Микрофоны отличаются по изменению чувствительности к звуку, поступающему под углом к оси микрофона. Зависимость относительной чувствительности микрофона от угла между направлением поступления звука и осевым направлением описывается полярной характеристикой или более общим термином — *диаграммой направленности* микрофона.

Рис. 6.3. *Направленные микрофоны имеют максимальную чувствительность в осевом или близком к нему направлении, т.е. в направлении, перпендикулярном плоскости диафрагмы (фотография микрофона Shure SM-58 публикуется с любезного разрешения компании* Shure, Inc.*)*

Диаграмма направленности

Слово "cardoid" ("кардоидный") — это не иностранное слово. Вспомните "cardiac" — "сердечный". Кардоидная диаграмма направленности получила такое название потому, что она по форме похожа на сердце.

Направленный микрофон лучше всего "слышит" звуки, поступающие спереди, в то время как ненаправленный микрофон обладает примерно одинаковой чувствительностью к звукам, поступающим с любого направления в пределах 360°. Направленные микрофоны разных типов отличаются по ширине диаграммы направленности (**табл. 6.1**). Не забывайте, что на разных частотах микрофон имеет разные диаграммы направленности. Даже при использовании ненаправленного микрофона может оказаться, что на практике его чувствительность в обратном направлении заметно ниже, чем в прямом направлении.

Иллюстрации публикуются с любезного разрешения корпорации *Sennheiser Electronic Corporation*. Сверху вниз: динамический микрофон Sennheiser MD 21-U, динамический микрофон MD 421-11, конденсаторный микрофон MKH-50, конденсаторный микрофон MKH-70, конденсаторный микрофон MKH-30.

Эффект близости и кардоидная диаграмма направленности микрофона

Совет. Нужно сделать голос более "глубоким", как у радиокомментатора? Приблизьте кардоидный микрофон ко рту (для достижения оптимального результата используйте акустический фильтр — так называемый поп-фильтр (pop filter)) — вот вам пример целенаправленного использования эффекта близости.

Таблица 6.1. Основные виды диаграммы направленности микрофонов

Диаграмма направленности	Название, ширина	Описание и область применения микрофона
	Равномерная (круговая); самая широкая	Ненаправленные микрофоны обладают почти одинаковой чувствительностью во всех направлениях, поэтому они подходят для улавливания пространственного, или окружающего нас, звука в условиях, когда направление на источник звука не выражено отчетливо. Они наименее требовательны к размещению
	Кардоидная (более узкая)	Кардоидные микрофоны (т.е. микрофоны с кардоидной диаграммой направленностью) — это микрофоны, получившие наибольшее распространение, поскольку они чувствительны к звуку, поступающему спереди, и одновременно отсекают потенциально нежелательный посторонний шум, поступающий сзади. Вследствие этого такие микрофоны особенно подходят для внестудийных условий, поскольку они менее чувствительны к шуму, создаваемому публикой
	Суперкардоидная/ гиперкардоидная (самая узкая)	Суперкардоидные микрофоны имеют самую узкую диаграмму направленности и используются для выделения полезного сигнала в условиях очень сильных посторонних шумов или в других условиях, когда необходимо отсечь посторонние звуки. Но вследствие высокой направленности они очень требовательны к точности размещения. Поскольку, в отличие от кардоидных микрофонов, они обладают высокой чувствительностью к звуку, поступающему с тыла, нужно позаботиться о том, чтобы в этой зоне не было акустических систем для контрольного прослушивания и любых других источников звука. Термины "супер" и "гипер" в ряде случаев используются в одном и том же смысле
	Узкая (уже суперкардоидной)	Существует множество разновидностей суперкардоидных микрофонов, отличающихся разной шириной диаграммы направленности. Микрофоны, имеющие самую узкую диаграмму направленности, получили название "остронаправленные". Они лучше отсекают звуки, поступающие с разных сторон, как спереди, так и сзади, от полезного сигнала, поступающего с осевого направления
	Двунаправленная (в виде восьмерки, нулевая чувствительность к звуку, поступающему сбоку)	Диаграмма направленности двунаправленного микрофона представляет собой восьмерку. Такие микрофоны обладают высокой чувствительностью к звуку, поступающему спереди и сзади, и в то же время к звукам, поступающим сбоку. "Спереди" — означает по направлению, перпендикулярному плоскости диафрагмы микрофона, но не по оси головки микрофона; поскольку микрофонная капсула в таких микрофонах направлена вбок, они чувствительны к звуку, поступающему сбоку

У кардоидных микрофонов есть одна уникальная особенность: по мере приближения микрофона к источнику звука происходит отчетливый подъем его чувствительности на низких частотах. Это явление получило название "эффект близости". Послушайте, как изменяется звучание вашего голоса по мере того, как вы приближаете кардоидный микрофон ко рту, продолжая говорить. В ряде случаев, например при ретрансляции звука музыкальных инструментов через микрофон, этот эффект может быть нежелательным, но для вокала или речи преднамеренный выбор такого микрофона — не редкость, это делается с целью выделения басовых тонов в звуке.

Выбор диаграммы направленности микрофона

Вы будете выбирать микрофоны с учетом диаграммы направленности, руководствуясь тем, для каких целей они необходимы. Журналистам может быть удобнее использовать ненаправленные микрофоны, чтобы не испортить запись важного интервью из-за того, что тот, у кого они его берут, будет поворачивать голову в сторону от микрофона. Но они могут использовать и остронаправленный микрофон, чтобы отсечь посторонние звуковые помехи. Для музыкальных целей используются, как правило, кардоидные микрофоны, ослабляющие нежелательный посторонний шум и в то же время не столь требовательные к точности направления микрофона на источник звука. Для записи большого ансамбля исполнителей может потребоваться несколько суперкардоидных или гиперкардоидных микрофонов, разнесенных друг от друга с целью предотвращения просачивания.

Реальные диаграммы направленности микрофонов неидеальны. Описанные нами диаграммы направленности микрофонов — это не более чем модели, идеализирующие направленные свойства реальных микрофонов. В действительности кардоидные микрофоны не отсекают полностью звук, поступающий сзади (хотя на самом деле значительно ослабляют его), и отражения от соседних поверхностей изменяют окраску записанного звука.

Одни микрофоны имеют заданную, неизменяемую диаграмму направленности, — это указывается либо в маркировке микрофона, либо в спецификации производителя. Другие микрофоны оснащены переключаемым микрофонным капсюлем, что позволяет выбирать диаграмму направленности микрофона с учетом условий записи (**рис. 6.4**).

Типы и варианты конструкции микрофонов

Тип или модель микрофона указывает вариант его конструкций и, соответственно, акустические характеристики, по которым микрофоны могут быть объединены в ряд категорий. Два наиболее распространенных типа микрофонов — динамический и конденсаторный; в звукозаписи широко используется также ленточный микрофон. Традиционно динамические микрофоны более приемлемы по цене, хотя в настоящее время высококачественные конденсаторные микрофоны составляют им конкуренцию даже в ценовом диапазоне ниже $200; ленточные микрофоны, за редким исключением, предлагаются по более высокой цене.

Идеального микрофона не существует, у разных конструкций микрофонов есть свои достоинства и недостатки, поэтому даже новичкам рекомендуется обзавестись небольшим набором моделей микрофонов, чтобы иметь возможность выбора микрофона исходя

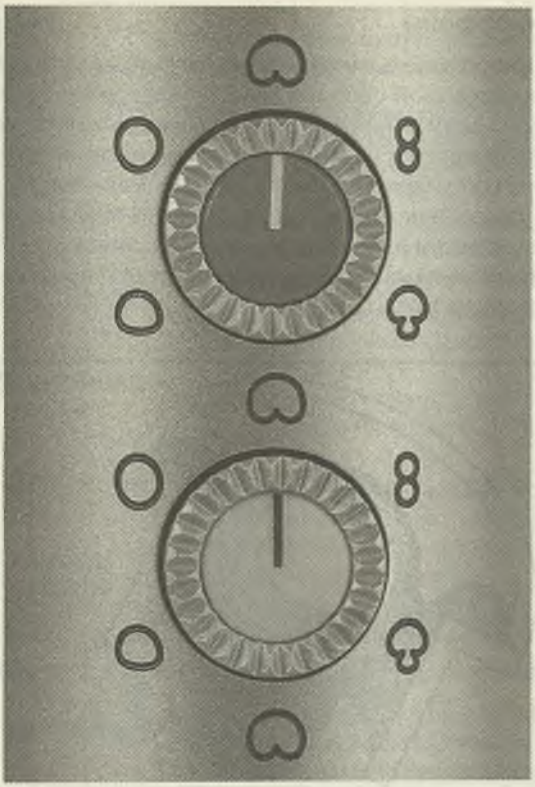


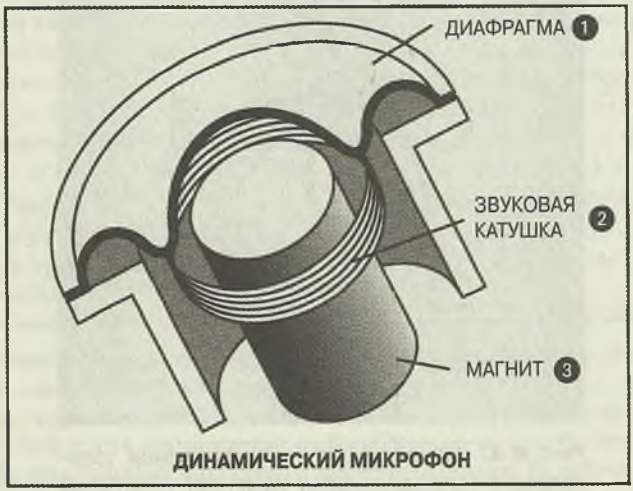
Рис. 6.4. *Микрофон с переключаемой диаграммой направленности заменяет несколько микрофонов с различными фиксированными диаграммами направленности. Первым микрофоном, обладающим такими возможностями, стал микрофон U 47 компании* Neumann. *Здесь показана панель переключения диаграммы направленности стереофонического микрофона USM-69 этой компании (публикуется с любезного разрешения компании* Georg Neumann GmbH*)*

из условий записи и реализации творческих замыслов. Обычно в такой набор входит пара согласованных по своим характеристикам микрофонов для стереофонической записи, и в нем должны быть как конденсаторные, так и динамические микрофоны. Достаточно всего двух-трех хороших микрофонов, чтобы существенно расширить творческие возможности записи.

Нет нужды говорить о том, что это касается не только вопроса покупки микрофонов. Имея в своем распоряжении определенный набор разных микрофонов, вы будете подбирать наиболее подходящие из них для тех или иных условий записи, поэтому знание возможностей различных типов микрофонов будет иметь определяющее значение для создания качественной записи.

Динамические микрофоны

В динамическом микрофоне электрический сигнал создается движущейся подвижной катушкой электромагнитной системы (**рис. 6.5**), поэтому такой тип микрофона называют электродинамическим микрофоном с подвижной катушкой. Принцип действия этого типа микрофона базируется на законе электромагнитной индукции: в витке провода, движущемся перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, наводится ток. Наличие подвижной проводниковой катушки является главным достоинством и одновременно главным недостатком этого типа микрофона: динамический микрофон обладает удивительной стойкостью к скачкам давления воздуха и прочностью, но не очень подходит для записи высоких частот.



1. Легкая, тонкая диафрагма (обычно из майлара) смещается под действием изменения давления воздуха, вызванным звуковыми колебаниями.
2. Проводниковая катушка, закрепленная на диафрагме, движется вместе с ней.
3. В движущейся проводниковой катушке, пересекающей силовые линии магнитного поля, наводится ток, и между концами катушки возникает напряжение — выходной сигнал микрофона.

Рис. 6.5. *Конструкция капсюля динамического микрофона (рисунок публикуется с любезного разрешения компании* Shure, Inc.*)*

Если необходим микрофон, устойчивый к механическим воздействиям, или микрофон для записи очень громкого звука, подойдет только динамический микрофон. Он также незаменим для массы других вариантов записи, вот почему практически в любой профессиональной студии звукозаписи вы найдете микрофон SM57.

Совет: рекомендуемые варианты микрофонов для начинающих

Для начала вполне достаточно сравнительно недорого набора микрофонов: пары согласованных по характеристикам динамических микрофонов и конденсаторного микрофона. С их помощью вы можете делать прекрасные записи. Ниже приведен пример типичного набора микрофонов, что не исключает массы других вариантов выбора.

Динамические микрофоны. Shure SM57/58/ Beta 58 (розничная цена $80–150), Blue The Ball или Blue Snowball с USB-интерфейсом ($100–150) идеально подходят для записи партий ударных инструментов, вокальных партий и сценических выступлений.

Конденсаторные микрофоны. Rode NT-1A ($200, показан на фотографии), Studio Projects C1 ($200) — идеальный выбор для вокала и музыкальных инструментов.

Примеры динамических микрофонов

Shure SM57/58, Sennheiser MD421 mk II (на фотографии ниже; публикуется с любезного разрешения компании *Sennheiser Electronic Corporation*)

Питание. Не требуется.

Достоинства. Прочность, широкий амплитудный диапазон, доступная цена.

Недостатки. Искажение высокочастотного спектра звука, "смещение" низкочастотного спектра, низкая чувствительность.

Область применения. Универсальный микрофон для записи, микрофон для записи громких источников звука, таких, например, как ударная установка и гитарный усилитель, микрофон для выступлений.

Гибриды. Разбиение микрофонов на категории — вещь достаточно условная, и не стоит полностью полагаться на нее, потому что инженеры постоянно изобретают новые варианты конструкции, которые не укладываются ни в одну из категорий. Компания *Blue Microphones* выпускает пользующиеся широким спросом динамические микрофоны с внешним питанием, например Snowball с USB-интерфейсом (показан на фотографии, публикуется с любезного разрешения компании *Blue Microphones*). Вот вам

пример исключения из правила, что динамическому микрофону не требуется внешнее питание (читайте раздел "Фантомное питание", приведенный ниже). Использование дополнительного питания микрофона дает возможность объединить в одном микрофоне достоинства конденсаторного и динамического микрофонов и создать, таким образом, универсальные микрофоны, которые подходят для использования в самых разнообразных условиях записи.

Конденсаторные микрофоны

В отличие от электродинамического микрофона, в котором электрический сигнал создается подвижной электромагнитной системой, воспринимающей колебания давления воздуха, в конденсаторном микрофоне колебания давления воздуха воспринимаются подвижной обкладкой заряженного конденсатора и вызывают изменение его заряда. Механическая система, состоящая из двух заряженных обкладок конденсатора — неподвижной (опорной) и подвижной (диафрагмы), — воспринимает звуковые колебания (**рис. 6.6**).

Рис. 6.6. *Конденсаторный микрофон представляет собой, по сути, заряженный плоский конденсатор. Одна из его обкладок — тонкая, легкая металлическая мембрана (диафрагма) — колеблется по отношению к неподвижной (опорной) металлической обкладке под действием изменения давления воздуха в звуковой волне. Изменение расстояния между обкладками вызывает изменение его емкости, в результате чего возникает переменный ток через конденсатор, формирующий выходной сигнал микрофона. Для усиления этого выходного сигнала используется внешний усилитель (транзисторный или ламповый) (публикуется с любезного разрешения компании* Shure, Inc.*)*

Примеры конденсаторных микрофонов

Shure KSM/27 (показан на фотографии, публикуется с любезного разрешения компании *Shure, Inc.*), AKGC1000S.

Питание. Необходимо.

Достоинства. Очень равномерная частотная характеристика.

Недостатки. Менее прочный; не подходит для близкой записи громких источников звука.

Область применения. Универсальный студийный микрофон для записи акустической гитары, инструментов и вокала (в помещениях, где условия эксплуатации не столь жесткие).

Конденсаторный микрофон обладает достаточно гладкой частотной характеристикой и идеально подходит для записи широкополосных и высокочастотных звуков, такой микрофон — оптимальный вариант для записи акустической гитары. Но, поскольку этот тип микрофона отличается повышенной чувствительностью, он не подходит для расположения рядом с источниками громкого звука, например барабанами. Для этого типа микрофона требуется дополнительное питание, батарейное или по внешнему кабелю (читайте раздел "Фантомное питание").

Конденсаторные микрофоны классифицируются по размеру диафрагмы; их можно сразу же узнать по размеру микрофонной головки. Тонкие, с небольшой диафрагмой микрофоны стоят обычно дешевле и используются в качестве ручных микрофонов на сцене или для записи инструментов. Более совершенные, с большой диафрагмой, конденсаторные микрофоны — крупнее и стоят дороже, но обеспечивают более высокое качество записи.

Развитие этой технологии привело к созданию весьма недорогих серийных конденсаторных микрофонов, хотя и за счет определенного снижения качества звука. В портативном диктофоне используется обычно электретный микрофон. В электретном конденсаторном микрофоне для создания обкладок используется специальный материал — электрет, сохраняющий заряд, благодаря чему электретные микрофоны стоят совсем недорого, но при этом имеют более толстую диафрагму и, соответственно, худшие характеристики на высоких частотах. Конденсаторные микрофоны типа back-electret построены на том же принципе, но в них используется более тонкая мембрана, поэтому по своим характеристикам они приближаются к дорогим моделям. Например, конденсаторные микрофоны ценой ниже $100 базируются на этой технологии.

Странности терминологии. Конденсаторные (condenser) микрофоны называют еще емкостными (capacitor), поскольку в некоторых странах эти термины означают одно и то же. В Соединенных Штатах такой микрофон называют condenser, хотя как элемент электрической цепи он называется capacitor, а в Великобритании и микрофон, и электрический элемент называют одинаково — capacitor.

Фантомное питание

Фантомное питание (Phantom Power) — способ подачи внешнего электропитания на конденсаторный микрофон без дополнительного кабеля питания. Для этого используется один из проводников симметричного сигнального кабеля микрофона, по которому на микрофон подается питание постоянного тока напряжением 11–52 В (часто маркируется просто как "48 V") для создания заряда на обкладках конденсаторного микрофона. В конденсаторных микрофонах вместо фантомного питания может использоваться батарейное питание (**рис. 6.7**), но в общем случае предпочтение отдается фантомному питанию.

Существует несколько вариантов фантомного питания.

- По симметричному сигнальному кабелю подключения к микшеру
- По симметричному сигнальному кабелю подключения к устройству сопряжения с компьютером (аудиоинтерфейсу)
- По выделенному кабелю фантомного питания

В микшере или устройстве сопряжения с компьютером (аудиоинтерфейсе), в котором предусмотрена подача фантомного питания, обычно имеется отдельный выключатель фантомного питания.

В динамических микрофонах не используется фантомное питание, но при случайной подаче фантомного питания на динамический микрофон с симметричным выходом ничего не произойдет, он будет продолжать работать так же, как при выключенном фантомном питании.

Внимание. Прежде чем подключать микрофон или другое устройство к разъему с фантомным питанием, убедитесь, что в данном устройстве предусмотрена необходимость подачи фантомного питания.

Если не уверены, прочитайте документацию. Практически все стандартные микрофоны с симметричным XLR-разъемом будут функционировать при таком подключении. То же самое касается многих устройств с прямым подключением, но микрофоны старых моделей и микрофоны с несимметричным выходом, а также высокоомные микрофоны при таком подключении могут выйти из строя, поэтому подключать к входу с фантомным питанием несимметричный выход устройства можно только после выключения фантомного питания.

Рис. 6.7. *Конденсаторные микрофоны, как и другие микрофоны, которым требуется фантомное питание, могут получать его от батареи питания, как, например, микрофон Sennheiser, показанный на этой фотографии, или по цепи фантомного питания от микшера или устройства сопряжения с компьютером (аудиоинтерфейса) по симметричному кабелю через разъем XLR (публикуется с любезного разрешения компании* Sennheiser Electronic Corporation*)*

Ленточные микрофоны

Примеры ленточных микрофонов

Royer R-121 (показан на фотографии; публикуется с любезного разрешения компании *Royer Labs*), Beyerdynamic MI 30/160.

Питание. Не требуется.

Достоинства. Равномерная частотная характеристика, субъективно более теплый звук.

Недостатки. Дорогостоящий, чувствительный к дыханию и акустическим шумам (хотя ряд современных конструкций отличается большей устойчивостью).

Область применения. Используется для придания звуку "ровного", "традиционного" тембра, для записи струнных и других инструментов, придания звуку вокала "теплого" тембра.

Ленточные микрофоны по принципу действия очень близки к динамическим микрофонам; их даже называют "ленточные динамические микрофоны". Аналогично динамическому микрофону в ленточном микрофоне электрический сигнал генерируется за счет перемещения подвижного проводящего элемента в магнитном поле, но в качестве подвижного элемента используется не диафрагма с проводниковой катушкой, а чрезвычайно тонкая рифленая лента (**рис. 6.8**).

Ленточные микрофоны были чрезвычайно широко распространены в прошлом — особенно такие классические модели, как RCA 44 и 77 (**рис. 6.9**) и Shure Model 55. На черно-белых фотографиях репортажей 1930–1950-х годов прошлого столетия вы часто можете заметить большой, шикарно выглядящий микрофон (иногда даже с надписью "NBC" или "CBS" сбоку). Это и есть ленточный микрофон. Но это вовсе не означает, что ленточные микрофоны стали музейным экспонатом; благодаря своим уникальным характеристикам они по-прежнему пользуются спросом. Многие исторические конструкции представлены в обновленных, улучшенных версиях; например, компания *AEA* выпускает современные версии микрофонов RCA, воспроизводя даже копию логотипа. Новые модели компании *AEA* и более компактные микрофоны компании *Royer Labs* и других компаний отличаются большей стойкостью и компактностью по сравнению с традиционными ленточными микрофонами.

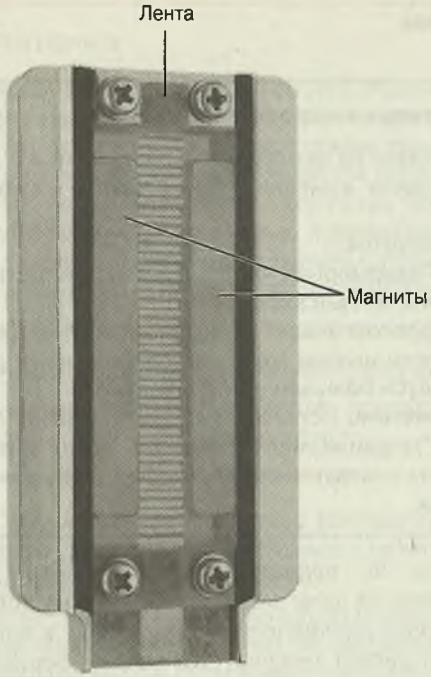


Рис. 6.8. *Конструкция ленточного микрофона. Роль диафрагмы с проводниковой катушкой, используемой в динамическом микрофоне, в данном случае играет одиночная рифленая лента. Эта лента подвешена между магнитами. Под действием изменения давления воздуха, вызванного звуковыми колебаниями, эта лента перемещается в магнитном поле, и в результате генерируется напряжение полезного сигнала, как в динамическом микрофоне (фотография электромагнитного преобразователя микрофона R-121 публикуется с любезного разрешения компании* Royer Labs*)*

Рис. 6.9. *Слева: классическая модели ленточного микрофона — оригинальный микрофон RCA модели 77-DX (публикуется с любезного разрешения Стэнли О. Каутэнта (Stanley O. Coutant); микрофон из его личной коллекции; www.coutant.org). Справа: микрофон R84 компании* AEA *по внешнему виду и диаграмме направленности в виде восьмерки копирует микрофон RCA, но его конструкция доработана — он стал более стойким и отличается повышенным качеством передачи звука (публикуется с любезного разрешения ассоциации* Audio Engineering Associates*)*

Применение микрофонов

Принципы размещения микрофонов

Практика — лучший учитель. Лучший способ научиться правильно выбирать размещение микрофонов — практиковаться в этом. Ставьте микрофон рядом с источником звука и оценивайте результат. Обязательно поэкспериментируйте, изменяя расстояние и угол, под которым микрофон направлен на источник звука.

Существует много вариантов размещения микрофонов. После знакомства с теорией микрофонов запомните, что запись звука — это искусство. От того, как размещен микрофон, будет зависеть, что вы услышите при воспроизведении звукозаписи. На практике в зависимости от конкретной цели руководствуются рядом выработанных правил. Мы начнем с общих соображений по размещению микрофонов и затем рассмотрим конкретные ситуации.

Размещение микрофона вплотную и на удалении

При записи регистрируется смесь *прямого* и *побочного* (*отраженного*) звука. Прямой звук распространяется прямо от источника звука к микрофону и является "первозданным" звуком источника звука, поскольку он не подвергается на своем пути каким бы то ни было изменениям. Побочный звук — это звук, который на своем пути к микрофону отражается от поверхностей в акустической обстановке звукозаписи, например от стен комнаты и мебели; поэтому он имеет измененный тембр и поступает в микрофон с задержкой.

Выбор места и направления при размещении микрофона определяет характер результирующей смеси прямого и побочного звуков, воздействующей на микрофон. Основные варианты размещения микрофона — *вплотную* и *на удалении* от источника звука.

- **Размещение микрофона вплотную.** Микрофон находится в непосредственной близости от источника звука, например у рта певца или рядом с гитарным усилителем или барабаном. При размещении микрофона вплотную он воспринимает, главным образом, прямой звук.
- **Размещение микрофона на удалении.** Между микрофоном и источником звука имеется достаточно большое пространство (например, *граничный* (boundary) микрофон на театральной сцене или стереофонический микрофон в концертном зале на концерте симфонического оркестра). В этом случае микрофон воспринимает множество отраженных звуков.

Пропорция смеси прямого и отраженного звуков при записи зависит от того, что мы хотим получить в результате. Чтобы записать звук гитары так, как будто вы сидите от гитариста на расстоянии вытянутой руки, нужно избавиться от отраженного звука, его должно быть как можно меньше. С другой стороны, для записи хора в кафедральном соборе нужно записать отраженный звук, чтобы сохранить в звукозаписи пространственный эффект звучания.

В любом случае чрезмерный уровень отраженного звука создает проблемы. Противофазные составляющие в спектре прямого и отраженного звуков взаимно нейтрализуются, что приводит к искажению спектра звука, он становится глухим. Один из способов компенсации этого эффекта заключается в использовании для записи удаленных микрофонов (читайте раздел "Граничный конденсаторный микрофон (PZM)"). Чрезмерная

пропорция отраженного звука "загрязняет" записанный звук. Эта проблема решается путем выбора микрофонов с большей направленностью или путем установки акустических барьеров, экранирующих микрофоны от отраженного звука.

Для получения желаемой смеси основного и отраженного звуков многие звукооператоры используют комбинации удаленных и расположенных вплотную микрофонов. Даже при использовании всего пары микрофонов такая комбинация расширяет возможности смешения этих двух сигналов (**табл. 6.2**).

Граничный конденсаторный микрофон (PZM)

Примеры. Crown PZM-30D, AKG C 542 BL, Neumann GFM 132 (**рис. 6.10**).

Питание. Требуется.

Что собой представляют. Конденсаторные направленные микрофоны специальной конструкции, выполненные в плоских корпусах и специально предназначенные для установки на встроенной подставке и/или крепления на плоских поверхностях.

Зачем они нужны. Такие микрофоны допускают крепление на плоских поверхностях, позволяют компенсировать искажения, вызванные разнесением микрофона и источника звука, предотвращают искажение тембра звука вследствие отражения звука от близлежащих поверхностей, малозаметны.

Область применения. Запись на удалении от источника звука (например, сценического выступления), звукозапись с акустических поверхностей (например, с крышки рояля).

Граничные микрофоны, часто называемые PZM-микрофонами (Pressure Zone Microphones), по торговой марке, присвоенной их создателем — компанией *Crown*, представляют собой специализированные конденсаторные микрофоны, предназначенные для крепления на твердых плоских поверхностях — на полу, стене или крышке рояля. За счет использования акустической поверхности они позволяют компенсировать отраженный звук, который в противном

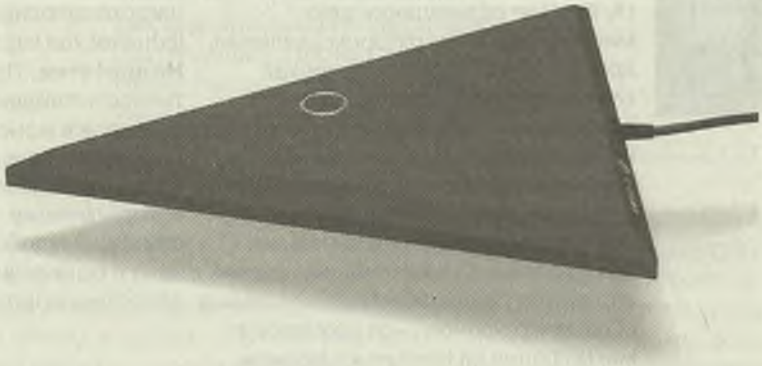


Рис. 6.10. *Плоская конструкция граничных микрофонов, например GFM 132 компании* Neumann, *дает возможность располагать их в местах, недоступных для других микрофонов (публикуется с любезного разрешения компании* Georg Neumann GmBH*)*

случае ухудшал бы качество звукозаписи на удалении от источника звука. (В случае использования традиционных микрофонов прямой и отраженные звуки достигают микрофона не одновременно, что приводит к искажению спектра звука вследствие эффекта взаимной нейтрализации несинфазных составляющих. В случае использования граничных микрофонов отраженный и прямой звуки синфазны.)

В ряде граничных микрофонов используются фильтры нижних частот, подавляющие низкочастотные звуки вибрации. Все эти микрофоны имеют равномерную диаграмму направленности, но, конечно же, со стороны, прилегающей к опорной поверхности, звук не проходит.

Таблица 6.2. Варианты размещения стереофонических микрофонов

Микрофон	Принцип действия	Достоинства и недостатки
	Стереофонические микрофоны. Вы можете приобрести стереофонический микрофон, в котором используются две диафрагмы (по одной с каждой стороны), с отдельными разъемами правого и левого каналов. Здесь показан в разрезе стереофонический конденсаторный микрофон Neumann USM 69. На нем видно расположение двух акустических преобразователей (публикуется с любезного разрешения компании *Georg Neumann GmbH*)	**Достоинства.** Удобно использовать всего один микрофон. **Недостатки.** Ограниченные возможности управления стереофонической картиной звука
	Пространственно разнесенные (A/B). При размещении двух микрофонов на некотором удалении друг от друга стереофоническая картина звука создается за счет естественной задержки. Необходимо использовать подобранную (близкую или в идеальном случае идентичную) по своим характеристикам пару кардоидных или ненаправленных микрофонов. Существует множество вариантов реализации двухканальных (A/B) микрофонов — от разнесения микрофонов на несколько дюймов за счет поворота по отношению друг к другу до разнесения параллельно стоящих микрофонов на несколько метров друг от друга	**Достоинства.** Хорошая широкополосная стереофоническая картина звука. **Недостатки.** Проблематичность сведения двух сигналов в монофонический сигнал вследствие эффекта фазовой нейтрализации. В ряде случаев неудобство связано с ограниченностью доступного пространства

Окончание табл. 6.2

Микрофон	Принцип действия	Достоинства и недостатки
	Пара микрофонов, установленных под углом друг к другу. Разворот близких или идентичных по своим характеристикам кардоидных или двунаправленных микрофонов друг относительно друга на угол 90–110° обеспечивает перекрывающееся стереополе при отсутствии проблем, связанных с фазовой нейтрализацией (двунаправленные микрофоны воспринимают звук, поступающий с тыла, смешивая его со звуком, поступающим спереди)	**Достоинства.** Надежная регистрация звука, устранение эффекта фазовой нейтрализации. Двунаправленная пара микрофонов, развернутых по отношению друг к другу под углом, добавляет в звуковой сигнал фоновый звук. **Недостатки.** Менее яркая стереофоническая картина звука при записи большого ансамбля
	Микрофонная система с комбинированными — осевой и боковой — диаграммами направленности (M/S — Middle/Side). В этом варианте используется кардоидный или ненаправленный микрофон в комбинации с двунаправленным микрофоном. Кардоидный микрофон воспринимает звук, поступающий спереди, в то время как двунаправленный микрофон обеспечивает чувствительность системы к звуку, поступающему сбоку. Для такой системы требуется специальный пространственный (M/S) декодер для разделения сигналов, поступающих с разных сторон. Это может быть как аппаратный декодер, так и программный подключаемый модуль декодера (**рис. 6.11**)	**Достоинства.** Отсутствие эффекта фазовой нейтрализации и полное управление прямым аудиосигналом (создаваемым звуком, поступающим спереди) и побочным аудиосигналом (создаваемым звуком, поступающим сбоку). **Недостатки.** Необходимость в пространственном (M/S) декодере

В случае использования стереофонического микрофона или пары микрофонов, разнесенных пространственно (A/B) или повернутых под углом друг к другу (X/Y), микширование стереосигналов не представляет трудностей: один монофонический канал звука является левым (поэтому при микшировании вы можете смещать панораму звука этого канала влево), а другой — правым (смещаем панораму вправо). При использовании микрофонной системы с комбинированной (M/S) диаграммой направленности микширование сигналов осуществляется в пространственном декодере, или после декодирования сигналы правого и левого каналов микшируются как обычно.

Рис. 6.11. *В пространственном (M/S) декодере имеется два монофонических микрофонных входа, один из которых предназначен для подключения осевого микрофона, а второй — для подключения двунаправленного микрофона, воспринимающего звук, который поступает сбоку. Декодер преобразует сигналы, поступающие с выходов этих микрофонов, в сигналы правого и левого каналов звука. В Digital Performer входит программный M/S-декодер компании* MOTU, *виртуальные входы которого обозначены изображением кардоидной и двунаправленной диаграмм направленности (1) во избежание путаницы. С помощью поворотного стереофонического регулятора, размещенного в центре панели декодера, осуществляется управление микшированием этих двух сигналов (2)*

Расставляем микрофоны

Начинайте со стереофонического микрофона. При размещении микрофонов для записи ансамбля требуется, как минимум, стереофоническая микрофонная система (X/Y, A/B, M/S или пространственно разнесенная). Это общепринятый подход к записи, в первую очередь, классических музыкальных ансамблей. После установки стереофонического микрофона к нему постепенно добавляются акцентирующие (accent) или местные (spot) микрофоны и другие индивидуальные микрофоны для получения нужного смешанного аудиосигнала.

Для полноценной записи ансамбля используют комбинацию микрофонов.

- **Микрофон общего плана.** Монофонический микрофон (или стереофоническая пара микрофонов), регистрирующий общий звук источника звука и акустической обстановки (как прямой, так и фоновый звуки).
- **Фоновый микрофон.** Микрофон, предназначенный для записи, в первую очередь, фонового звука, а не звука записываемого источника звука, например постороннего шума в комнате или шума зрительного зала (например, при прямой звукозаписи в формате объемного (surround-sound) звука часто используется отдельный микрофон для записи фонового звука зала, предназначенный для тылового канала).
- **Инструментальные микрофоны.** Микрофоны, предназначенные для направленной записи прямого звука, например для индивидуальной записи инструментов, или дополнительные направленные микрофоны для выделения отдельных партий в общей звуковой картине.

Затем подбирают микрофоны, по диаграмме направленности и акустическим характеристикам более всего соответствующие конкретным инструментам (или другим источникам звука) и характеру звука, который нужно записать.

Сопоставление прямой и студийной звукозаписей

Микрофоны работают одинаково как при студийной, так и при прямой звукозаписи. Но во втором случае меняются условия их работы. Микрофонная система должна быть более стойкой к условиям эксплуатации и возникновению паразитной акустической обратной связи, поскольку во время исполнения вы не можете точно контролировать звук через наушники контрольного прослушивания (технически это было бы возможно, но зрительному залу это решительно не понравилось бы!).

Общие принципы использования микрофонов должны быть скорректированы с учетом условий, в которых им приходится работать на сцене.

- **Выбирайте микрофоны, стойкие к грубому обращению.** Выбирайте микрофоны, которые выдержат грубое обращение и смогут использоваться в качестве ручных микрофонов вокалистами. Лучше использовать динамические микрофоны, потому что их можно будет приблизить вплотную к источнику звука, сохраняя высокую громкость звука без опасности возникновения акустической обратной связи.
- **Сократите количество микрофонов.** Чем меньше микрофонов, тем меньше потенциальная возможность возникновения акустической обратной связи.
- **Используйте мертвые зоны в диаграммах направленности микрофонов.** Выбирайте направленные микрофоны и размещайте их так, чтобы звук акустических систем прослушивания и фоновый шум попадали в их мертвые зоны. Это поможет очистить звук от помех и ослабить акустическую обратную связь.

Микрофонная запись обычных музыкальных инструментов

Откажитесь от использования эквалайзера. Лучше добиться необходимого качества записи звука путем подбора типа микрофона и места его размещения, чем путем последующей частотной коррекции звукозаписи. В процессе микширования вы обязательно будете использовать эквалайзер, но тогда у вас будет больше возможностей для творческой коррекции звука, если исходная звукозапись звучит хорошо. Подробно о частотной коррекции и других эффектах читайте в главе 7.

Количество потенциальных источников звука и вариантов использования микрофонов для регистрации их звука бесконечно, поэтому лучше всего начинать с анализа следующих факторов.

- **Какой по характеру звук создает данный источник звука**? Определите частотные и амплитудные характеристики источника звука.
- **Как и за счет чего создается этот звук?** Необходимо определить наилучшее место для микрофона, исходя из того, в каком месте инструмента или другого источника звука звук слышен лучше всего.

- **Какой звук нужно записать?** Нужно захватить полностью частотный и амплитудный диапазоны звука инструмента или вырезать низкочастотную или высокочастотную часть спектра, чтобы придать записанному звуку больше "тепла" или избавиться от нежелательных компонентов звука?

Исходя из этих соображений, мы рассмотрим общепринятые варианты записи звука инструментов, которые вам, вероятно, придется записывать чаще всего.

Вокал

Запись вокала. Количество микрофонов — 1.

Оптимальная диаграмма направленности. Кардоида (при записи с микрофона, удаленного от источника звука, в случае записи большого ансамбля — равномерная).

Оптимальный вариант размещения. Вплотную (на расстоянии не более 20–30 см).

Совет. По стойкости к условиям эксплуатации лучше подходит динамический микрофон, по качеству воспроизведения речи — конденсаторный или ленточный микрофон. Если у вас есть поп-фильтр, используйте его.

Недорогие поп-фильтры. Материал, из которого изготавливают серийные поп-фильтры, по своим характеристикам подобен обычному нейлону, из которого делают колготки, поэтому неугомонные самодельщики сами делают поп-фильтры, используя в качестве рамки круглые пяльцы для вышивания. Читайте инструкции Кристофера Старка (Christopher Stark) по самостоятельному изготовлению фильтров на сайте `www.kaiaudio.com/projects/xplosive.html`. Один из вариантов — просто натянуть чулок на головку микрофона.

Микрофонная запись вокала осуществляется достаточно просто, поскольку в этом случае мы записываем всего один, причем четко локализованный, источник звука: рот певца. В этом случае проблем немного.

- **Убедитесь, что вокалист (и вы) правильно использует микрофон.** Вокалист должен держать микрофон в стабильном положении, а еще лучше — закрепить микрофон на стойке. Нельзя касаться сетки головки микрофона.
- **Как правило, микрофон должен находиться на расстоянии 7–10 см от рта певца (рис. 6.12).** В зависимости от стиля исполнения вокалиста или по иным соображениям, например для лучшей записи отраженного звука, может понадобиться отодвинуть микрофон на несколько дюймов. Для придания звука большей глубины и сочности придвиньте микрофон немного ближе, чтобы целенаправленно использовать эффект близости.
- Вам придется иметь дело со взрывными звуками и сибилянтами (шипящими звуками), которые создаются в процессе дыхания при обычной речи, — повышенным фоном высокочастотных шипящих и свистящих звуков — с, щ, ф и других аналогичных согласных. Поп-фильтр, известный также под названием "поп-экран" **(рис. 6.13)**, стоит совсем недорого; он поможет устранить эффект взрывных звуков, а для избавления от сибилянтов — шипящих звуков, характерных для согласных типа "s" — нужно попросить исполнителя дышать чуть в сторону от микрофона.

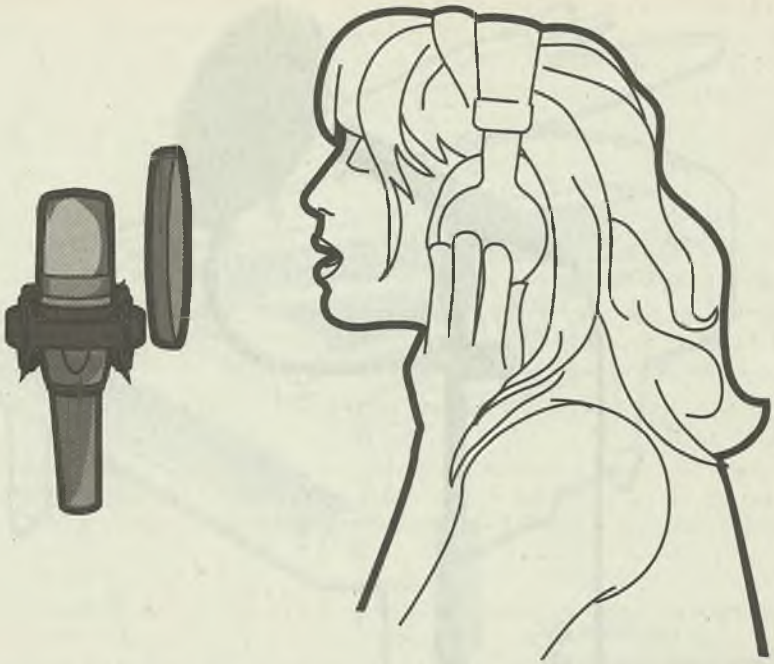


Рис. 6.12. *Вокалист должен держать микрофон ближе ко рту; для ослабления взрывных звуков и сибилянтов (шипящих звуков дыхания) используйте поп-фильтр*

При одновременной записи нескольких певцов лучше каждому из них дать отдельный микрофон, а если это невозможно, выбрать микрофон с более широкой диаграммой направленности. При записи концертного выступления ненаправленный микрофон — это не лучший вариант; в этом случае лучше подойдет кардоидный микрофон с широкой диаграммой направленности.

Рояль

Запись рояля

Количество микрофонов. 2 и более.

Оптимальная диаграмма направленности. Ненаправленная.

Оптимальное размещение. Вплотную к резонансной деке; или стереопара, направленная на крышку рояля.

Совет. При записи концертного рояля благодаря его крышке можно использовать граничный микрофон. Но в любом варианте крышка рояля должна быть открыта (на половину длины или на полную длину упора).

Ключевым вопросом записи акустического пианино является запись звука всех струн диапазона звучания инструмента и одновременное подавление звуков, сопровождающих нажатие клавиш и педалей.

Рис. 6.13. *Недорогой поп-фильтр эффективно ослабляет взрывные звуки в вокальном исполнении и пульсации воздуха в инструментальной записи. Здесь показан микрофон Sennheiser MZP 40 (публикуется с любезного разрешения компании* Sennheiser Electronic Corporation*)*

Предпочтение отдается конденсаторным микрофонам; одним из них может быть граничный микрофон, закрепленный на крышке концертного рояля. Рояль лучше любого другого музыкального инструмента подходит по звуковому диапазону для записи с помощью высококачественного конденсаторного микрофона; это особенно справедливо для сольного исполнения.

Поскольку широкий спектр звука рояля формируется в результате внутренней реверберации и ответных резонансных колебаний струн, не нужно размещать микрофоны слишком близко к струнам. Отодвиньте их, по крайней мере, сантиметров на пятнадцать, чтобы звуки отдельных струн были сбалансированы звуком резонансной деки (**рис. 6.14**). В идеале, для того чтобы охватить струны всего диапазона, требуются всего два микрофона (при записи звука пианино просто откройте его верхнюю крышку).

Путешествие по концертному роялю. Рояль дает больше свободы для размещения микрофонов, чем любой другой музыкальный инструмент. Поэтому поэкспериментируйте с размещением микрофонов в разных местах резонансной деки и на разных расстояниях от инструмента, чтобы добиться нужного звука.

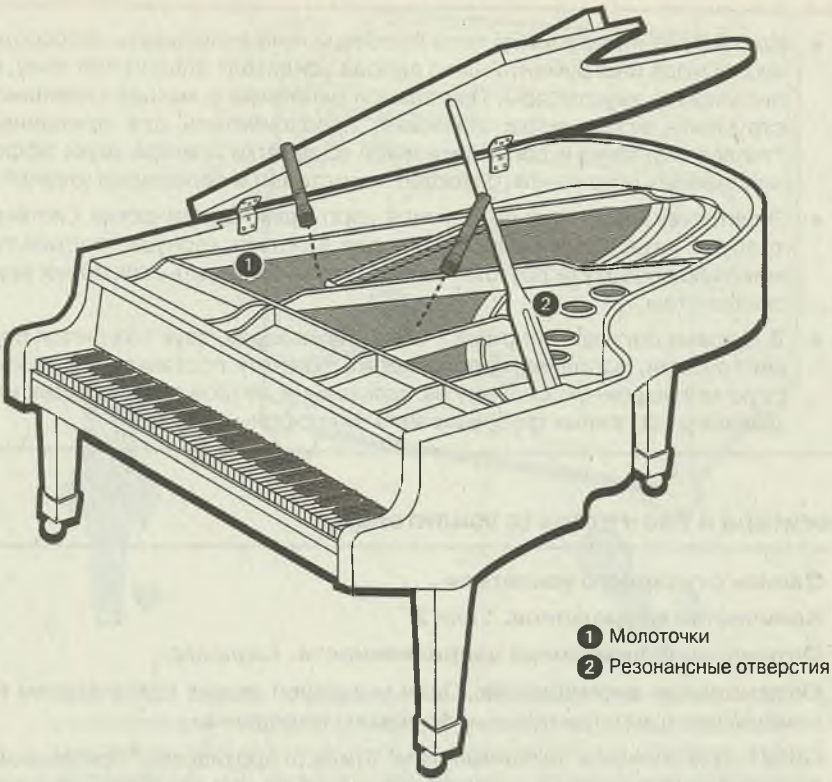


Рис. 6.14. *Типичный вариант размещения двух микрофонов вплотную к роялю. Возможны и другие варианты, например разместить микрофоны ближе к резонансным отверстиям, передвигая их по краю крышки рояля, или даже отодвинуть их от рояля, направив на его крышку*

Рояль звучит по-разному в разных его местах: молоточки создают более резкий, ударный звук, в то время как резонансная дека делает звук полнее и богаче. Путем выбора места установки микрофонов, или используя дополнительные микрофоны, вы можете выделить тот звук, который вам нужен (особенно в случае, если вы имеете дело с большим концертным роялем). Если микрофон всего один, не изводитесь: выберите ненаправленный микрофон и расположите его в нужном месте. Самый широкий спектр звука будет над струнами, самый резкий — возле молоточков; чем ближе микрофон к резонансным отверстиям, тем звук тоньше; выбирая позицию микрофона над соответствующими струнами, вы можете усилить низкие или высокие частоты в записи.

Старые клавишные электромузыкальные инструменты и электроорганы

В клавишных электромузыкальных инструментах обычно имеются линейные выходы звука или даже цифровые выходы и выходы для прямого подключения к компьютеру, но в старых моделях их нет. Если вам выпало счастье иметь дело с классическим клавишным электромузыкальным инструментом или электроорганом, воспользуйтесь рекомендациями, приведенными ниже.

- Клавишные инструменты типа Rhodes можно записывать непосредственно с выхода инструмента или с выхода усилителя аналогично тому, как записывается звук гитары. При записи напрямую с выхода клавишного инструмента используйте ламповый предусилитель для придания звуку "теплого" оттенка и дополнительной обработки спектра звука эффектами нелинейных искажений (distortion — дистошн) и перегрузки (overdrive).
- Электроорганы с вращающимися корпусами акустических систем Leslie требуют отдельных микрофонов для каждого корпуса: поставьте один микрофон вверху, а другой — внизу, чтобы захватить звук обеих акустических систем.
- В духовых органах, например, стоящих на хорах, звук создается органными трубами, заполняя пространство, поэтому поставьте стереофоническую микрофонную систему на расстоянии метров трех-четырех или еще дальше от органных труб, направив микрофоны на них.

Электрогитара и бас-гитара (с усилителем)

Запись с гитарного усилителя

Количество микрофонов. 1 или 2.

Оптимальная диаграмма направленности. Кардоида.

Оптимальное размещение. Один микрофон рядом с усилителем или его комбинация с дополнительным фоновым микрофоном.

Совет. Для записи в "американском" стиле (в противовес "британскому") характерно использование конденсаторных, а не динамических микрофонов, но проверьте, чтобы конденсаторный микрофон стоял на безопасном расстоянии — его легко повредить громким звуком!

Выход электрогитары можно подключить прямо к коммутатору ("DI" box, direct box) или устройству сопряжения аудиоаппаратуры (аудиоинтерфейсу), но, если у вас есть любимый гитарный усилитель и вы хотите сохранить в записи присущий ему характер окрашивания тембра звука, вам придется записывать звук с акустической системы усилителя через микрофон (**рис. 6.15**). Традиционный вариант установки микрофона — направить динамический микрофон на декоративный экран акустической системы, разместив его вплотную к нему или даже так, чтобы он касался поверхности декоративного экрана (но не вздумайте проделать это со своим дорогостоящим конденсаторным микрофоном!). В результате звук будет очень плотным, интенсивным. Как правило, лучше всего запись получается, если положить усилитель громкоговорителем вверх и поставить микрофон не перед громкоговорителем, а сбоку, направив его на диффузор.

Если такой вариант не дает результата, полностью удовлетворяющего вас, можно добавить второй микрофон (чаще для этого используется конденсаторный микрофон), отодвинув его на достаточное расстояние от усилителя спереди или поставив его за усилителем со снятой задней крышкой и направив на громкоговоритель. Этот второй микрофон используется для добавления к основному звуку дополнительного звука небольшой громкости или для того, чтобы звукозапись показывала, что ваш ансамбль играет в настоящем гараже!

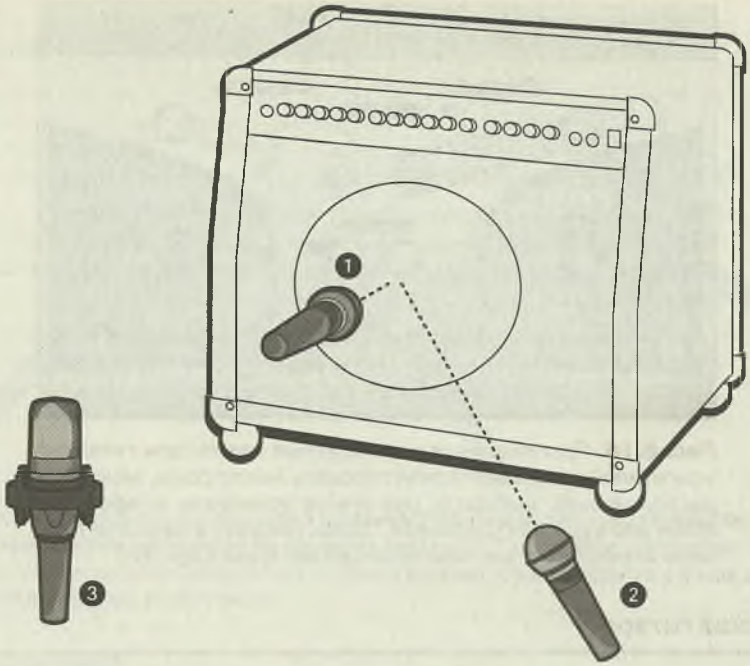


Рис. 6.15. *Варианты размещения микрофона для записи звука с акустической системы гитарного усилителя: (1) динамический микрофон стоит вплотную к усилителю и направлен прямо на громкоговоритель; (2) конденсаторный или динамический микрофон смещен в сторону и направлен на диффузор громкоговорителя сбоку; (3) микрофон стоит на достаточно большом расстоянии от усилителя и захватывает значительную порцию отраженного звука или стоит за корпусом усилителя со снятой задней крышкой и направлен на громкоговоритель сзади*

Еще один вариант — обработать аудиосигнал с выхода электрогитары, пропустив его через виртуальный гитарный усилитель, воспользовавшись аппаратным имитатором гитарного усилителя, например, компании *Line 6* (`www.line6.com`) или программным имитатором, например, AmpliTube компании *IK Multimedia*, Guitar Rig компании *Native Instruments* или Guitar Amp Pro, который входит в состав приложения Apple Logic Pro (**рис. 6.16**). Эти программные пакеты имитируют технологию микрофонной записи, описанную в данном разделе, поэтому, даже если вы используете исключительно программные имитаторы аппаратуры, полезно разбираться в технологии записи электрогитары с помощью микрофона.

Совет по записи бас-гитары через микрофон. Бас-гитару обычно записывают напрямую, чтобы получить чистое звучание, но можно запись ее звук с усилителя через микрофон, точно так же, как с обычного гитарного усилителя. Для записи низкочастотного звука особенно хороши конденсаторные микрофоны с большой диафрагмой. Компания *IK Multimedia* также выпускает программные имитаторы усилителей бас-гитары Ampeg (`www.amplitube.com`).

Рис. 6.16. *Программные и аппаратные имитаторы гитарных усилителей позволяют коммутировать микрофоны, менять их расположение, выбирать различные усилители и эффекты. И все это в одной программе. Здесь показан в качестве примера имитатор из состава приложения Apple Logic Pro*

Акустическая гитара

Запись акустической гитары

Количество микрофонов. 1 или 2.

Оптимальная диаграмма направленности. Кардоида.

Оптимальное размещение. Один микрофон вплотную к усилителю или в комбинации с удаленным микрофоном.

Правила — не догма. Для записи акустической гитары обычно используется конденсаторный микрофон, но, если вы хотите сделать звук резче, подчеркнуть в нем щипки струн пальцами или ритмичность игры, лучше используйте динамический микрофон.

Звук акустической гитары охватывает широкий диапазон частот, по этой причине данный инструмент является идеальным для тестирования высококачественного конденсаторного микрофона с большой диафрагмой. Для записи гитары со стальными струнами микрофон размещают, как правило, вплотную к эфу (резонансному отверстию) с небольшим смещением от оси, в то время как для записи изысканного звука гитары с нейлоновыми струнами лучше направить микрофон на порожек гитары.

Поскольку звук формирует группа разнесенных в пространстве элементов конструкции — гриф, порожек и эф, — для записи акустической гитары лучше использовать два микрофона. Варианты размещения таковы.

- Пара микрофонов, развернутых под углом друг к другу (X/Y-пара) и направленных на эф (резонансное отверстие).
- Один микрофон направлен на гриф, второй — на порожек.
- Один микрофон — ближе к эфу, второй — к порожку.

Используя два микрофона, вы можете экспериментировать, подбирая их размещение для достижения точного баланса в стереофоническом звуке (**рис. 6.17**).

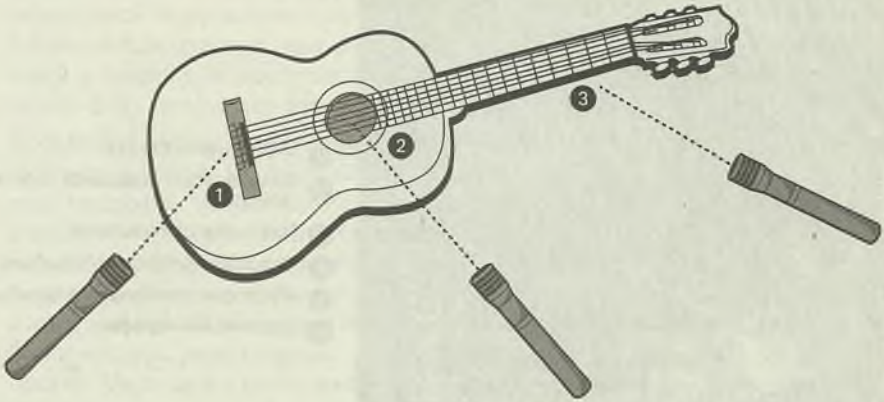


Рис. 6.17. *Варианты размещения микрофонов для записи акустической гитары: (1) микрофон направлен на порожек гитары; (2) микрофон направлен на эф гитары; (3) микрофон направлен на гриф гитары. Комбинируйте из них любой вариант по своему усмотрению*

Ударная установка

Запись барабанов

Количество микрофонов. 2 и больше; варьируется (в среднем — 5–6).

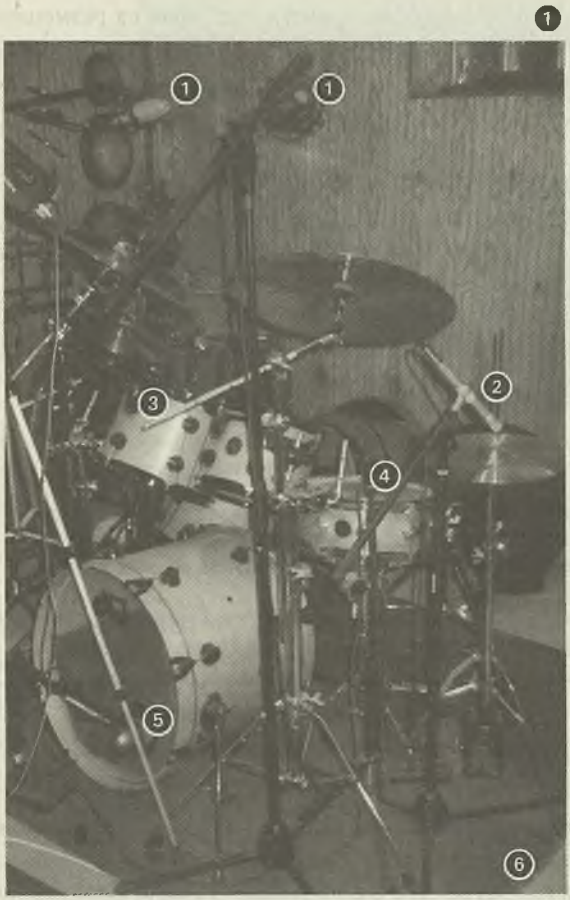
Оптимальная диаграмма направленности. Кардоида/суперкардоида.

Оптимальное размещение. Можно вести запись и с удаленного микрофона, но чаще используется вариант установки вплотную нескольких микрофонов.

Совет. Чтобы звук ударных инструментов в записи был четким, неразмазанным, используйте не кардоидные, а суперкардоидные микрофоны. Граничные микрофоны хорошо подходят для записи большого и малого барабанов, причем для этого подходят даже недорогие модели микрофонов.

Методика записи барабанов через микрофон, пожалуй, самая своеобразная по сравнению с методиками записи других инструментов, но в стандартный набор микрофонов для этой цели входят отдельные микрофоны для большого и малого барабанов, а также для педальной тарелки и верхние конденсаторные микрофоны на высоких стойках для записи тамтамов и тарелок. Чтобы записать "грязный гаражный" звук ударной установки в целом, делайте запись одним удаленным микрофоном, но для получения более прозрачного звука отдельных инструментов ударной установки необходимо использовать несколько микрофонов.

Существуют определенные правила оптимальной записи через микрофон отдельных барабанов. Рассмотрим их на примере студийной ударной установки Поля Вертико (Paul Wertico) (**рис. 6.18**), поочередно обращаясь к каждому инструменту. Поль предпочитает микрофоны компании *Shure*, но независимо от того, какой торговой марке отдается предпочтение, общие правила справедливы в любом случае.



1. Верхние микрофоны
2. Микрофон для педальной тарелки (хай-хэт)
3. Микрофон для тамтамов
4. Микрофон для малого барабана
5. Микрофон для большого барабана
6. Удаленный микрофон

Рис. 6.18. *В домашней студии семикратного лауреата премии Grammy, ударника Поля Вертико (Paul Wertico) стоит ударная установка, оснащенная по его вкусу (публикуется с любезного разрешения Поля Вертико (Paul Wertico))*

1. **Верхние микрофоны.** Верхние конденсаторные микрофоны (кардоидные): пара микрофонов, разнесенных в пространстве или развернутых под углом друг к другу (X/Y-пара), воспринимают комбинацию звука тарелок и общего звука ударной установки. Поль использует конденсаторные микрофоны KSM32.
2. **Микрофон для педальной тарелки (хай-хэта).** Конденсаторный (кардоидный) микрофон направлен на педальную тарелку под углом (некоторые музыканты предпочитают использовать один микрофон для записи педальной тарелки и малого барабана, поместив его между ними; для этого подходит двунаправленный микрофон). Поль использует один конденсаторный микрофон Shure SM81.
3. **Микрофон для тамтамов.** Можно использовать индивидуальные динамические микрофоны с кардоидной диаграммой направленности для каждого барабана или общий микрофон для пары барабанов, разместив его над мембранами. Другой вариант — использовать верхние конденсаторные микрофоны с кардоидной диа-

граммой направленности для записи звука тамтамов и тарелок. Поль использует три миниатюрных конденсаторных микрофона Shure A98SPM.

4. **Малый барабан.** Динамический микрофон (с кардоидной или суперкардоидной диаграммой направленности) размещается в пределах верхнего обода барабана близко к поверхности мембраны (на расстоянии 2–3 см) и направлен под углом к ней, в сторону от инструментов ударной установки, чтобы изолироваться от их звука. Поль использует динамический микрофон Shure SM57.
5. **Большой ("педальный") барабан.** Динамический микрофон (с кардоидной или суперкардоидной диаграммой направленности) или специальный конденсаторный микрофон направлен на мембрану барабана и размещен на некотором расстоянии от нее (расстояние выберите по своему усмотрению). Хорошо подходит микрофон с большой диафрагмой, например Shure Beta 52A, хотя и микрофон с небольшой диафрагмой, размещенный в пределах обода барабана, также справится с этой задачей. Поместите в барабан подушку или одеяло, чтобы звук получился более четким, разборчивым. Можно даже положить микрофон на подушку или одеяло. Поль использует микрофон Beta 52A (специальный динамический микрофон для большого барабана) или Shure SM91 (специальный конденсаторный микрофон для большого барабана).
6. **Удаленный микрофон.** Для записи фонового звука используется конденсаторный (с кардоидной диаграммой направленности) микрофон, установленный на расстоянии порядка метра-двух от ударной установки, хотя и без него описанный выше набор микрофонов полностью охватывает звук всей ударной установки. Поль использует два микрофона KSM32 (на фотографии не показаны), которые также играют роль "плавающих" микрофонов для подчеркивания звука ударных инструментов и решения других задач записи.

Все дело в барабанах. Качество записи ударных инструментов зависит не только от микрофонов, но и от самих барабанов. Демпфирование и настройка барабанов радикально влияют на звук ударной установки, а значит, и на качество записи, поэтому, если вы не довольны записанным звуком, настройте барабаны.

Запись мелодичных ударных инструментов

Специфическая методика записи с микрофона, подобная описанной для ударной установки, требуется и для других ударных инструментов.

- Микрофонная запись мелодичных ударных инструментов, таких как виброфон, маримба и ксилофон, осуществляется разнесенной парой конденсаторных микрофонов, направленных на резонаторные бруски сверху.
- Для микрофонной записи ручных ударных инструментов — конго, бонго, дьембе и других инструментов, по которым барабанят руками, используются динамические микрофоны, стоящие вплотную к небольшим ударным инструментам и отнесенные на полметра-метр или дальше, если инструмент большой и громко звучащий.

При недостаточном количестве микрофонов необходимо иметь для начала хотя бы один верхний микрофон (в идеальном случае — закрепленный на высоте 30–40 см над

головой ударника), а затем использовать микрофоны для выделения легко локализуемого звука большого и малого барабанов (при поочередной записи отдельных партий ударных инструментов, понятное дело, достаточно будет и одного микрофона).

Семейство медных духовых инструментов

Запись медных духовых инструментов

Оптимальные микрофоны. Для записи медных духовых инструментов рекомендуется использовать "инструментальные динамические микрофоны" и ленточные микрофоны.

Совет. Профессионалы используют рассеивающие экраны, установленные за спиной духового оркестра, чтобы получить рассеянный звук всего ансамбля инструментов, и для записи используют стереофоническую пару микрофонов.

Большинство медных духовых инструментов можно записывать через индивидуальные микрофоны, направляя их в раструб инструмента. Для подавления звука выдуваемых струй воздуха микрофон должен быть направлен на раструб духового инструмента немного сбоку (или раструб духового инструмента должен быть направлен немного в сторону от микрофона), особенно если микрофон находится близко к инструменту.

- Трубу и тромбон записывают обычно через близко стоящий микрофон (**рис. 6.19**). Для дополнительной защиты от выдуваемых струй воздуха используйте ветрозащитный экран перед микрофоном.

Рис. 6.19. *Типичное размещение микрофона для записи медного духового инструмента; микрофон находится близко к инструменту и направлен на его раструб немного сбоку, как показано здесь на примере трубы*

- При записи тубы и валторны микрофон отодвигают обычно на полметра (метр) назад. При записи валторны принято делать акцент на отраженном звуке, для чего инструмент размещают рядом с отражающим экраном.
- Для записи духового оркестра используют комбинацию достаточно близко расположенных микрофонов (стоящих достаточно высоко над землей и достаточно далеко от оркестра, чтобы захватить звук всех инструментов) и фоновых микрофонов.

Деревянные духовые инструменты

В противоположность медным духовым инструментам, в деревянных духовых инструментах звук исходит по всей длине инструмента, и в зависимости от положения микрофона записываемый звук будет отличаться. Как правило, микрофон размещается близко к записываемому инструменту — на расстоянии от нескольких сантиметров до полуметра. В целом, для каждого типа инструмента существует оптимальное размещение микрофона для записи.

- **Кларнет.** Микрофон располагается напротив нижних клапанов и направлен в их сторону (**рис. 6.20**).

Рис. 6.20. *В отличие от медных духовых инструментов при записи деревянных духовых инструментов микрофон располагается на уровне клапанов, как показано на примере кларнета (слева). При записи саксофона (справа) можно выбрать позицию микрофона так, чтобы выделить звук, исходящий через клапаны (1) или раструб инструмента (2). Это зависит от того, куда направлен микрофон*

- **Саксофон.** Микрофон располагается посредине инструмента с небольшим наклоном в сторону раструба для восприятия звука, исходящего из обоих источников (скорректируйте положение микрофона по своему усмотрению; чтобы звук был ярче, поверните его больше в сторону раструба, чтобы звук был полнее, отверните

его больше в сторону от раструба; см. рис. 6.20). Для записи саксофона широко используются также ленточные микрофоны с предусилителями, чтобы придать теплый оттенок звуку, характерному для латиноамериканской и джазовой музыки.

- **Флейта.** Микрофон располагается примерно посредине флейты — ближе или дальше от мундштука, в зависимости от чувствительности микрофона, для предотвращения попадания в микрофон звука придыханий.
- **Фагот.** Микрофон располагается на уровне нижних клапанов, часто ниже, чем для других инструментов, и даже немного в сторону от инструмента.

Запись деревянных духовых инструментов

Оптимальный микрофон. Конденсаторный микрофон с большой диафрагмой, миниатюрный конденсаторный микрофон, специальные датчики.
Совет. Направляйте микрофон на нижние клапаны инструмента.

Отодвиньте микрофон. Для получения качественной записи звука деревянных духовых инструментов существенное значение имеет расстояние до микрофона. Поднесете микрофон слишком близко — и в записанном звуке будут слышны дыхание музыканта и звук язычка; отодвинете микрофон на несколько десятков сантиметров — и звук станет сбалансированным.

Струнные инструменты

Запись струнных инструментов

Оптимальный микрофон. Конденсаторный микрофон с большой диафрагмой, миниатюрный конденсаторный микрофон, специальные датчики.

Совет. При размещении микрофона ориентируйтесь на эфы — лирообразные резонансные отверстия в корпусе инструмента.

В струнных инструментах звук излучается через эфы — лирообразные резонансные отверстия в корпусе инструмента. Чтобы захватить смесь звука резонирующего корпуса и смычка, кардоидный микрофон размещают по оси инструмента (**рис. 6.21**). Микрофон может находиться на расстоянии от нескольких сантиметров (при этом звук будет более тонким, резким) до полуметра (или даже метра). Широкий диапазон резонансных частот струнного инструмента обусловливает необходимость, как и в случае гитары, использования высококачественного конденсаторного микрофона, особенно при записи сольных партий.

Звукорежиссер с дирижерской палочкой. Записывая выступления большого ансамбля, лучше полагаться не на микрофоны, а на дирижера или руководителя ансамбля: именно они являются самым точным инструментом, обеспечивающим баланс звука, необходимый при записи.

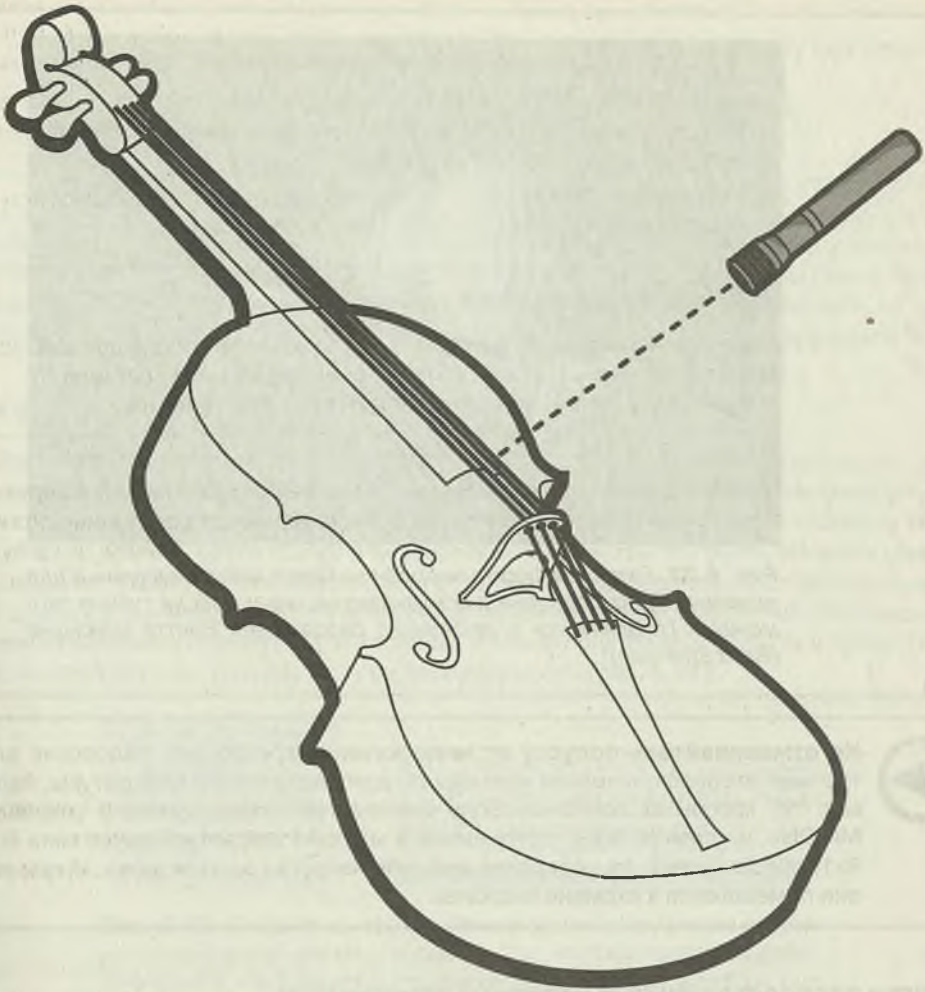


Рис. 6.21. *Типичный вариант размещения микрофона по отношению к виолончели. Поскольку остальные инструменты группы струнных инструментов имеют аналогичную форму, микрофон размещается по отношению к ним аналогичным образом*

Губные гармоники

Губные гармоники заслуживают отдельного рассмотрения, поскольку они традиционно звучат в блюзах, рок- и джазовой музыке. Для записи гармоник вполне подходят стандартные динамические микрофоны, размещенные вплотную к ним, но для музыкантов, играющих на губных гармониках, выпускаются и специальные микрофоны, например динамический микрофон Shure 520DX "Green Bullet", форма которого позволяет удобно обхватить его руками, создав воронку для вау-эффекта (**рис. 6.22**).

Рис. 6.22. *Округлая форма микрофона Green Bullet компании Shure идеально приспособлена для музыкантов, играющих на губных гармониках (публикуется с любезного разрешения Бретта Шермана (Brett Sherman))*

Не отмахивайтесь попусту от недорогих микрофонов. Недорогие электретные стереофонические микрофоны для портативной аппаратуры, например те, которыми компания *Sony* комплектует записывающие устройства MiniDisc, или микрофоны, встроенные в устройствах записи звука типа Edirol R-1, обеспечивают на удивление высокое качество записи звука. И при этом они помещаются в кармане пиджака.

Другие распространенные варианты звукозаписи

А что можно сказать о других распространенных вариантах звукозаписи, например репортерской, записи спецэффектов и звуковых эффектов для видео? Конденсаторные микрофоны с большой диафрагмой и стереофонические конденсаторные микрофоны (последние особенно удобны для оперативной звукозаписи) прекрасно подходят для этой цели благодаря своей широкой и ровной частотной характеристике. В первую очередь, обращайте внимание на характер источника звука. Не исключено, что между вышеописанными категориями инструментальных источников звука обнаружится сходство.

Цифровая звукозапись

Дополнительная информация по этой теме

Главы 3 и 4. Подключение и конфигурирование оборудования.

Глава 7. Дополнительная обработка сигнала для придания звуку благозвучности или сжатия и добавления эффектов.

Глава 10. Микширование, редактирование и аранжировка звука.

Глава 13. Оперативная запись по ходу выступления.

Подготовив к записи микрофоны, вы готовы начать запись на диск. Сначала еще раз проверьте настройки входов-выходов в программе. Для этого в приложении, работающем на платформе Mac OS X, откройте вкладку Preferences в меню приложения (меню под названием программы, например Audacity или Live), а в приложении, работающем на платформе Windows, выберите File⇨Preferences. И после этого можно приступать к записи.

Установка уровней

Подав сигнал на вход, необходимо убедиться в правильности установки уровня входного сигнала. Если сигнал слишком слабый, звукозапись окажется тихой, а при усилении аудиосигнала до нужного уровня возрастет уровень шума. Если сигнал слишком сильный или его уровень резко скачет в недопустимых пределах, это приведет к искажению аудиозаписи. Задав уровень входного сигнала таким, чтобы он занимал весь динамический диапазон без искажения, вы обеспечите максимально чистую запись. Это означает, что вам необходимо следить за показаниями индикаторов уровня сигнала в процессе записи, корректируя его уровень в случае необходимости (**рис. 6.23**).

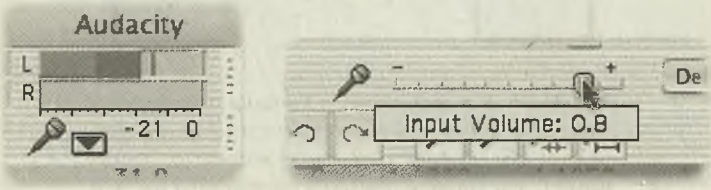


Рис. 6.23. *Следите за показаниями индикаторов (слева) подбирая правильный уровень сигнала. При необходимости подкорректируйте коэффициент передачи по входу в аппаратуре или программе, как показано здесь на примере приложения Audacity (справа)*

Запас динамического диапазона

Установите правильные уровни Аналоговый сигнал. 0 дБ или чуть отличающийся от него в одну или другую сторону.

Цифровой сигнал. Близкий, но ни при каких условиях не превышающий уровень 0 дБ.

У любого устройства есть определенный динамический диапазон (допустимые амплитуды — от минимальной до максимальной). В аналоговой аппаратуре предусматривается дополнительный диапазон превышения установленного максимального уровня (на шкале индикатора максимальному уровню соответствует 0 дБ), на верхней границе которого сигнал уже сильно искажен или обрезан. Этот диапазон на шкалах индикаторов

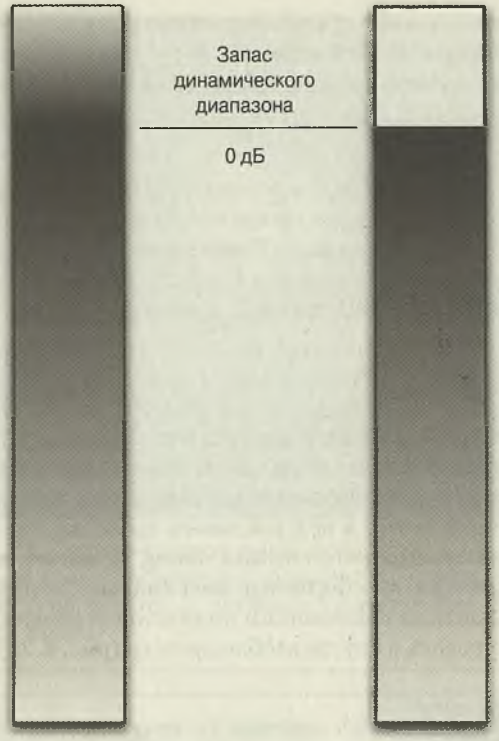


Рис. 6.24. *Для аналогового сигнала (слева) имеется запас динамического диапазона выше границы 0 дБ, но если цифровой индикатор показывает, что уровень сигнала превысил 0 дБ, это означает ограничение сигнала*

в аппаратуре обычно выделен красным цветом. Если стрелка индикатора попадает в красную зону, то это значит, что сигнал выходит за пределы установленного динамического диапазона (**рис. 6.24**).

В аналоговой аппаратуре стараются добиться того, чтобы стрелки индикаторов как можно дольше находились у отметки 0 дБ и лишь изредка и ненадолго выскакивали в "красную зону". В аналоговой аппаратуре по показаниям индикаторов можно проследить момент перехода в режим ограничения сигнала, когда искажения сигнала в действительности еще незначительны. Цифровая аппаратура работает иначе: поскольку амплитуда сигнала запоминается в виде числа и не является непрерывно изменяющимся напряжением, граница максимума на самом деле является максимально допустимым значением. В общих чертах у цифровой аппаратуры нет запаса динамического диапазона; следовательно, уровень входного сигнала нужно установить таким, чтобы амплитуда сигнала, оставаясь близкой к 0 дБ, ни при каких условиях не переходила эту границу.

Нелинейные искажения (дистошн)

Но кто-то может сказать, что ему нравятся искажения. Однако, скорее всего, в этом случае имеются в виду аналоговые искажения — "расплывчатый", теплый тембр звучания, создаваемый аналоговой аппаратурой, когда сигнал только переходит верхний предел. Начиная с аппаратных средств (дистошн-педали) и заканчивая программными эффектами (добавление эффекта "перегрузки" в дорожки звукозаписи), музыканты издавна используют незначительную перегрузку (намеренный перевод устройства в нелинейные усиления, когда сигнал незначительно превышает по амплитуде максимальный предел) для достижения желаемого эффекта.

В цифровой аппаратуре искажения имеют другой характер: при превышении верхнего порога сигнала происходит не плавное искажение формы сигнала, а срезание верхушек колебания, оказывающихся выше этого порога (**рис. 6.25**). Этот эффект называется цифровым ограничением сигнала и редко когда бывает желательным. При необходимости реализовать в цифровой системе искажения, характерные для аналоговой аппаратуры, приходится использовать специальное ПО, моделирующее этот эффект (более подробно об этом эффекте рассказано в главе 7). Если вы не хотите, чтобы тембр звука получился специфическим и неприятным на слух, что характерно для цифрового ограничения сигнала, сделайте так, чтобы показания цифрового индикатора ни при каких условиях не переходили верхний порог. В общем случае невозможно уменьшить уровень входного сигнала, если он уже поступил в компьютер; если он слишком сильный, необходимо уменьшить уровень сигнала на выходе источника сигнал или на входе устройства сопряжения аудиоаппаратуры.

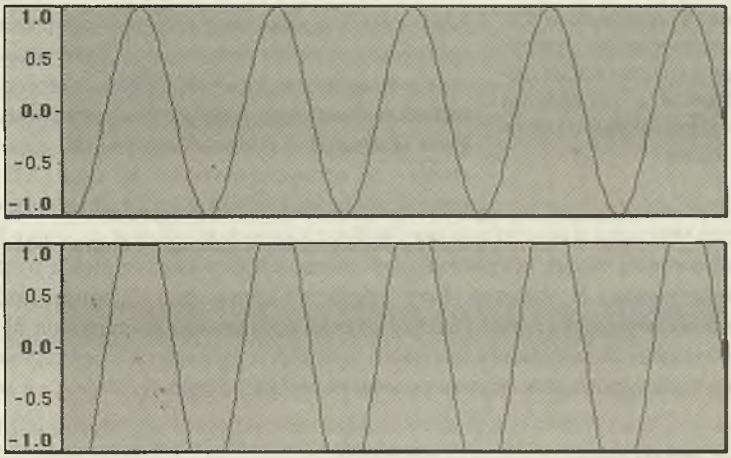


***Рис. 6.25**. Цифровой сигнал предельно допустимой амплитуды использует весь динамический диапазон канала записи (вверху). Но стоит ему пересечь верхнюю границу амплитудного диапазона, как немедленно проявляется эффект цифрового ограничения сигнала (внизу), показанный на этом рисунке на примере синусоидального колебания*

Прослушивание

Рис. 6.26. *Регулятор Monitor Mix в устройстве сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером Lexicon Omega дает возможность прослушивать только записываемый аудиосигнал (когда регулятор находится в положении Direct), только аудиосигнал, поступающий с компьютера (когда регулятор находится в положении Playback), или регулируемую смесь этих двух сигналов*

Прослушивание записываемого звука — ключ к успешной записи. При записи в сопровождении уже записанных дорожек нужно одновременно слышать не только эти дорожки, но и собственное исполнение, чтобы играть строго в такт. В процессе записи "живого" звука можно прослушивать его через компьютер, но задержка, вносимая компьютером, затрудняет синхронизацию. В ряде устройств сопряжения аудиоаппаратуры предусмотрена возможность прямого прослушивании — аудиосигнал без задержки направляется с входа устройства сопряжения на телефоны, подключенные к нему. Например, в устройстве сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером Omega компании *Lexicon* предусмотрена даже возможность микширования сигнала, поступающего непосредственно с микрофона или музыкального инструмента, с сигналом, поступающим с компьютера (**рис. 6.26**). В других устройствах сопряжения предусмотрены опции, заложенные в программные панели управления.

Если в устройстве сопряжения такой функциональной возможности не предусмотрено, можно обеспечить режим прослушивания с нулевой задержкой, воспользовавшись для этого микшером. Подключаем наушники прослушивания и источник звука, который необходимо записать, в микшер, направляем сигнал с компьютера на вход микшера и записываем новую дорожку, подавая сигнал со вспомогательного выхода (AUX SEND) на вход устройства сопряжения (при записи сигнала с основного выхода микшера в новую дорожку войдут ранее записанные дорожки).

Аудиоприложения также предоставляют возможность включения и выключения режима прослушивания. В Ableton Live предусмотрены два режима прослушивания (Monitor): автоматический (Auto) (в этом случае прослушивание входов будет осуществляться только после активизации дорожки записи) и ручной (в этом случае включение и выключение прослушивания осуществляются пользователем).

Способы записи

Независимо от того, какое оснащение вы используете (это может быть простой многодорожечный магнитофон или современная студия цифровой звукозаписи профессионального уровня), существует несколько принципиально отличающихся способов записи.

- **Обычная запись.** Это запись одного монофонического или стереофонического аудиосигнала: здесь все просто — щелкаем мышью нп кнопках Record и Stop.
- **Наложение (overdubbing).** Это поочередное добавление дорожек поверх уже имеющегося материала, который остается неизменным. Для реализации этого способа записи подойдет любая программа, поддерживающая многодорожечное

воспроизведение, в том числе Audacity, и любая рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW).

- **Одновременная многодорожечная запись.** В противоположность поочередному наложению дорожек записи многодорожечная запись — это запись сразу нескольких аудиосигналов, поданных на разные входы (например, одновременная запись дорожки гитары и дорожки ударных инструментов). На компьютере этот способ записи реализуется с помощью многоканального устройства сопряжения (аудиоинтерфейса) и ПО многодорожечной записи или рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW).
- **Запись в режиме вставки музыкальных фрагментов (punch recording).** Это запись не с самого начала музыкального сочинения, а с определенного заданного места. Новая запись стартует ("punch in") и затем обрывается ("punch out") в заданных точках уже имеющейся записи, при этом часто заменяя определенный участок уже записанной дорожки. Например, если в превосходно записанном дубле вам не нравится один из тактов, отметьте его метками "punch in" и "punch out" и перепишите только его.
- **Циклически повторяемая запись.** Даже если в вашей музыке отсутствуют циклически повторяемые аудиофрагменты, технология циклического повторения облегчает запись. Например, вам нужно сделать "идеальный" дубль музыкальной фразы длиной четыре такта. Задайте режим циклического воспроизведения аккомпанемента для этой фразы, используя приложение, которое поддерживает многократную запись дублей, и делайте дубли записи под циклически повторяемый аккомпанемент.
- **Сэмплинг.** Программы, базирующиеся на использовании сэмплов, позволяют продвинуться еще на один шаг в реализации технологии циклически повторяемой записи: используя программу записи сэмплов или, например, приложение Ableton Live, вы можете записывать и воспроизводить дубли "на лету" даже в процессе исполнения.

Практика: приступаем к делу!

Теперь вы готовы к записи в выбранном вами приложении. Типовая процедура записи, независимо от конкретного приложения, выглядит примерно так.

1. Задаем в программе источник или источники входного сигнала.
2. В многодорожечном приложении задаем вход для выбранной дорожки.
3. Подготавливаем дорожку: инициализируем дорожку, чтобы она была готова к записи (в ряде программ предусмотрен автоматический мониторинг дорожки, если она инициализирована; если в вашей программе это не предусмотрено, включите также мониторинг дорожки).
4. Устанавливаем стартовую точку воспроизведения в начале своего проекта или отмечаем точки **punch in** и **punch out** для записи в режиме вставки.
5. Щелкаем мышью на кнопке Record!

Воспользуйтесь практическими примерами, используя для этого программы Audacity и Ableton Live, записанные на прилагаемом к этой книге DVD.

На DVD. Программа многодорожечной записи Audacity (бесплатное приложение, совместимое с ОС Mac/Windows), рабочая станция цифровой звукозаписи Ableton Live (демоверсия с заблокированной функцией сохранения, совместимая с ОС Mac/Windows).

Приложение Audacity

После задания входов запись в программе Audacity сводится к щелчку мышью на кнопке Record на панели управления виртуальным магнитофоном. При каждом последующем дубле записи добавляется новая дорожка **(рис. 6.27)**. Это можно использовать для выбора и сохранения лучшего из нескольких дублей или для микширования нескольких записей. Выбор дорожки для прослушивания осуществляется с помощью кнопок Solo и Mute.

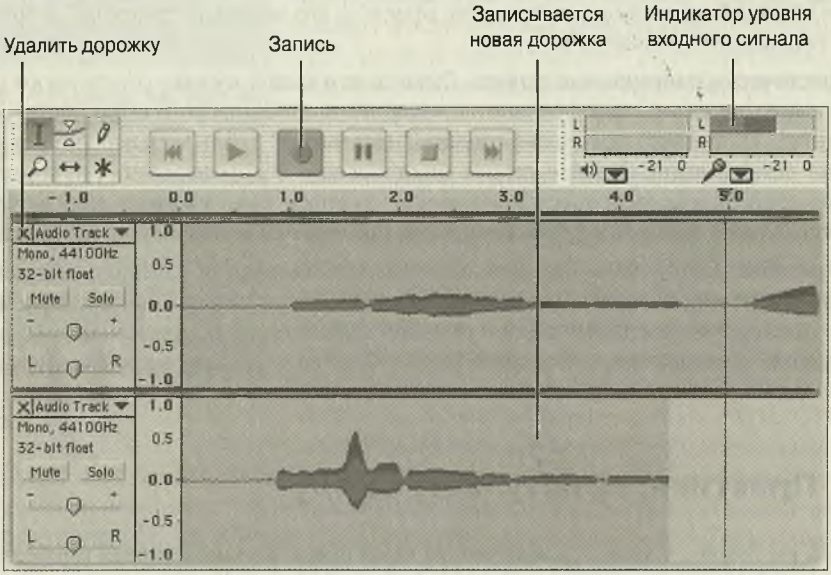


Рис. 6.27. *Запись в режиме наложения (overdubbing) монофонических дорожек в программе Audacity. При каждом новом дубле записи в нижней части окна появляется новая дорожка*

Программы с аналогичными возможностями. В таких приложениях, как BIAS Peak and Deck (для ОС Mac), Sony Sound Forge (для ОС Windows) и Adobe Audition (для ОС Windows), предусмотрены основные функциональные возможности записи в режиме имитации аналоговой записи звука.

Приложение Ableton Live

Интерфейс Ableton Live (`www.ableton.com`) ближе к типичному интерфейсу механизма многодорожечной записи в рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW). Поскольку в Ableton Live уровни входных сигналов индицируются еще до того, как выбраны

входы, сразу видно, функционирует ли вход в интерфейсе. В первом учебном курсе по Ableton Live вы более подробно познакомитесь с этим приложением и технологией записи в нем.

В Ableton Live запись аудиоданных (и MIDI-данных) может осуществляться в одном из двух вариантов (**рис. 6.28**). Вы можете записывать все дорожки в редакторе Arrangement View в виде линейной развертки по времени, как в любой другой рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW). Уникальной особенностью Live является второй вариант: вы можете записывать аудио-/MIDI-сэмплы в виде отдельных клипов, чтобы свободно манипулировать ими и проигрывать их в режиме реального времени в студийных условиях и даже в процессе выступления. Оба варианта в равной степени подходят для записи, и вы можете переносить клипы из одного окна в другое и обратно, поэтому нет необходимости навеки привязываться к какому-то одному из них.

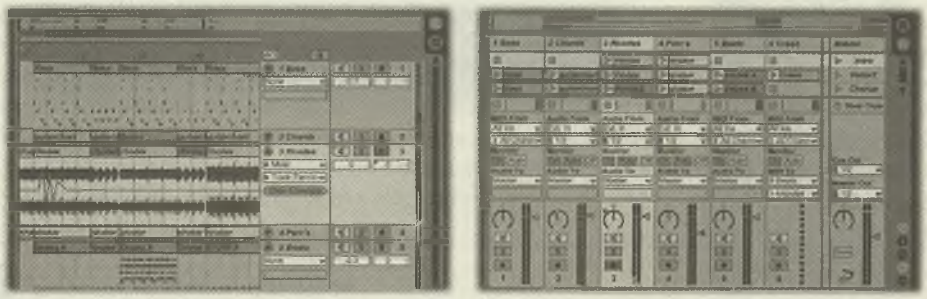


Рис. 6.28. *Функциональные возможности Ableton Live позволяют использовать при записи линейную структуру сочинения в виде набора дорожек или набор клипов, вызываемых индивидуально или группами. Выберите для записи окно Arrangement View (слева) или окно Session View (справа) для записи в ячейки клипов*

В любом случае, подготовившись к записи в одном из этих двух вариантов графического интерфейса (**рис. 6.29**), сделайте следующее.

1. Убедитесь, что все необходимые входы и выходы отображаются в окне Session View (для этого выберите View⇨In/Out).
2. Задайте входной сигнал для отдельной дорожки, проверив, что индикаторы входного сигнала функционируют (если это не так, проверьте соединения и настройки аппаратуры и программы еще раз).
3. Приведите в состояние готовности к записи дорожку в выбранном варианте графического интерфейса.

   Arrangement View. Для линейной записи в вашей аранжировке активизируйте дорожку в окне Arrangement View.

   Session View. Если вы хотите записать клип в ячейку клипа для последующего использования (как циклически повторяемый аудиообразец или вызываемый файл), активизируйте дорожку Session View.
4. Произведите запись в аранжировку или ячейку клипа.

Arrangement View. Щелкните мышью на кнопке Record (Запись) панели управления механизмом записи в программе Ableton Live. Закончив запись, щелкните мышью на кнопке Stop (Стоп).

Session View. Щелкните мышью на кнопке Record (Запись) той ячейки, в которую хотите сделать запись. Закончив запись, щелкните мышью на кнопке Clip Stop (Стоп).

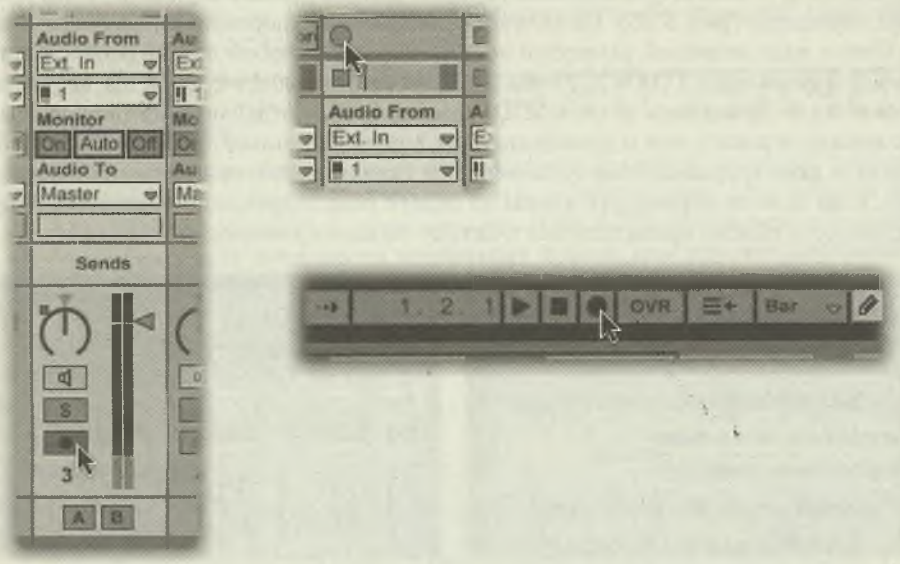


Рис. 6.29. *Для записи в программе Ableton Live сначала настройте входы и выходы и активизируйте для записи дорожку (слева); затем щелкните мышью на кнопке записи выбранной ячейки клипа в окне Session View (вверху) или на панели управления механизмом записи, расположенной в верхней части окна, в окне Arrangement View*

Программы с аналогичными возможностями. В рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW), например Pro Tools, Cubase, Logic и DP, также имеются микшеры, браузеры, графические аранжировщики и панели управления с кнопками в аппаратном стиле, хотя использование технологии клипов для записи сэмплов "на лету" реализовано только в программе Ableton Live.

ГЛАВА 7

ОБРАБОТКА И ЭФФЕКТЫ

Тех, кто только начинает учиться звукозаписи, может удивить то, насколько естественность звучания голоса по радио зависит от арсенала программного обеспечения и аппаратуры, известных под названием *эффекты*. Какую бы задачу мы ни взяли — будь то коррекция искажений, придание сочности и естественности звуку или создание фантастического звучания, от которого у слушателей голова кругом идет, — нам никак не обойтись без *процессоров обработки цифровых аудиосигналов* или *сигнальных процессоров*. Для такого рода обработки аудиосигнала используются обычно программные подключаемые модули, так называемые *эффекты*.

Ключевые вопросы

Обработка и эффекты

В этой главе рассматриваются следующие вопросы.

- В чем заключается обработка аудиосигнала
- Методики использования сигнальных процессоров, осуществляющих деструктивную и недеструктивную (в режиме реального времени) обработку аудиосигнала
- Частотная коррекция: типы и методики использования фильтров
- Процессоры, осуществляющие коррекцию динамического диапазона сигнала
- Эффекты, реализуемые в режиме реального времени: задержка и реверберация
- Специальная обработка: процессоры нелинейных искажений, модуляторы и утилиты

Ключевые термины

- Сигнальный процессор, фильтр, эффект
- Недеструктивная и деструктивная обработка
- Маршрутизация: канальная панель, вставка, посылка/возврат, шина, подключение через боковую цепь
- Частотная коррекция: фильтр верхних частот, фильтр нижних частот, полосовой фильтр, параметрический/графический эквалайзер
- Параметры фильтров: частота отсечки, центральная частота, полоса пропускания, Q (добротность)/резонансность, полоса заграждения (режекции)
- Амплитудная коррекция: компрессор/экспандер/ограничитель/пороговый подавитель сигнала/ подавитель высокочастотных свистов (de-esser)

- Временная коррекция: задержка, эхо, реверберация
- Свертка, импульс, импульсная характеристика
- Быстрое преобразование Фурье (БПФ), размытие, перегрузка, дистошн
- Модуляционные эффекты: тремоло, вибрато, хорус, флэнжер, фэйзер, кольцевая модуляция, НЧ-генератор (LFO)

С чего начать

Воспользуйтесь имеющимся в вашем распоряжении ПО звукозаписи или одной из демонстрационных версий рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или базового приложения цифровой звукозаписи на прилагаемом к данной книге DVD для первого знакомства с эффектами, в первую очередь — с эффектами параметрической частотной коррекции, динамической коррекции уровня аудиосигнала, задержки и реверберации. Ниже, в разделе "Практика: добавляем эффекты в Ableton Live", представлен ряд идей.

На DVD. Записанная на DVD демоверсия Ableton Live дает возможность на практике опробовать примеры маршрутизации эффектов и обработки аудиосигналов, описанные в этой главе.

Чем сигнальные процессоры отличаются от фильтров. В звукозаписи стало общепринятым вместо термина "сигнальный процессор" использовать термин "процессор эффекта" или просто "эффект" (effect), подразумевая под ним любую обработку входного сигнала, в результате которой выходной сигнал оказывается измененным тем или иным образом. Термин "фильтр" формально означает то же самое — обработку входного сигнала, в результате которой получаем на выходе сигнал, отличающийся от сигнала на входе. Но в контексте данной книги (и в общепринятой терминологии звукозаписи) под термином "фильтр" понимается устройство, изменяющее — усиливающее или ослабляющее — определенные частоты в спектре сигнала (об этом читайте далее в этой главе, в разделе "Частотная коррекция").

Основы цифровой обработки сигналов

В чем заключается обработка сигналов

Природные акустические фильтры окружают нас повсюду. Наш рот и язык преобразуют звук, создаваемый голосовыми связками, в распознаваемые звуки человеческой речи. Звуки инструментов симфонического оркестра изменяются и усиливаются за счет акустики концертного зала. Даже рев стереосистемы в соседней квартире существенно меняется, когда вы слышите его через стену. Цифровая обработка сигналов (DSP) позволяет имитировать как природные акустические эффекты, так и разного рода эффекты, создаваемые классическими аналоговыми синтезаторами, а также создавать самые фантастические звуки с помощью технологии цифрового синтеза.

Все что угодно, если оно видоизменяет исходный звуковой сигнал, может считаться *сигнальным процессором.* Существует множество видов сигнальных процессоров и все они в той или иной степени влияют на следующие фундаментальные характеристики звука.

- **Частотные характеристики.** Высота тона и спектр гармоник звука. Примерами эффектов, которые реализуются в частотной области, являются эквалайзеры и фильтры нижних частот.
- **Амплитудные характеристики.** Изменение уровня (громкости) звука, от тихого до громкого. Примерами эффектов, реализуемых в амплитудной области, являются компрессоры, ограничители, экспандеры и пороговые ограничители.
- **Временные характеристики.** Сдвиг во времени и частота повторения (а также характер действия) эффекта. Примерами эффектов, реализуемых во временной области, являются ревербераторы и линии задержки.

Цифровая обработка сигналов

Многие процессоры, широко используемые в современной цифровой звукозаписи, по дизайну копируют аналоговое оборудование, использовавшееся в прежние годы. Их стиль работы и даже маркировка кнопок и регуляторов унаследованы от традиционного оборудования звукозаписи. Согласитесь, что это весьма удобно: подключаемые модули, входящие в комплекты ПО цифровой звукозаписи, дают возможность реализовать те же самые приемы, которые использовались при создании ваших любимых записей прошлых десятилетий. Благодаря технологии цифровой обработки сигналов (Digital Signal Processing — DSP) музыканты сегодня имеют более широкие возможности управления традиционными эффектами, а также могут создавать совершенно новые варианты звучания, недоступные прежде.

Дюжина идей по поводу использования цифровой обработки аудиосигналов

Прежде чем углубляться в детали работы сигнальных процессоров, перечислим наиболее очевидные варианты их использования в звукозаписи (описания этих эффектов приводятся далее по тексту данной главы).

- **Реверс** дорожки звукозаписи для создания спецэффекта
- Усиление звучания тарелок в звукозаписи путем подъема высоких частот с помощью **эквалайзера**
- Имитация перескакивания с одной канавки пластинки на другую **в стиле диджеев** с помощью специального фильтра
- Использование **имитаторов вау-эффекта** и **гитарного усилителя** для обработки звука гитары
- Использование **компрессора** для выделения звучания барабана или вокала
- Придание звуку характерного звучания в классическом стиле электронного пианино с помощью **эффекта фазовой модуляции звука — фэйзер** (phaser).
- Придание звуку объемного звучания с помощью **эффекта реверберации** и **механизма посылки** (send)
- Придание звуку характерного звучания в стиле "ретро" или потрескивания с помощью имитатора искажений — **дистошн** (distortion)
- Создание "авангардных" эффектов звучания с помощью **БПФ-процессора**
- **Настройка** гитары

Большинство эффектов, базирующихся на технологии цифровой обработки сигналов, реализуется в режиме реального времени с помощью специализированных процес-

соров или процессора компьютера. Ряд эффектов невозможно реализовать в режиме реального времени — в этом случае необходимо сначала выполнить соответствующую обработку записанного аудиосигнала и только после этого прослушать результат.

Деструктивная и недеструктивная обработки в сравнении

Эффекты, которые невозможно реализовать в режиме реального времени, относятся, как правило, к категории *деструктивной обработки*. Иными словами, они приводят к необратимым изменениям сигнала. Это вовсе не означает, что после применения эффекта невозможно будет восстановить исходную запись: во многих звуковых редакторах предусмотрена возможность отмены нескольких действий (undo), а в ряде редакторов — создание резервных копий файла при каждом изменении. Эта функция резервирования является стандартной, заданной по умолчанию, или конфигурируемой опцией. Эффекты, реализуемые в режиме реального времени, по природе своей являются *недеструктивными*: они накладываются на исходный аудиосигнал в процессе его воспроизведения.

Компенсация задержки

Эффекты, реализуемые в режиме реального времени, все-таки вносят небольшую задержку передачи сигнала с входа на выход. Примерами могут служить подключаемые модули, загружающие аудиоинформацию перед обработкой в буферную память, и аппаратные средства цифровой обработки, базирующиеся на использовании процессоров цифровой обработки сигналов (DSP), например аппаратура Universal Audio UAD-1, TC Electronic PowerCore и Digidesign. При использовании рабочей станции цифровой звукозаписи, в которой предусмотрена *автоматическая компенсация задержки* (так называемая *компенсация латентности подключаемых модулей*), программа автоматически будет вводить предварительную компенсацию задержки, подавая аудиоинформацию в подключаемые модули с опережением, в нужное время. Механизм компенсации задержки работает "невидимо" в базовых приложениях, поддерживающих его, без какого-либо вмешательства со стороны пользователя. Технология компенсации задержки непригодна для обработки записываемого аудиосигнала. Подать аудиосигнал в подключаемый модуль с опережением можно только при условии, что он уже записан на жестком диске.

В аудиодрайверах Digidesign DAE предусмотрен встроенный механизм компенсации задержки, предназначенный для подключаемых модулей TDM. В случае использования других приложений и DSP-аппаратуры необходимо свериться с документацией на используемую рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW), хотя последние версии Logic Pro, Digital Performer, SONAR и Cubase, как правило, поддерживают эту технологию. При использовании рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или подключаемых модулей, не поддерживающих автоматическую компенсацию задержки, возможно, потребуется немного сдвинуть во времени дорожку звукозаписи, для того чтобы за счет этого компенсировать задержку, вносимую процессором эффекта, и синхронизировать обрабатываемую дорожку с остальными дорожками звукозаписи. С другой стороны, если вы не используете подключаемые модули, вносящие задержку, то и беспокоиться не о чем.

У деструктивной обработки есть определенные достоинства. Можно применить эффект или иной прием редактирования аудиофайла и затем открыть обработанный аудиофайл в приложении, в котором отсутствуют такие эффекты, а эффект в аудиосигнале останется и будет слышен. После деструктивного редактирования аудиосигнала в дальнейшем — при его воспроизведении — для реализации эффекта ресурсы процессора уже не требуются, поскольку этот эффект уже записан в самом аудиосигнале, а не реализуется в режиме реального времени. (В ряде новейших волновых редакторов предусмотрена возможность необратимой (деструктивной) записи недеструктивных эффектов в обрабатываемых аудиофайлах (**рис. 7.1**).)

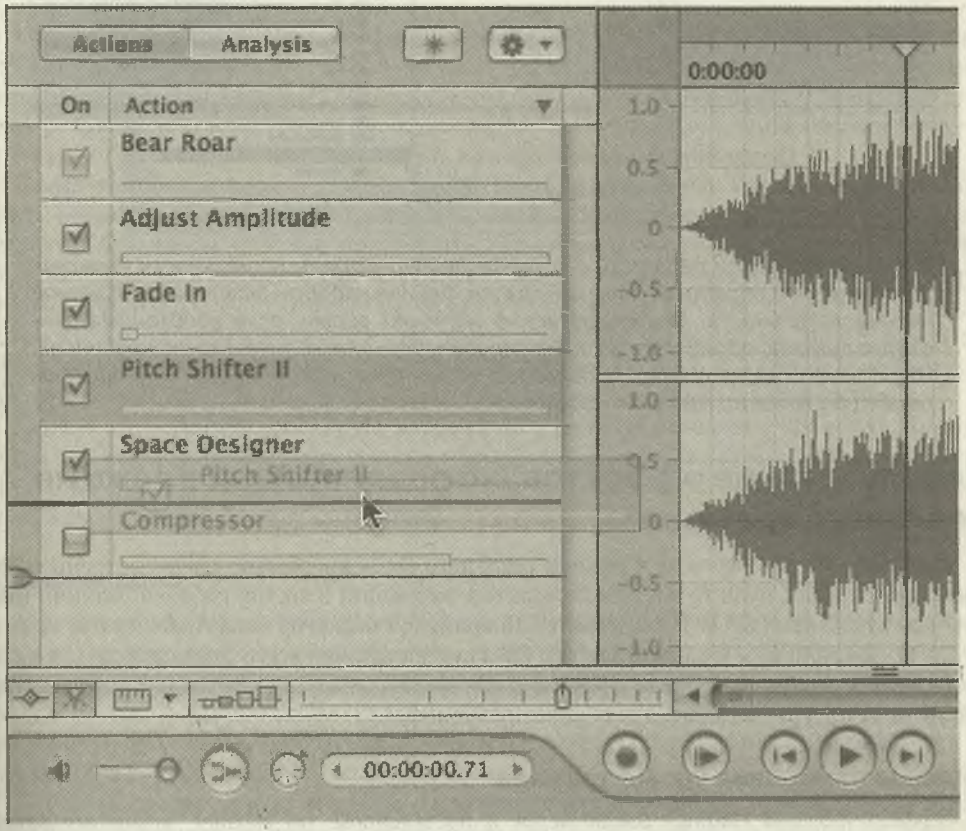


Рис. 7.1. *Программа Soundtrack Pro компании* Apple *— пример волнового редактора, реализующего эффекты и обработку аудиосигналов исключительно в режиме реального времени, т.е. недеструктивное редактирование. Сохраняя эффект в "рабочем слое" (action layer), вы можете в программе Soundtrack корректировать эффекты, менять их порядок и оперативно вносить другие изменения*

Деструктивная обработка аудиофайла может также оказаться полезной при пакетном редактировании звукозаписей (**рис. 7.2**). Например, если требуется очистить от помех и отфильтровать полный пакет аудиофайлов звукового сопровождения для видеозаписи, удобно установить общие настройки для всех аудиозаписей, выполнить их пакетную обработку в звуковом редакторе типа Apple Soundtrack Pro или Adobe Audition, а затем перейти к их индивидуальному редактированию в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW).

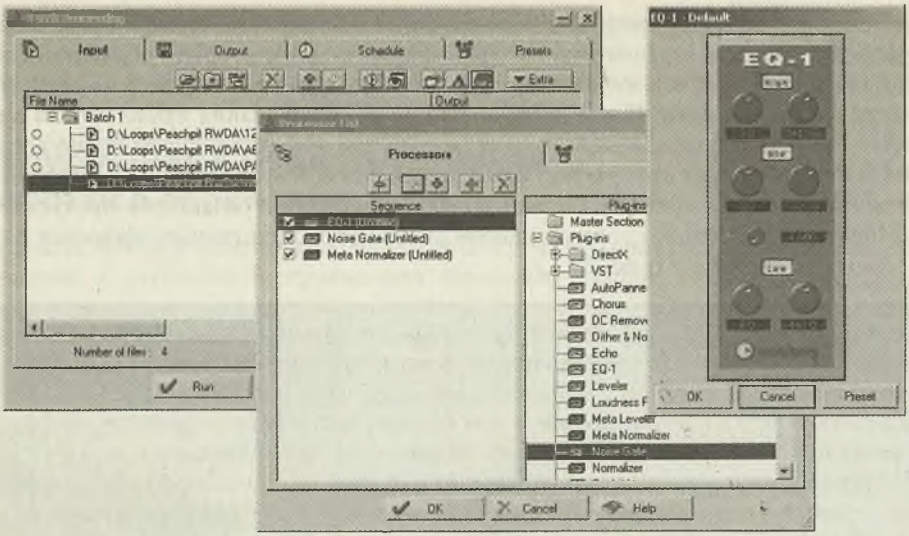


Рис. 7.2. *Волновой редактор, в котором предусмотрены возможности пакетной деструктивной обработки большой группы файлов набором эффектов в заданной последовательности. Это существенно экономит время, если необходимо очистить от шумов, обработать и конвертировать большое количество аудиозаписей. На рисунке показан пример использования для пакетной обработки аудиофайлов редактора WaveLab компании* Steinberg

Использование эффектов, не реализуемых в режиме реального времени

Эффекты, не реализуемые в режиме реального времени, обычно предусмотрены в волновых редакторах, будь то звуковой редактор, входящий в состав рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), или отдельный волновой редактор типа Audacity (он записан на DVD, прилагаемом к данной книге). Обычно достаточно всего лишь выбрать, к какой части аудиосигнала применить эффект, затем воспользоваться командами меню и подождать, пока программа завершит обработку аудиофайла.

Плавное изменение уровня сигнала

Эффект *фединга* (fading) заключается в постепенном, по заранее заданному закону (линейному или нелинейному), изменении — увеличении или уменьшении — громкости (уровня) звука. *Кроссфедеры* обеспечивают одновременное согласованное уменьшение уровня одного аудиосигнала и повышение уровня другого аудиосигнала, в результате чего обеспечивается плавный переход от одной звукозаписи к другой (для сравнения см. **рис. 7.3**).

Можно ли реализовать этот эффект в режиме реального времени? Эффект фединга, как правило, осуществляется с помощью деструктивного редактирования, хотя тот же эффект можно получить, автоматически изменяя уровни громкости дорожек звукозаписи с помощью индивидуальных регуляторов уровня сигнала (программное управление виртуальными устройствами рассматривается в главе 10). Помимо автоматического управления индивидуальными регуляторами уровня сигнала дорожек звукозаписи, в большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возмож-

ность использования недеструктивного редактирования для реализации эффекта фединга и кроссфединга аудиосигналов — с помощью специальных утилит фединга или автоматического кроссфединга аудиосигналов при наложении их друг на друга (достаточно перетащить мышью и наложить одну дорожку звукозаписи на другую — и автоматически включится механизм кроссфединга). Преимущество недеструктивного фединга — после применения эффекта проще корректировать его параметры. Но, если параметры эффекта уже настроены "до блеска", и при пакетной обработке деструктивное редактирование может оказаться удобнее.

Скорость, ритм и тональность

Изменение скорости воспроизведения цифровой аудиозаписи влияет на параметры звука точно так же, как в обычном кассетном магнитофоне или плейере. При этом одновременно изменяются ритм и тональность звука. (Иными словами, при повышении скорости речь становится быстрой, а голос — писклявым, "кукольным", при понижении скорости — речь становится медленной, тягучей, а голос — низким, бубнящим).

Цифровая звукозапись позволяет изменять (в определенных пределах) тональность и ритм независимо друг от друга. К сожалению, при этом в звук неизбежно вносятся нежелательные искажения, особенно при значительном изменении этих параметров (например, при изменении тональности более чем на один-два полутона и изменении темпа более чем на 10%). Многое, конечно, зависит от характера самой звукозаписи; кроме того, имеются подключаемые модули и настройки, предназначенные для компенсации такого рода искажений, и, естественно, чем выше частота дискретизации сигнала, тем точнее будет коррекция, но в любом случае пользоваться этими инструментами следует осмотрительно.

Можно ли осуществлять такую коррекцию в режиме реального времени? Инструменты для изменения скорости, темпа и тональности в режиме реального времени существуют, но зачастую такая коррекция приводит к снижению качества звука, поскольку возможности процессора не безграничны.

Нормализация

Нормализация — коррекция аудиосигнала, хранящегося в файле звукозаписи (или отдельном сегменте файла), таким образом, чтобы его максимальная амплитуда оказалась на верхней границе амплитудного диапазона или на ином заданном уровне. Для этого сначала определяется максимальная амплитуда записанного аудиосигнала (самый громкий звук) и затем весь аудиосигнал усиливается таким образом, чтобы она оказалась на уровне 100% (–0 дБ) или ином заданном уровне.

Тот же результат можно получить и в процессе микширования. Для этого достаточно всего лишь повернуть в нужном направлении канальный регулятор громкости, поэтому нормализация может кому-то показаться вещью малозначительной. Но она весьма полезна для согласования уровней сигналов, которые записываются на одной дорожке перед микшированием, по крайней мере для грубой коррекции. При микшировании обычно требуется дополнительная коррекция. Звукооператоры выполняют также нормализацию аудиофайлов при их подготовке к записи на CD или другой носитель, но эта обработка должна рассматриваться только в качестве первоначальной "подгонки" аудиосигнала при создании мастера-оригинала, и ее следует применять ко всему набору дорожек звукозаписи одновременно, но не к отдельным дорожкам (нормализация отдельных дорожек звукозаписи перед созданием мастера-оригинала приводит на практике к нарушению процесса подготовки мастера-оригинала, потому что это "грубая" обработка,

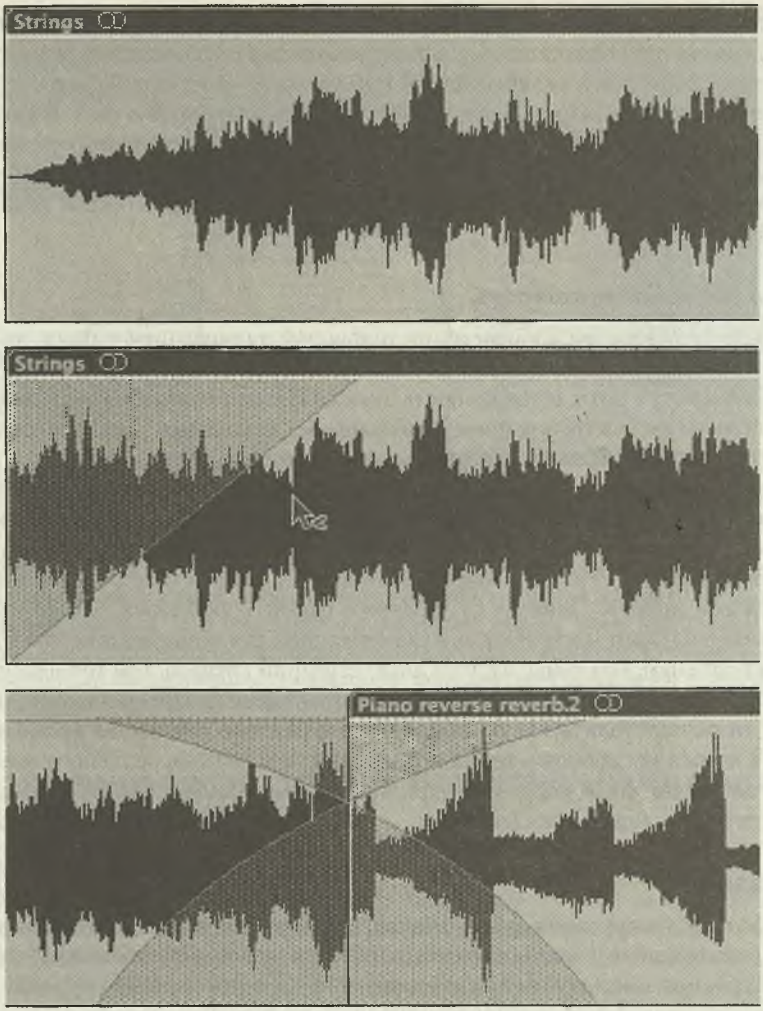
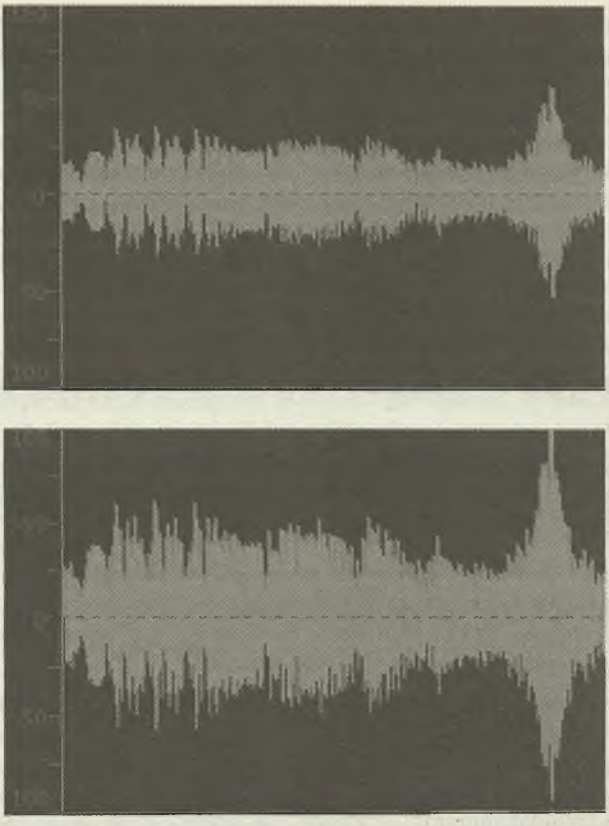


Рис. 7.3. *Три варианта реализации плавного изменения громкости звука (фединга): повышение громкости звука путем деструктивной обработки аудиофайла в волновом редакторе (вверху); тот же эффект, реализуемый в режиме реального времени с помощью недеструктивного редактирования в DAW (посредине); использование кроссфедера для плавного перехода от одной дорожки звукозаписи к другой (внизу)*

не предназначенная для выравнивания субъективной громкости звука в целом, — ее лучше всего выполнять на слух). Для расширения возможностей управления динамическими характеристиками звука потребуются процессоры динамических характеристик сигнала — компрессоры и ограничители.

Можно ли выполнять эту обработку в режиме реального времени? Нормализацию — невозможно, так как для нее требуется предварительный анализ всего аудиофайла (**рис. 7.4**).



❶ Наивысший пик сигнала до нормализации

❷ Наивысший пик после нормализации сигнала по уровню –3 дБ

Рис. 7.4. *Нормализация заключается в таком подъеме уровня громкости всего звукового сигнала, записанного в аудиофайле, чтобы максимальная амплитуда аудиосигнала оказалась на заданном уровне (в данном примере — –3 дБ; в ряде случаев это уровень 0 дБ)*

Реверс

Этот эффект заключается в воспроизведении целого участка звукозаписи в обратном направлении — от конца к началу. Поскольку мы привыкли к естественному затуханию реальных звуков, при воспроизведении аудиосигнала в обратном порядке звук получается весьма своеобразным (и весьма приятным для любителей музыки), например звук гитарной струны при воспроизведении его звукозаписи в обратном направлении, сначала тихий (конец фазы затухания), медленно, постепенно нарастает и затем резко обрывается. Реверс используется в качестве спецэффекта или в небольших дозах более утонченно — для усиления эффекта звучания ноты.

Можно ли реализовать этот эффект в режиме реального времени? Реверс записываемого аудиосигнала невозможно реализовать в режиме реального времени, в то время как предварительно записанный аудиосигнал можно воспроизвести в обратном направлении — это очевидно. Но существует ряд подключаемых модулей, осуществляющих реверс коротких

фрагментов аудиосигнала практически в режиме реального времени — аудиосигнал записывается в буферную память и затем воспроизводится в обратном направлении. Например, подключаемый модуль Tempo Sync Reverser компании *ndc Plugs* (VST-модуль для ОС Windows/Mac) осуществляет реверс в режиме реального времени фрагментов аудиосигнала "живого" звука, синхронизируемый по MIDI-каналу. Реверс аудиосигнала в режиме реального времени с использованием буферной памяти особенно эффективно работает в сочетании с задержкой; примером может служить бесплатный подключаемый модуль Meringue компании *Expert Sleepers*, работающий только на платформе ОС Mac (`http://www.collective.co.uk/expertsleepers/meringue.html`).

Маршрутизация сигнала при использовании процессоров, работающих в режиме реального времени

Процессорам по определению для работы необходим входной сигнал, поэтому, в первую очередь, необходимо подключить процессор к источнику звука. Процессоры обычно используются на следующих этапах цифровой звукозаписи.

- **Перед звукозаписью и в процессе звукозаписи.** В ряде случаев обработке подвергается исходный аудиосигнал. Например, первоначальный звук электрогитары может быть изменен предусилителем, оснащенным встроенными средствами спецэффектов, расширяющими спектр ее звучания.
- **После звукозаписи.** Если записана "чистая" (без спецэффектов) дорожка звукозаписи, эффекты используются для изменения звука при воспроизведении.
- **На завершающей стадии микширования.** После завершения процесса формирования многодорожечной звукозаписи при сведении звукозаписи используются эффекты, необходимые для создания мастера-оригинала (путем их вставки в выходную мастер-шину рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), или после сведения стереофонической записи с помощью специального ПО создания мастера-оригинала для коррекции звучания звукозаписи в целом (см. главу 10)).

Проще всего использовать процессоры эффектов — и чаще всего именно так они и используются, на канальном уровне. Доступ к этим процессорам осуществляется посредством объекта пользовательского интерфейса под названием "канальная панель" (channel strip).

Что такое канал

Канал — это путь аудиосигнала по цепи обработки от входа (входной сигнал может быть как аналоговым аудиосигналом, так и аудиофайлом, предварительно записанным на жестком диске) на выход. Например, во всех каналах микшера имеются отдельные регуляторы уровня, которые позволяют регулировать уровень сигнала, поступающего со входа на главный (общий) регулятор уровня микшера. Восьмиканальный микшер имеет восемь коммутируемых входов и выходов — нечто вроде восьмиполосной автомобильной магистрали. Сигналы с этих восьми выходов смешиваются в микшере, так что вы можете прослушивать и регулировать уровень этого смешанного сигнала с помощью главного регулятора уровня сигнала как уровень обычного стереофонического сигнала (отсюда и название "mixer" — "микшер", "смеситель").

Audacity — инструменты обработки звука в режиме реального времени

Потренируйтесь в использовании простых инструментов обработки звука с помощью бесплатной программы Audacity; выберите участок звукозаписи, который необходимо обработать, и поэкспериментируйте с командами меню Effects. Для плавного повышения громкости звука от нуля в начале звукозаписи до максимальной амплитуды в точке, отмеченной курсором, щелкните мышью в конце выбранного участка аудиосигнала, выберите в меню Edit⇨Select...⇨ Start to Cursor и затем Effect⇨Fade In. Чтобы получить обратный эффект — плавное снижение громкости звука от максимальной громкости в начале выбранного участка звукозаписи до нуля — в конце, щелкните мышью в начале участка звукозаписи, выберите в меню Edit⇨Select...⇨Cursor to End и затем Effect⇨Fade Out. Для применения эффектов, которые обычно используются для обработки аудиофайлов целиком, выберите в меню Edit⇨Select All, чтобы обработке был подвергнут весь файл, а затем — одну из имеющихся опций, например Effect⇨Change Pitch, Change Speed, Change Tempo или Effect⇨ Normalize, или Effect⇨Reverse.

Что касается эффектов, реализуемых в режиме реального времени, мы будем иметь дело с ними на уровне каналов, потому что по определению аудиосигнал подвергается таким эффектам в процессе прохождения по каналу. Именно благодаря каналам мы можем свободно манипулировать эффектами, выбирая, какие из них применить к тому или иному сигналу, например в одном канале может обрабатываться вокальная партия, а в другом — сольная партия гитары. (Не путайте каналы с дорожками: дорожка — это место в программе или на носителе, в котором запоминаются сигналы и откуда они считываются при воспроизведении файла звукозаписи. Дополнительная информация о дорожках звукозаписи приведена в главе 10.)

Канальная панель

В традиционных, аппаратных микшерах оценка и индивидуальная настройка каналов осуществляется легко, потому что регуляторы уровня и органы настройки сгруппированы по вертикали в канальные панели. Практически в каждой программе многоканальной обработки звука используется такая базовая модель построения графического интерфейса пользователя, которая получила название "канальная панель" (channel strip) (**рис. 7.5**). В ее основе лежит простейший из сигнальных процессоров, регулятор уровня, который выполняет единственную функцию — изменяет уровень (коэффициент усиления) проходящего через него сигнала.

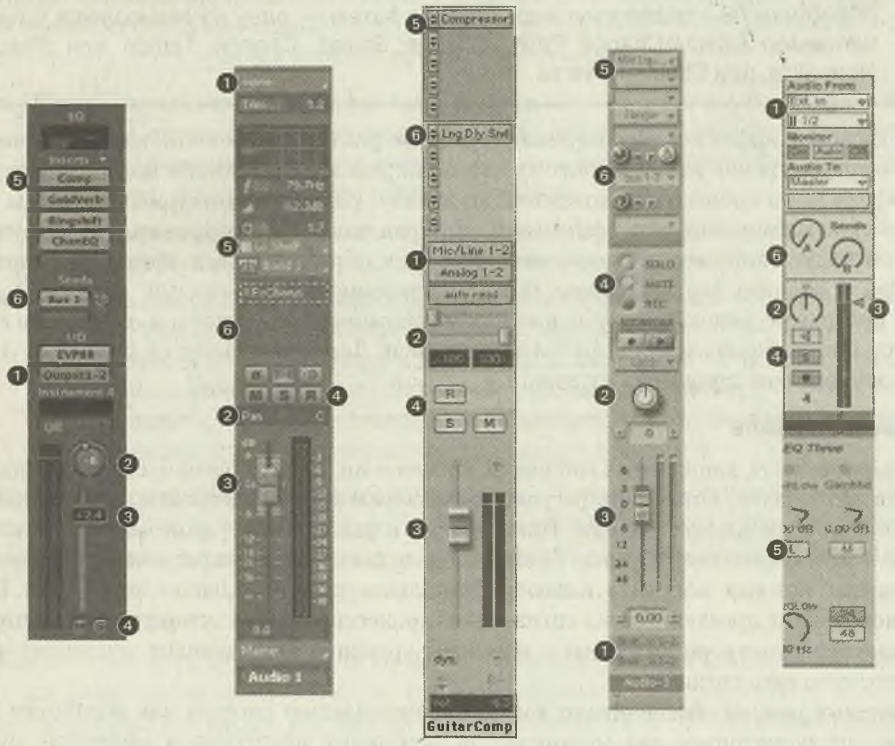
Канальные панели обеспечивают также маршрутизацию сигнала для обработки эффектами, предусматривая два механизма подключения процессоров эффектов: insert (вставка) (для индивидуальной обработки канальных сигналов) и send/return (посылка/возврат) (для маршрутизации сигналов нескольких каналов с целью их групповой обработки одним и тем же эффектом).

Что такое канальная панель (channel strip). Это сердцевина любого многоканального микшера — вертикальная панель, на которой расположена группа регуляторов и кнопок управления параметрами данного канала.

Как ею пользоваться. Подключите входы и выходы, затем добавьте эффекты (используя механизм вставки/посылки (insert/send)).

Для чего она используется. Для задания входов/выходов или подключения программного инструмента, для установки уровня громкости и панорамы в отдельном канале и для добавления эффектов.

Коэффициент передачи (gain) — это параметр, характеризующий уровень (или интенсивность) сигнала. В компьютерных программах и аудиоаппаратуре не громкость (volume), а коэффициент передачи (усиления) является правильным с технической точки зрения параметром регулировки интенсивности сигнала, поскольку сигнал превращается в реальный звук лишь тогда, когда подан на вход акустической системы или на наушники.



1. Коммутатор входов/выходов
2. Регулятор панорамы
3. Регулятор уровня
4. Кнопки выбора режима Solo/Mute/Record (Соло/Приглушить/Запись)
5. Органы управления механизмом "вставка" (insert)
6. Органы управления механизмом "посылка" (send)

Рис. 7.5. *На канальной панели сгруппированы органы управления сигнальными процессорами, маршрутизацией и уровнем сигнала (слева направо показаны канальные панели программ Apple Logic Pro, Cakewalk SONAR, Digidesign Pro Tools, MOTU Digital Performer и Ableton Live)*

Механизм insert (вставка)

Механизм подключения эффектов insert (вставка) называется так потому, что инструмент обработки "вставляется" в канал передачи сигнала. Аудиосигнал, проходящий со входа на выход канальной панели, обрабатывается эффектом-вставкой, после чего поступает на канальный регулятор уровня и с него — на выходную шину. Иными словами, механизм insert используется для обработки звука до того, как он поступит на канальный регулятор уровня (**рис. 7.6**). Если для обработки сигнала используется несколько эффектов-вставок, то он последовательно проходит через несколько процессоров эффектов.

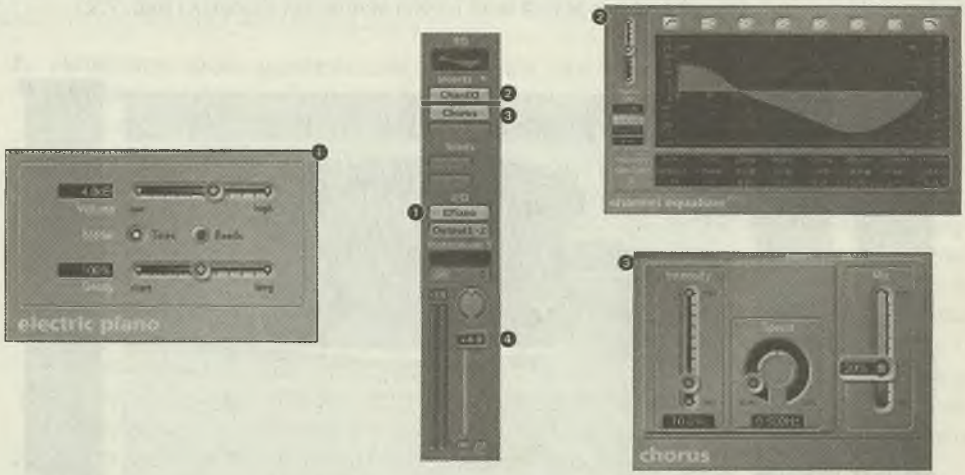


Рис. 7.6. *Сигнал с выхода клавишного электромузыкального инструмента (1) пропускается через два эффекта-вставки (2, 3), после чего поступает на регулятор уровня (4), как это осуществляется в программе Apple Logic Pro*

Вставка — наилучший вариант подключения тех процессоров эффектов, которые необходимы для обработки всего сигнала в конкретном канале, чтобы придать звуку определенный характер, например это может быть фильтрация, хоровое звучание и задержка.

Механизм send/return (посылка/возврат)

Вставка — это вариант использования эффектов, аналогичный использованию светофильтра на объективе фотоаппарата; в этом случае сигнал обрабатывается целиком. Если необходимо обработать сигнал частично, чтобы иметь возможность одновременно прослушать исходный аудиосигнал на выходе основного канала микшера и этот же сигнал, но уже обработанный, на отдельном выходе, вместо **insert** (вставка) нужно использовать другой вариант подключения эффекта — **send** (посылка). Это вариант подключения эффекта ("send" — сокращение от "auxiliary send" — "посылка через вспомогательный канал") — отправка сигнала через вспомогательный канал на отдельный дополнительный выход, так называемый выход возврата (**return**) сигнала (такая схема часто называется "bussing", или

конфигурирование шины по схеме send/return). Сигналы обоих каналов — основного и вспомогательного — на выходе сводятся в общий сигнал. Это дает возможность разделить сигнал любого канала на два сигнала: первый проходит обработку выбранными вами эффектами-вставками в основном канале, а второй — такой же сигнал, уровень которого задается отдельным регулятором уровня (send level) — передается одновременно по вспомогательному (send/return) каналу, в котором проходит обработку другими выбранными вами эффектами. Поскольку по вспомогательному (send/return) каналу можно направить одновременно сигналы нескольких основных каналов, на выходе возвращаемого сигнала мы можем получить любую желаемую комбинацию исходных и обработанных аудиосигналов, регулируя ее баланс регуляторами уровня send level в основных каналах (**рис. 7.7**).

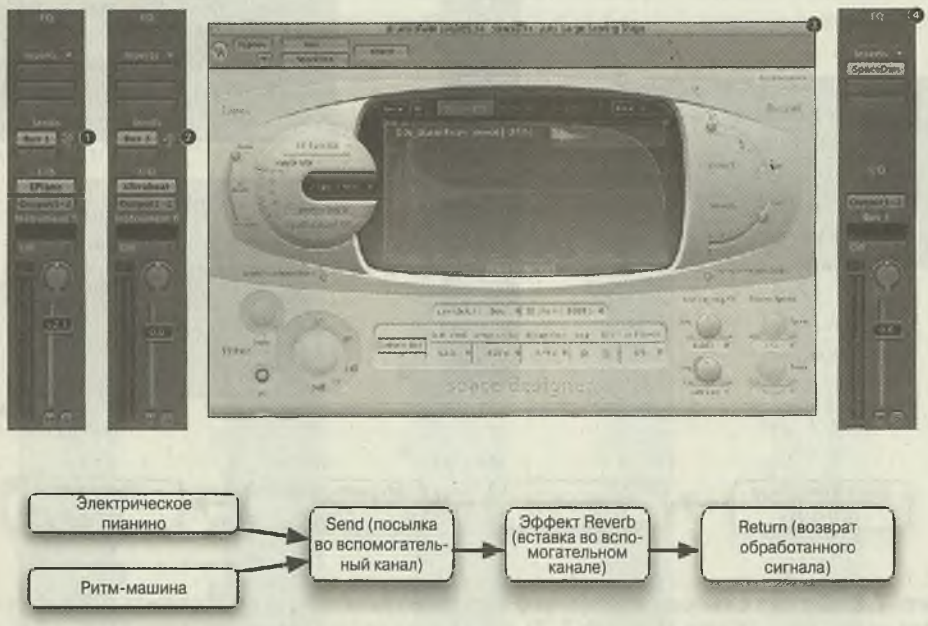


Рис. 7.7. *Технология send/return дает возможность направить сигналы нескольких основных каналов через общий вспомогательный канал, подвергнув их обработке одними и теми же эффектами, но при этом независимо регулируя уровень каждого сигнала, посылаемого во вспомогательный канал. В данном примере сигналы электромузыкального инструмента и ритм-машины посылаются во вспомогательный канал (Bus 1), но регуляторы уровня сигнала, посылаемого во вспомогательный канал, в обоих основных каналах находятся в разных положениях (1, 2). Во вспомогательном канале смесь этих сигналов проходит через эффект-вставку — ревербератор (3) — и с выхода вспомогательного канала возвращается в шину сведения канальных сигналов (4)*

Баланс исходного/обработанного (wet/dry) аудиосигналов

Ряд эффектов допускают возможность изменения пропорции в комбинации исходного (dry) и обработанного (wet) сигналов; выходной сигнал после обработки эффектом представляет собой смесь исходного и обработанного сигналов в заданной вами пропорции.

Вспомогательный канал дает возможность обрабатывать одновременно аудиосигналы нескольких каналов одним эффектом. Такая обработка может потребоваться, например, для того, чтобы "объединить" звуки, создаваемые аудиосигналами разных каналов, придав им такой эффект звучания, как будто они звучат в одном акустическом "пространстве". Например, вы хотите, чтобы инструменты, которые вы объединяете в ансамбль, звучали так, как будто они на самом деле играют в одном помещении. Направив часть звука инструментов во вспомогательный канал и используя в нем вставку-ревербератор, вы за счет этого согласованно добавите в исходный звук всех инструментов эхо, имитирующее отражения от стен виртуального помещения. Ниже приведена методика использования механизма send/return.

1. Направьте часть аудиосигнала из одного или нескольких основных каналов во вспомогательную шину (send bus); в каждом из основных каналов с помощью регулятора уровня send level или его эквивалента индивидуально установите уровень аудиосигнала, направляемого во вспомогательный канал. Может также быть предусмотрена дополнительная возможность выбора варианта send/return — *pre* или *post* send, т.е. направление сигнала во вспомогательный канал до или после регулятора уровня и регулятора панорамы в основном канале. Если нужно, чтобы при уменьшении уровня сигнала на выходе основного канала уровень сигнала, посылаемого из этого канала во вспомогательный канал, также уменьшался, вариант post-fader send (посылка во вспомогательный канал после регулятора уровня основного канала) — это то, что вам нужно. Но если нужно, чтобы манипуляции регулятором уровня основного канала не влияли на уровень сигнала, посылаемого во вспомогательный канал, используйте вариант pre-fader send (посылка во вспомогательный канал до регулятора уровня основного канала).
2. С помощью механизма вставки (insert) добавьте необходимые процессоры эффектов на вспомогательную шину (send bus). В отличие от эффектов-вставок, допускающих частичную обработку проходящего сигнала, во вспомогательном канале обычно допускается только полная 100%-ная обработка сигнала, потому что исходный звук поступает на выход по основным каналам.
3. Сигнал, обработанный процессором эффекта, поступает (как и было задумано!) из вспомогательного канала в смесь сигналов основных каналов. Таким образом, у вас имеются отдельные регуляторы уровня исходных сигналов (регуляторы основных каналов) и обработанного сигнала (регулятор уровня вспомогательного канала — return fader) и вы можете по своему желанию регулировать пропорцию этой смеси аудиосигналов.

В чем разница между этими двумя вариантами применения эффектов — групповой обработкой смеси исходных сигналов эффектом-вставкой во вспомогательном канале и индивидуальной обработкой исходных сигналов в основных каналах путем добавления одного и того же эффекта-вставки в каждый из них? При каждой вставке эффекта создается его новый экземпляр. Например, при вставке подключаемого модуля ревербератора (назовем его "Reverb-o-rama") в каналы 1, 2 и 3 будут созданы три экземпляра, или копии, этого ревербератора. (Вот откуда происходит название "instantiating" — "клонирование" ревербератора, потому что вы создаете его экземпляр.) У каждого ревербератора собственные параметры, и для работы трех экземпляров ревербератора потребуется примерно втрое больше тактов центрального процессора, чем в случае, когда используется только один экземпляр подключаемого модуля Reverb-o-rama. Если ваш процессор по

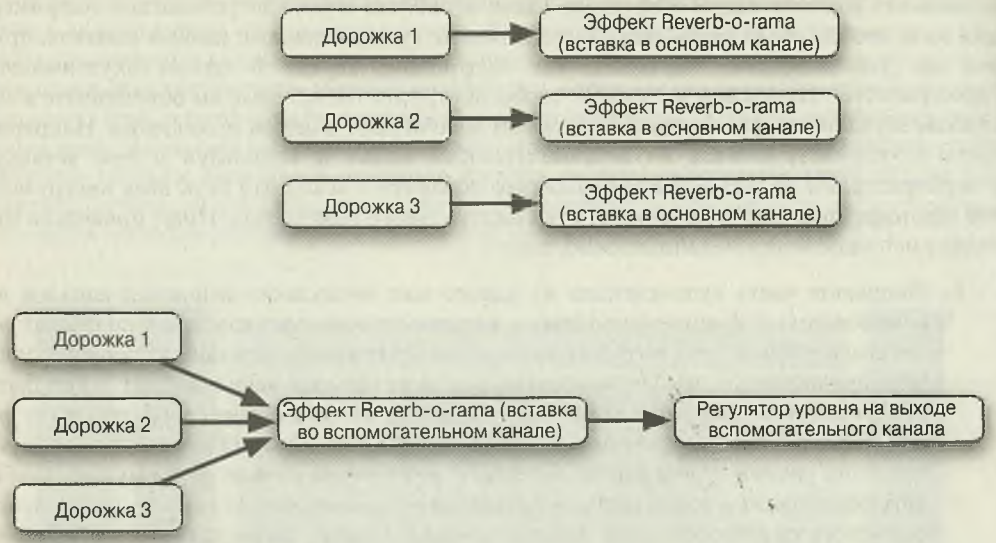


Рис. 7.8. *Вставка одного и того же подключаемого модуля эффекта в несколько каналов влечет за собой создание множества экземпляров этого подключаемого модуля, как показано здесь на примере воображаемого подключаемого модуля Reverb-o-rama (вверху). У каждого — собственные настройки и каждый отбирает часть рабочих тактов центрального процессора. Вставив этот модуль во вспомогательный (send) канал (внизу), мы обрабатываем эффектом реверберации все дорожки одновременно, используя для этого всего один экземпляр того же самого подключаемого модуля (хотя при этом лишаемся возможности регулирования параметров обработки каждой дорожки в отдельности)*

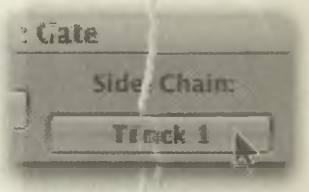
мощности позволяет без труда использовать отдельные копии эффекта в каждом канале, вы можете себе это позволить — и это прекрасно. Но скорее всего, как ради удобства, так и с целью оптимального использования вычислительных ресурсов процессора, вы предпочтете направить сигналы каналов 1–3 во вспомогательный канал, подвергнуть их групповой обработке ревербератором-вставкой Reverb-o-rama, затем добавить обработанный сигнал в смесь исходных сигналов, подобрав нужную пропорцию с помощью регулятора уровня вспомогательного канала (описанные выше варианты использования эффектов иллюстрируют схемы, приведенные на **рис. 7.8**).

Выбор между вариантами подключения эффекта вставками (insert) и посылками (send). Для индивидуальной обработки сигналов в разных каналах разными эффектами вы, по-видимому, будете использовать вставку (insert). Основной довод в пользу посылки (send) — возможность одновременной обработки сигналов нескольких каналов одним и тем же эффектом для создания единого акустического "пространства", в котором эти сигналы будут смешаны для обработки (например, ревербератором) или просто для эффективного использования вычислительных ресурсов центрального процессора, необходимых для расширения возможностей вставки разнообразных эффектов в разных каналах. Механизм посылки (send) используют также для настройки баланса

исходного/обработанного сигналов в том случае, когда эффекты не предусматривают такой возможности (не у всех подключаемых модулей возможность такой регулировки предусмотрена). В этом случае в основном канале исходный сигнал передается без обработки, а эффект-вставка добавляется во вспомогательный канал — пропорция исходного и обработанного сигналов регулируется регулятором уровня сигнала, возвращаемого из вспомогательного канала.

Механизм side-chaining (через боковую цепь)

Механизм side-chaining (через боковую цепь) обеспечивает возможность непосредственной подачи на процессор эффекта аудиосигнала от второго источника сигнала, например с выхода второго канала, шины, предыдущего процессора эффекта или инструмента. Подключаемые модули, в которых заложен механизм side-chaining, расширяют возможности обработки аудиосигнала, позволяя использовать аудиосигналы других каналов в качестве управляющих, например в качестве модулирующих сигналов для создания ритмических эффектов. Например, используя этот механизм, можно реализовать следующие эффекты, о которых мы подробнее поговорим далее в этой главе.



- **Селективная задержка.** Подайте MIDI-образец барабанного ритма, используя механизм side-chaining (через боковую цепь) на пороговый селектор (gate), а выход этого процессора подключите ко входу процессора задержки, и теперь только самые громкие удары барабана будут подвергаться задержке.
- **Придайте ритмичность звучанию.** Подключите дорожку барабанного ритма (или другой источник ритмического сигнала), используя механизм side-chaining (через боковую цепь), к пороговому селектору шума (noise gate), обрабатывающего другую дорожку, например непрерывный глухой звук, который вы хотите "оживить", придав ему ритмичность в такт с ритмом барабана, или партию контрабаса или другого инструмента, которую вы хотите выделить. Сигнал первого источника будет управлять срабатыванием порогового селектора шума и сигнал второй дорожки будет проходить на выход процессора только тогда, когда амплитуда сигнала первой дорожки будет превосходить порог (т.е. при каждом громком ударе барабана, например).
- **Глушение музыкального фона в момент произнесения слов.** Эта технология широко используется в радиовещании и тому подобных вариантах широковещания, например во время объявления по радио необходимо автоматически заглушать музыкальный фон. Эта технология называется "ducking". Для реализации этого эффекта добавьте на музыкальную дорожку компрессор-вставку и, используя механизм side-chaining, подайте на него голосовой сигнал; установите регулятор усиления компрессора на 0 дБ (или отключите функцию make-up gain (автоматическая регулировка коэффициента усиления)). Теперь, как только появится голосовой сигнал, сигнал музыкального сопровождения будет приглушаться.

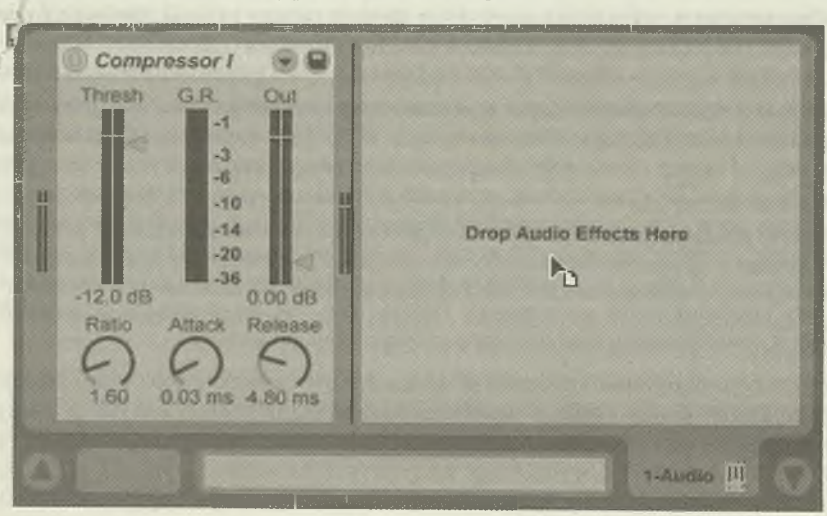
В одних случаях органы управления механизмом подключения через боковую цепь так и маркируются — side-chain, в других для реализации этой технологии предусмотрена возможность выбора внешнего входа или вход модуляции, маркированный "via", через который сигнал подается на внутренние модули подключаемого модуля. Не в любом ПО рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) и программных эффектах предусмотрена возможность использования механизма side-chaining.

Практика: добавление эффектов в Ableton Live

Вставляем эффект

1. **Выбираем эффект.** Чтобы выбрать один из встроенных эффектов и инструментов в программе Ableton Live, откройте окно проводника Device Browser (1). Для выбора одного из подключаемых VST/AU/DX-модулей сторонних разработчиков откройте в нем окно проводника Plug-In Device Browser (2). В данном примере выбран встроенный эффект Chorus, например, чтобы придать эффект многоголосия звучанию электромузыкального клавишного инструмента или гитары.

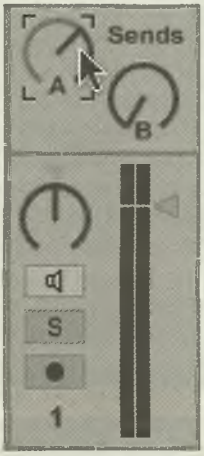
2. **Добавляем эффект.** Выберите нужную дорожку и перетащите выбранный вами эффект из меню в окно Track View. (Если это окно, в котором выводится надпись Drop Audio Effects Here (Перетащите сюда аудиоэффекты), отсутствует, дважды щелкните мышью на заголовке дорожки.) Вы можете выстроить необходимую последовательность нескольких эффектов, порядок обработки сигнала соответствует порядку расположения эффектов слева-направо.



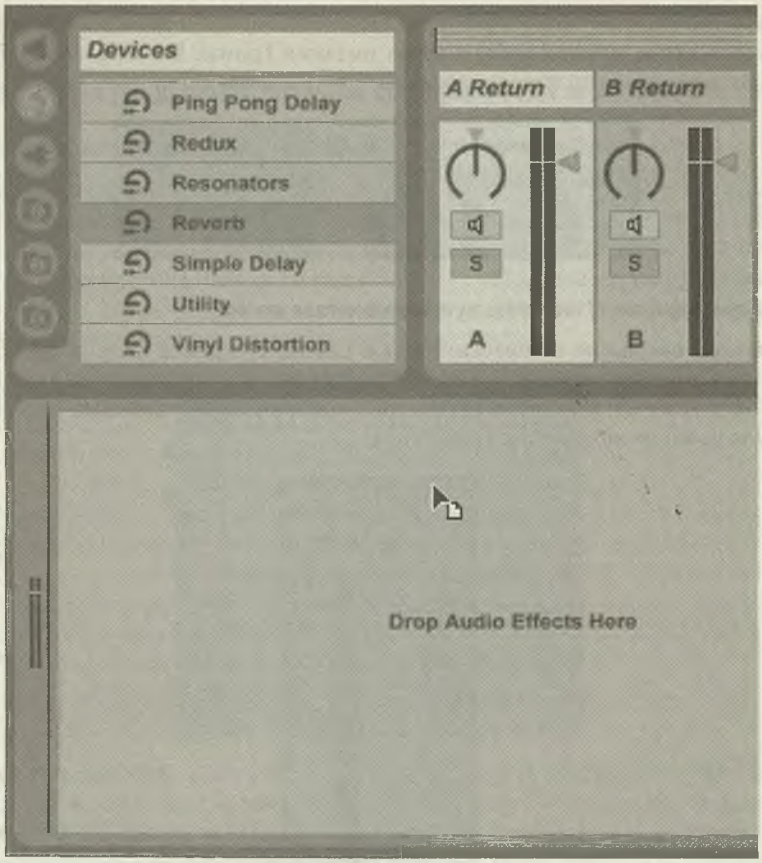
3. **Включение/выключение эффекта.** Осуществляется с помощью кнопки, оформленной в стиле кнопки выключения питания (power button), которая находится в левом верхнем углу панели эффекта.

Подключаем эффект, используя механизм send

1. **Посылаем сигнал во вспомогательный канал.** Откройте панели Sends и Returns (для этого выберите в меню редактора View⇨Sends и View⇨Returns). Выберите аудиодорожку и с помощью регулятора уровня Send установите уровень сигнала, посылаемого по вспомогательной шине.



2. **Добавляем эффект.** Перетащите выбранный эффект из окна Device Browser (или с другой дорожки, если там уже вставлен и настроен нужным образом нужный эффект) на дорожку Return. (В данном примере мы выбрали встроенный в Ableton Live ревербератор Reverb, который чаще всего используется в качестве эффекта групповой обработки.)
3. **Выбираем вариант посылки сигнала во вспомогательную шину pre/post.** По умолчанию в Ableton Live используется вариант post-fader (после канального регулятора уровня) посылки сигнала, поэтому манипуляции регулятором уровня и регулятором панорамы основного канала будут влиять на сигнал на выходе вспомогательного канала. Если вас это не устраивает, выберите опцию Pre. В этом случае на выходной сигнал вспомогательного канала действуют только регулятор уровня и регулятор панорамы самого вспомогательного канала.
4. **Добавляем дополнительные вспомогательные каналы.** Если установленных по умолчанию вспомогательных каналов send/return недостаточно, добавьте дополнительные. Для этого выберите в меню редактора Insert⇨Insert Return Track, но помните, что возможности компьютерного процессора не безграничны!


Devices
Ping Pong Delay
Redux
Resonators
Reverb
Simple Delay
Utility
Vinyl Distortion
A Return
B Return
S
S
A
B
Drop Audio Effects Here

Sends
Pre
Post

Sends
A
B
C
D
E
F

Использование подключаемых модулей сторонних разработчиков. Чтобы убедиться в том, что программа Ableton Live находит подключаемые модули сторонних разработчиков форматов AU, VST и DX, перепроверьте свои предпочтения. Выберите в меню программы Use Preferences⇨Plug-In⇨Active Sources, задайте необходимые форматы, отмените ненужные и укажите как стандартную папку VST (в программе, работающей на платформе ОС Mac, выберите Live⇨Preferences, а на платформе ОС Windows — Edit⇨Preferences).

Частотная коррекция

Настраивая тембр звука регуляторами treble и bass (верхние и нижние частоты) в автомобильной стереосистеме, регуляторами "Hi" (ВЧ), "Mid" (СЧ) и "Low" (НЧ) — в микшере или регуляторами "Loudness" ("Громкость") или "Bass Boost" ("Подъем НЧ"), мы тем самым корректируем частотную характеристику звука. Выравнивание (equalization) (EQ) вовсе не означает выравнивания частотной характеристики за счет усиления нижних частот до уровня высокочастотных составляющих сигнала или наоборот. На самом деле equalization означает коррекцию частотной характеристики, обеспечивающую изменение относительного уровня частотных составляющих в спектре сигнала (вместо термина "equalization" ("выравнивание") иногда используется более общий термин — "фильтрация").

Субъективное восприятие тембра звука зависит от его спектра — относительного уровня обертонов (гармоник) в нем (см. главу 1), поэтому любое изменение относительного уровня тех или иных обертонов в спектре аудиосигнала воспринимается на слух как изменение тембра звука. Наш рот представляет собой, по сути, фильтр гармоник — гласные звуки в нашей речи создаются путем изменения формы ротовой полости, отфильтровывающей гармоники определенных частотных диапазонов (разработаны цифровые и аналоговые фильтры, имитирующие именно этот эффект). Подобным же образом эквалайзеры, корректирующие спектр сигнала, используются в звукозаписи для коррекции тембра или создания спецэффектов.

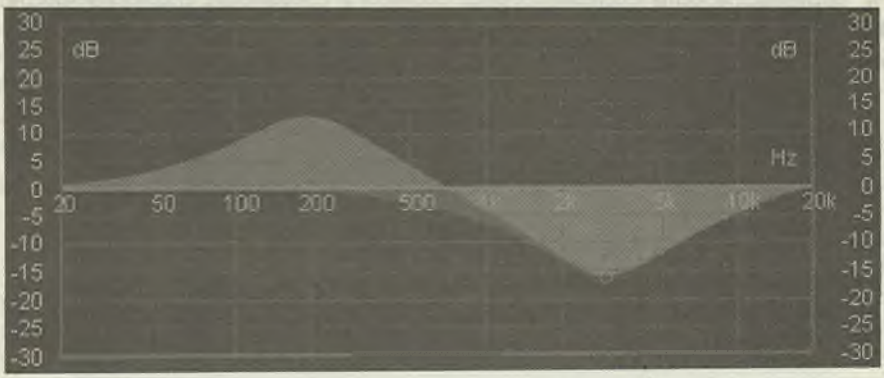
Принцип работы эквалайзера иллюстрирует его амплитудно-частотная характеристика, пример которой приведен на **рис. 7.9**. По горизонтальной оси графика (ось x) отложена частота звукового сигнала, а по вертикальной оси (ось y) — коэффициент передачи, определяющий изменение амплитуды гармонического аудиосигнала на разных частотах при его прохождении через этот фильтр. В приведенном примере амплитудно-частотной характеристики эквалайзера любая точка на графике, лежащая выше линии 0 дБ, означает усиление сигнала соответствующей ей частоты, а точка, лежащая ниже, — ослабление сигнала соответствующей ей частоты. (Заметим, однако, что в том случае, если в спектре сигнала, проходящего через эквалайзер, составляющие находятся за пределами диапазона частот коррекции, эквалайзер не оказывает никакого влияния на спектр сигнала.)

Разнообразные типы фильтров классифицируются по виду амплитудно-частотной характеристики. Освоив тонкости манипулирования этими разнообразными вариантами коррекции, вы научитесь целенаправленно корректировать различные участки спектра сигнала.

Варианты амплитудно-частотных характеристик фильтров

Фильтры верхних и нижних частот

Амплитудно-частотные характеристики фильтров верхних и нижних частот имеют простейшую форму. Фильтр верхних частот называют также фильтром отсечки (подавления) нижних частот, а фильтр нижних частот — фильтром отсечки (подавле-



❶ Участок кривой над уровнем 0 дБ — это диапазон частот, в котором составляющие спектра сигнала усиливаются

❷ Участок кривой под уровнем 0 дБ — это диапазон частот, в котором составляющие спектра сигнала ослабляются

Рис. 7.9. *График амплитудно-частотной характеристики эквалайзера в прямоугольной системе координат X/Y*

ния) верхних частот. Оба эти типа фильтров пропускают составляющие, попадающие в полосу пропускания, без изменения, в то же время ослабляющие или отсекающие составляющие в остальном диапазоне частот.

Фильтры верхних и нижних частот. Пропускают без изменения спектральные составляющие сигнала в определенном диапазоне частот (полосе пропускания), одновременно ослабляя спектральные составляющие других частот, лежащих выше или ниже полосы пропускания.

Как ими пользоваться. Задайте частоту отсечки, выше которой (в случае фильтра нижних частот) или ниже которой (в случае фильтра верхних частот) частотные составляющие спектра сигнала ослабляются.

Для чего они используются. Чтобы вырезать из спектра сигнала участок низкочастотных или высокочастотных помех, например подавить низкочастотный рокот (с помощью фильтра верхних частот).

Аттенюация. Аттенюация определенного частотного диапазона означает просто снижение уровня или ослабление частотных составляющих спектра сигнала, лежащих в пределах этого частотного диапазона.

Фильтрация не обеспечивает идеального пропускания или подавления спектральных составляющих. Фильтры ослабляют составляющие в спектре сигнала по-разному, в зависимости от их частоты. Фильтр характеризуется *частотой отсечки (cutoff frequency* — значение этого параметра обычно задается пользователем. В случае фильтра нижних частот чем выше по частоте отстоит спектральная составляющая сигнала от частоты отсечки, тем сильнее она подавляется (ослабляется). Чем ближе составляющая спектра

сигнала находится к частоте отсечки, тем меньше она ослабляется, поэтому гармоники, близкие к частоте отсечки, остаются слышимыми, в то время как гармоники, отстоящие от частоты отсечки на несколько октав, сильно ослаблены и их практически невозможно услышать. В случае фильтра верхних частот происходит обратное: чем ниже по частоте отстоит спектральная составляющая сигнала от частоты отсечки, тем сильнее она ослабляется.

Если изобразить зависимость коэффициента ослабления гармоник сигнала от частоты, то получится наклонная линия. Чем выше (или ниже) заданной частоты отсечки находится та или иная гармоника, тем сильнее она ослабляется фильтром. У одних фильтров наклон амплитудно-частотной характеристики меньше, у других — больше. Наклон амплитудно-частотной характеристики фильтра измеряется в децибелах на октаву.

Стандартный наклон амплитудно-частотной характеристики фильтра составляет 6, 12, 18 и 24 дБ на октаву. Например, если наклон амплитудно-частотной характеристики фильтра составляет 12 дБ на октаву, то составляющая частотой, которая на октаву выше частоты отсечки фильтра, ослабляется на 12 дБ; составляющая частотой, которая на две октавы выше частоты отсечки фильтра, ослабляется на 24 дБ и т.д. Таким образом, наклон 6 дБ на октаву, по сравнению с наклоном 24 дБ на октаву, более пологий. Это означает, что те составляющие, которые во втором случае уже не слышны, в первом случае имеют еще достаточную амплитуду для того, чтобы восприниматься на слух в спектре сигнала. Наклон амплитудно-частотной характеристики фильтра называют еще спадом или завалом, потому что фильтр "заваливает" частоты за пределами диапазона частот, ограниченного частотой отсечки. В одних фильтрах предусмотрена возможность выбора пользователем наклона амплитудно-частотной характеристики из нескольких вариантов, а в других он фиксированный.

Частота отсечки определяется, как правило, как частота, на которой фильтр ослабляет входной сигнал на 3 дБ (**рис. 7.10**). Участок частот за пределами полосы пропускания фильтра, ограниченной частотой отсечки (в случае фильтра нижних частот это частоты выше частоты отсечки, а в случае фильтра верхних частот это частоты ниже частоты отсечки), называется полосой непрозрачности или полосой заграждения фильтра, потому что составляющие спектра, попавшие в этот диапазон частот, не проходят на выход фильтра. Участок частот по другую сторону частоты отсечки называется полосой пропускания или полосой прозрачности, потому что составляющие, попавшие в эту полосу частот, проходят через фильтр без изменения.

Составляющие, близкие к частоте отсечки, можно усилить, если сделать фильтр резонансным. Таким образом, увеличение значения настройки "resonance" фильтра с регулируемой резонансностью дает возможность выделить составляющие на частоте отсечки и близких к ней частотах.

Фильтры верхних и нижних частот для заметного изменения спектрального состава сигнала или для полного удаления из сигнала узкой полосы частот на краю спектра (например, низкочастотный рокот или высокочастотный свист). Такие типы фильтров не подходят для подавления широкополосных шумов — проблема, которая часто возникает при обработке зашумленных записей, потому что они при этом сильно искажают спектр сигнала; для этой задачи используются специальные инструменты подавления шумов (об этом читайте далее, в разделе "Подавление помех/восстановление качества звука"). Они также не подходят для тонкой коррекции спектра в узкой полосе частот или фиксированного ослабления спектра сигнала. Для более деликатной коррекции спектра необходимы два других типа фильтров — shelving (сглаживающий) и peaking (обостряющий).

Специальные типы фильтров. *Рокот-фильтр* — это, по сути, фильтр верхних частот (т.е. фильтр, обрезающий низкие частоты) с низкой частотой отсечки, используемый для подавления сверхнизкочастотного "рокота", вкравшегося в аудиозапись.

Полосовой фильтр, имеющий определенную полосу пропускания, подавляет все частоты, лежащие выше ее верхней границы и ниже ее нижней границы. Последовательная комбинация фильтра верхних частот и фильтра нижних частот представляет собой, по существу, полосовой фильтр. Задайте частоту отсечки фильтра верхних частот равной верхней границе полосы пропускания, а частоту отсечки фильтра нижних частот равной нижней границе полосы пропускания полосового фильтра, и вы получите полосовой фильтр с желаемой характеристикой.

Резонансный фильтр — это любой тип фильтра, усиливающий сигнал на частоте отсечки и примыкающих к ней частотах (рис. 7.10).

Не путайте

"Highpass" — фильтр верхних частот; обрезает частоты снизу.
"Lowpass" — фильтр нижних частот; обрезает частоты сверху.

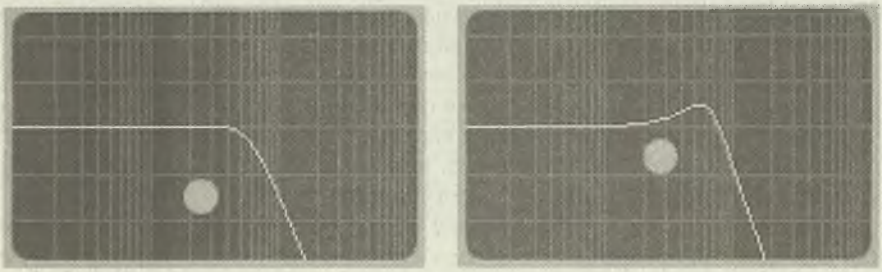


Рис. 7.10. *Скат — это спадающий участок амплитудно-частотной характеристики фильтра, начинающийся с частоты отсечки (слева). Если фильтр обладает определенной резонансностью, то на его частотной характеристике, помимо ската, обеспечивающего ослабление частот за пределами полосы прозрачности, имеется подъем в районе частоты отсечки (справа)*

Сглаживающий (shelving) фильтр

Сглаживающий (shelving) фильтр. Усиливает или ослабляет частоты выше или ниже определенной частоты.

Как им пользоваться. Задайте частоту отсечки (если такая настройка предусмотрена; в ряде случаев сглаживающие (shelving) фильтры имеют фиксированную частоту отсечки) и коэффициент (усиления/ослабления).

Для чего он используется. Чтобы плавно повысить или понизить уровень спектральных составляющих в широкой полосе частот, например плавно ослабить высшие частоты в спектре звука.

Фильтры верхних и нижних частот ослабляют все частоты, лежащие за пределами полосы пропускания (ниже или выше частоты отсечки); иногда имеется возможность выбрать вариант ската амплитудно-частотной характеристики фильтра и даже добиться ее незначительного подъема в районе частоты отсечки за счет повышения резонансности фильтра, но вы не можете задать фиксированный коэффициент аттенюации и добиться подъема амплитудно-частотной характеристики в широкой полосе частот. Сглаживающие (shelving) фильтры, напротив, обеспечивают возможность усиления или ослабления спектральных составляющих сигнала в широкой полосе частот на фиксированную величину. Скат амплитудно-частотной характеристики сглаживающего фильтра не опускается монотонно, начиная с частоты отсечки, а перегибается и опять выравнивается (**рис. 7.11**).

Сглаживающие (shelving) фильтры используются обычно для плавной и тонкой коррекции спектра сигнала в широкой полосе частот, например для коррекции слишком пронзительного звука путем плавного ослабления высокочастотного участка его спектра.

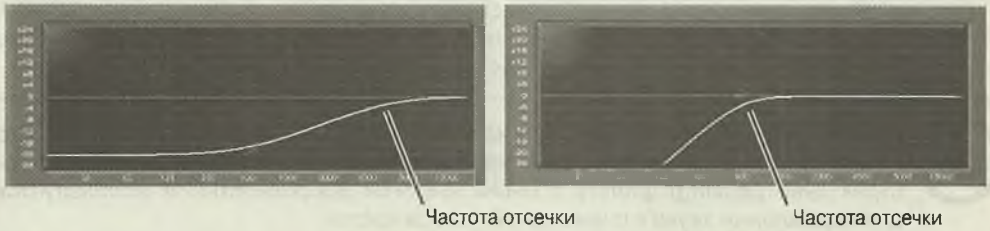


Рис. 7.11. *Амплитудно-частотная характеристика сглаживающего фильтра (слева) плавно выравнивается, достигнув уровня максимального подавления или подъема частот, в противоположность амплитудно-частотной характеристике фильтра верхних частот (справа), которая, начиная с частоты отсечки, снижается непрерывно (на примере эквалайзера ParaEQ из редактора MOTU Digital Performer)*

Обостряющий (peaking) фильтр

Обостряющий (peaking) фильтр. Имеет колоколообразную амплитудно-частотную характеристику, поднимает или ослабляет частоты в районе определенной (центральной) частоты.

Как им пользоваться. Задайте центральную частоту и (если эта возможность предусмотрена) параметр, определяющий ширину амплитудно-частотной характеристики фильтра (Q — добротность), и степень усиления или ослабления частот в рабочей полосе частот фильтра.

Для чего он используется. Чтобы точно скорректировать спектр сигнала на определенном участке частотного диапазона, например придать "теплоту" звуку, подняв средние частоты.

Фильтры верхних и нижних частот — это "грубые" инструменты фильтрации, они изменяют спектральный состав сигнала во всем диапазоне частот за пределами частоты отсечки. Обостряющие фильтры позволяют выбирать рабочую полосу частот фильтра, задавая ее верхнюю и нижнюю границы.

Амплитудно-частотная характеристика обостряющего фильтра имеет колоколообразную форму. Следующие дополнительные настройки обеспечивают полное управление формой этой кривой.

- **Центральная частота.** Центральная частота участка, на котором необходимо скорректировать — усилить или ослабить — спектральные составляющие спектра сигнала.
- **Gain, Slope (коэффициент усиления (ослабления)).** "Высота" вершины колоколообразной кривой; параметр, определяющий, насколько (в децибелах) усиливается или ослабляется сигнал на центральной частоте.
- **Bandwidth (ширина амплитудно-частотной характеристики фильтра).** "Ширина" колоколообразной кривой; полоса частот, в которой работает фильтр, определяемая как расстояние между точками на амплитудно-частотной характеристике фильтра по обе стороны от центральной частоты, отстоящими от нее на расстоянии –3 дБ по уровню.
- Q ("quality" — "добротность", иногда используются термины "resonance" и "emphasis"). Обобщающий параметр, характеризующий "избирательность" амплитудно-частотной характеристики в целом при прочих заданных параметрах. Параметры Q и "полоса пропускания" иногда используются как равнозначные, но в аппаратном и программном обеспечении обозначение "Q" используется чаще.

Узкополосный режекторный фильтр. Узкополосный режекторный фильтр (notch filter) по виду амплитудно-частотной характеристики напоминает обостряющий (peaking) фильтр с очень высокой добротностью и используется для подавления звука в очень узкой полосе частот.

Резонансность и добротность. Резонансность и добротность — это одно и то же. В аналоговой фильтрации обычно используется термин "resonance" — "резонансность", а не "Q" — "добротность", исходя из специфики этого понятия по отношению к синтезаторам и фильтрам Moog и другим классическим аналоговым инструментам и эффектам. Чем выше Q, тем выше резонансность.

Обостряющие фильтры используются для коррекции — усиления или ослабления — отдельных участков спектра сигнала. Например, если звук глухой, "не прозрачный" из-за слишком высокого уровня средних и низких частот, их можно избирательно ослабить, настроив фильтр на среднюю частоту того участка спектра, где наиболее сильно проявляется этот дефект звучания, убавив коэффициент передачи и за счет выбора соответствующего значения Q сузив ширину амплитудно-частотной характеристики фильтра. Но не забывайте, о чем мы уже говорили в главе 6, не пытайтесь за счет коррекции решить проблемы качества самого процесса звукозаписи. В первую очередь, необходимо правильно подобрать и разместить микрофоны, а эквалайзер использовать для тонкой коррекции звука и реализации творческих замыслов.

Что означает "Q"

Параметр Q удобен тем, что он наглядно характеризует избирательность амплитудно-частотной характеристики фильтра. Чем выше Q, тем она уже. Амплитудно-частотная характеристика низкодобротного фильтра широко "расползается" по обе стороны от центральной частоты (такая характеристика лучше подходит для незначительной коррекции звука в широкой полосе частот), в то время как

амплитудно-частотная характеристика высокодобротного обостряющего фильтра охватывает очень узкую полосу частот, "ювелирно" обрезая спектр (см. **рис. 7.12** для сравнения). Например, если нужно поднять средние частоты в пределах 800 Гц, выберите центральную частоту 800 Гц и Q —1,5.
Параметр Q определяется как отношение центральной частоты к ширине амплитудно-частотной характеристики. Например, центральная частота равна 400 Гц, а частоты отсечки (по уровню –3 дБ) — 500 и 300 Гц. В этом случае добротность Q составляет 400/(500–300)=2.

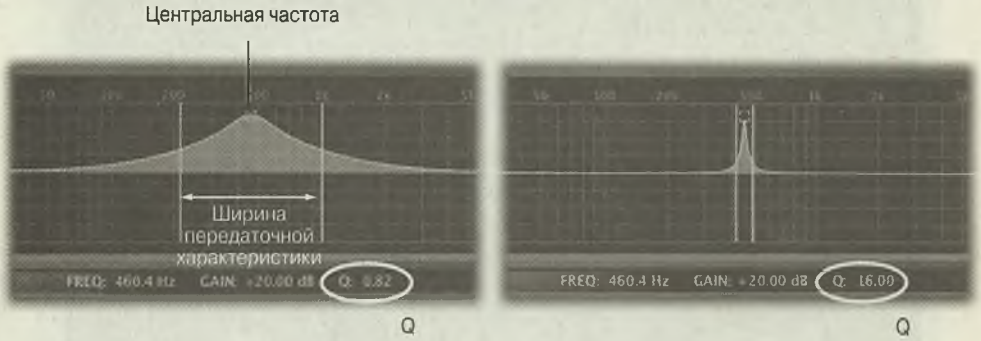


Рис. 7.12. *Чтобы расширить участок, охватываемый колоколообразной амплитудно-частотной характеристикой, уменьшите Q (слева), чтобы сузить — увеличьте Q (справа) (на примере эквалайзера MasterWorks EQ в редакторе MOTU Digital Performer)*

Комбинированные инструменты фильтрации: эквалайзеры

Что представляет собой эквалайзер. Это комбинированный инструмент, объединяющий в своем составе массу разнообразных фильтров и позволяющий в широких пределах корректировать спектр сигнала одновременно на многих участках частотного диапазона.

Как им пользоваться. Выберите необходимое количество полос частот и в каждой из них задайте центральную частоту, коэффициент передачи и Q.

Для чего он используется. Для общей коррекции звука, например настройки тембра звукозаписи, подавления шумов, помех и всяческих нежелательных звуков, оказавшихся в звукозаписи.

У эквалайзеров, предназначенных для использования в рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) или музыкальном ПО аналогичного назначения, в одном подключаемом модуле имеется, как минимум, три фильтра (как правило, их больше). Это справедливо для эквалайзеров с названиями "параметрический эквалайзер", "многополосный эквалайзер", "трехполосный эквалайзер", "графический эквалайзер" и "ди-джеевский эквалайзер" (те кто используют модульные системы типа Reaktor и Max/MSP или фильтры, встроенные в синтезатор, имеют, по-видимому, дело с индивидуальными фильтрами, которые можно, используя механизм маршрутизации модулей, объединять в разнообразные комбинации).

Многополосный параметрический эквалайзер

Часто для коррекции звука требуется не один, а одновременно несколько фильтров, чтобы избавиться от низкочастотного рокота, немного ослабить звук на средних частотах и усилить ритмическую партию барабана. Для этого необходимо сразу несколько фильтров. Теперь пришло время познакомиться с параметрическим эквалайзером (**рис. 7.13**).

Рис. 7.13. *Эквалайзер Masterworks EQ в редакторе MOTU Digital Performer демонстрирует все преимущества программной реализации эквалайзера. Вы можете, манипулируя мышью, в широких пределах изменять центральную частоту и коэффициент передачи в любой полосе частот и прослушивать файл звукозаписи в процессе коррекции. По большей части для коррекции звукозаписи требуется незначительное изменение амплитудно-частотной характеристики эквалайзера в широкой полосе частот*

К категории "параметрический" относится любой эквалайзер, в котором предусмотрены возможности управления такими параметрами, как коэффициент передачи (gain), центральная частота/частота отсечки (center/cutoff frequency) и ширина амплитудно-частотной характеристики (bandwidth) или добротность (Q). Многополосный эквалайзер — комплексный инструмент, с помощью которого вы получаете возможность одновременно корректировать разные участки спектра сигнала. Параметрические эквалайзеры обычно характеризуются числом полос; для обработки музыкальных аудиозаписей 4- или 6-полосного эквалайзера, как правило, более чем достаточно.

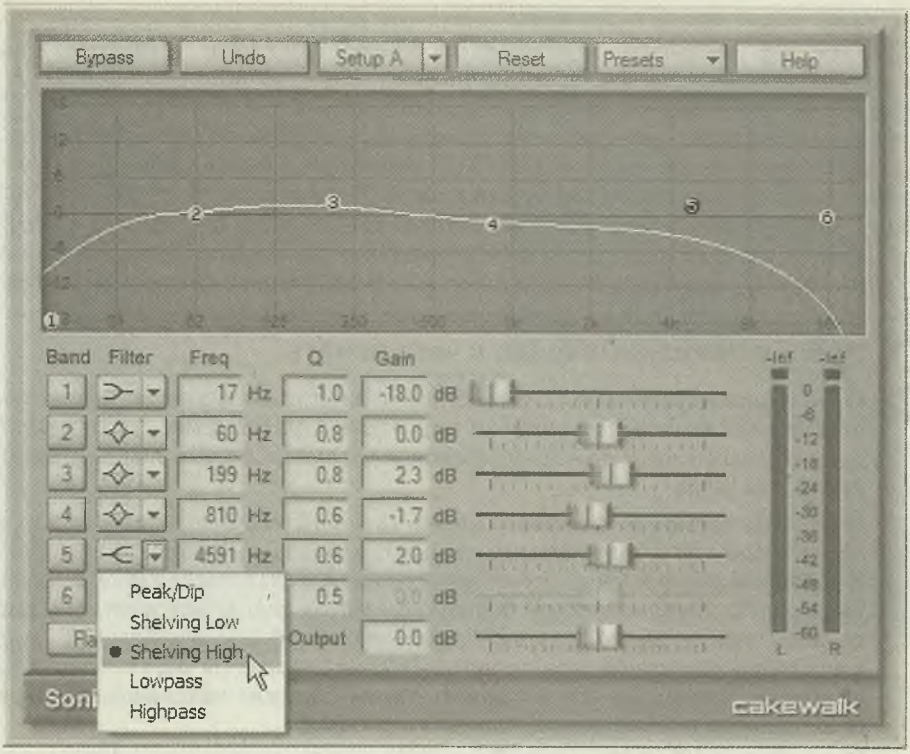


***Рис. 7.14**. Возможность независимого выбора типа фильтра в каждой полосе рабочих частот параметрического эквалайзера позволяет легко формировать необходимую амплитудно-частотную характеристику (на примере эквалайзера Sonitus:equalizer из редактора Cakewalk SONAR Producer Edition)*

Регуляторы эквалайзера чаще всего маркируются следующим образом: "frequency", "gain" и "Q". (Так называемые полупараметрические эквалайзеры отличаются тем, что в них исключена возможность регулирования параметра Q — он имеет фиксированное значение. Параметрические эквалайзеры с регулируемым параметром Q обладают намного более широкими возможностями.) На панели многополосного эквалайзера расположено множество регуляторов, сгруппированных в наборы для каждой полосы регулировки в отдельности. Кроме того, на панели регуляторов полосы может быть предусмотрен выключатель полосы. Отключайте неиспользуемые полосы частот; тем самым вы уменьшите нагрузку на центральный процессор компьютера.

Многополосный параметрический эквалайзер обеспечивает возможность комбинирования всех описанных нами вариантов фильтрации — фильтрацию верхних и нижних частот, сглаживание и обострение спектра. Многие эквалайзеры оснащены нерегулируемым фильтром верхних частот, определяющим фиксированную нижнюю границу рабочих частот эквалайзера, и нерегулируемым фильтром нижних частот, определяющим его фиксированную верхнюю границу. Но имеются и такие эквалайзеры, в которых предусмотрена возможность выбора необходимого режима фильтрации во всех без исключения полосах частот — это может быть фильтр верхних (highpass) или нижних (lowpass) частот, сглаживающий (shelving) или полностью параметрический фильтр (**рис. 7.14**). Формирование нужной амплитудно-частотной характеристики эквалайзера осуществ-

ляется путем объединения амплитудно-частотных характеристик в отдельных полосах частот. О том, к каким типичным результатам приводят те или иные изменения амплитудно-частотной характеристики в разных полосах частот, читайте в разделе "Практика: коррекция спектра сигнала в Ableton Live" данной главы.

Программные параметрические эквалайзеры получили настолько широкое распространение, что часто их называют просто "EQ". Возможно, в вашем редакторе эквалайзер столь же легко доступен, как и канальная панель. В приложениях типа Logic, SONAR и Cubase предусмотрена возможность просмотра изменений, происходящих с сигналом, в окне просмотра канальной панели в ходе коррекции параметров фильтрации. Таким образом, вы можете мгновенно оценить эффективность выбранных настроек эквалайзера.

Работа с эквалайзером: с чего начать

Поэкспериментируйте со стандартными предустановками: в эквалайзерах, включаемых в состав приложений типа Apple Logic Pro (**рис. 7.15**), часто предусмотрены оптимальные предустановки параметров для типичных вариантов обработки звука.

Очищаем запись от фонового шума. Для очистки звукозаписи от фонового шума лучше всего, как правило, подходит узкополосный режекторный фильтр. Оптимальный способ настройки фильтра на частоту помехи таков. Уменьшите параметр Q, грубо настройте фильтр на участок диапазона, в котором сосредоточен спектр помехи, и затем подстраивайте его, постепенно сужая ширину амплитудно-частотной характеристики путем повышения Q до тех пор, пока не сузите ее, насколько это возможно, таким образом максимально сохранив спектральные составляющие полезного сигнала.

Корректируем тембр записанного звука. Эквалайзер позволяет усилить сигнал в одних полосах частот, одновременно ослабив его в других. Например, чтобы придать звучанию выразительность, немного поднимите амплитудно-частотную характеристику в диапазоне частот выше 5–10 кГц, а чтобы сделать звук мрачным, наоборот, опустите ее, одновременно немного подняв в полосе частот ниже 200 Гц, чтобы усилить звучание басов. Вы можете выделить в звуке партию пианино, приподняв амплитудно-частотную характеристику эквалайзера в полосе частот 300–500 Гц, и заставить барабаны звучать громче, сделав то же самое в пределах 2 кГц.

Спецэффекты. Чтобы придать звуку характерное звучание, похожее, например, на звук в телефонной трубке или звук старой пластинки, или звук под водой, используйте предельные установки параметров эквалайзера для радикального изменения аудиосигнала. Например, телефоны искажают спектр звука, пропуская и усиливая практически только средние частоты и вырезая высокие (выше примерно 8 кГц) и низкие (ниже примерно 500 Гц) частоты в спектре звукового сигнала. При распространении звука под водой ослабляются практически все частоты, за исключением инфразвуковых и самых низких звуковых частот.

Подбираем необходимую амплитудно-частотную характеристику. Некоторые специализированные подключаемые модули, предназначенные исключительно для коррекции частотных характеристик, обеспечивают возможность "выборки" образца характеристики имеющейся звукозаписи (и даже музыкального инструмента) для использования их впоследствии в качестве амплитудно-частотных характеристик при фильтрации аудиосигнала.

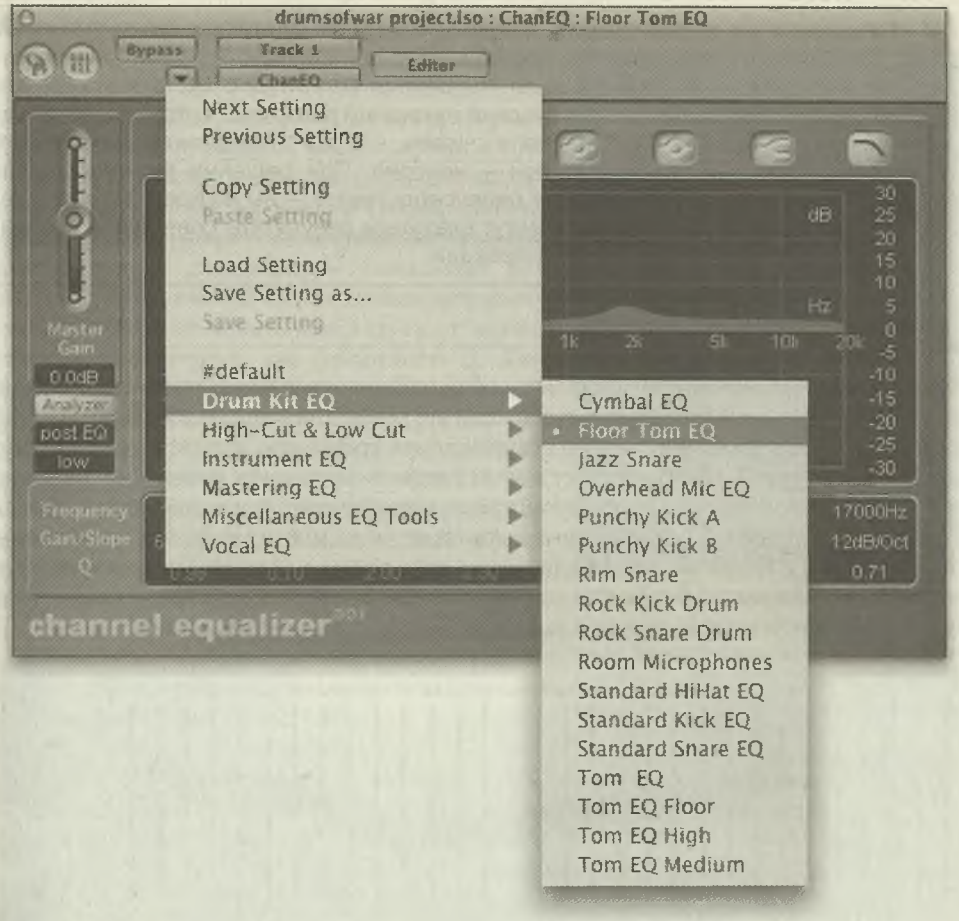


Рис. 7.15. *В подключаемых модулях эквалайзера имеется широкий выбор предустановок, рассчитанных на типичные задачи коррекции в звукозаписи, как в показанном примере подключаемого модуля из состава Logic Pro*

Сводим фонограмму. Используя эквалайзер для коррекции звучания уже сведенной фонограммы, можно выполнить тонкую балансировку тембра, но такого рода операция потенциально опасна. Желательно работать исключительно с отдельными элементами фонограммы, что позволяет осуществлять точно выверенную, "косметическую" коррекцию, а не перекомпенсацию уже готовой фонограммы. Любой специалист в области звукозаписи подтвердит, что при правильном выборе и размещении микрофонов и надлежащей коррекции аудиозаписи сведенная фонограмма будет прекрасно звучать без какой бы то ни было финишной коррекции. По этой причине имеет смысл выполнять индивидуальную коррекцию каждой дорожки, но при этом прослушивать всю смесь дорожек, а не отдельную дорожку: при сольном прослушивании дорожка звучит совершенно не так, как в "хоре" других дорожек. (Более подробно о сведении отдельных элементов в готовую фонограмму читайте в главе 10.)

Главное — не переборщить. Перекомпенсация может оказаться полезной для создания спецэффектов, но пытаться с ее помощью исправить некачественную запись — неудачная идея. Коррекция амплитудно-частотной характеристики — настолько специфический и мощный инструмент, что пользоваться им необходимо очень аккуратно, и считать, что с его помощью можно решить любые проблемы в звукозаписи — неверно. При решении рутинных задач пользуйтесь им продуманно, не переусердствуйте — вы не представляете себе, насколько удивительными могут оказаться результаты совершенно незначительной, на первый взгляд, коррекции.

Графические эквалайзеры

Графический эквалайзер представляет собой набор полосовых фильтров с фиксированной рабочей полосой частот, охватывающий звуковой диапазон. Изменяя коэффициенты передачи этих фильтров, можно сформировать требуемую амплитудно-частотную характеристику (**рис. 7.16**). Поскольку в этом случае возможность изменения добротности Q и центральной частоты не предусмотрена, у графического эквалайзера, по сравнению с параметрическим, более скромные возможности, но многих пользователей именно это и устраивает: с графическим эквалайзером куда проще работать. Программные графические эквалайзеры "копируют" классические профессиональные графические эквалайзеры, в том числе и характерные для них особенности звука ("живой звук").

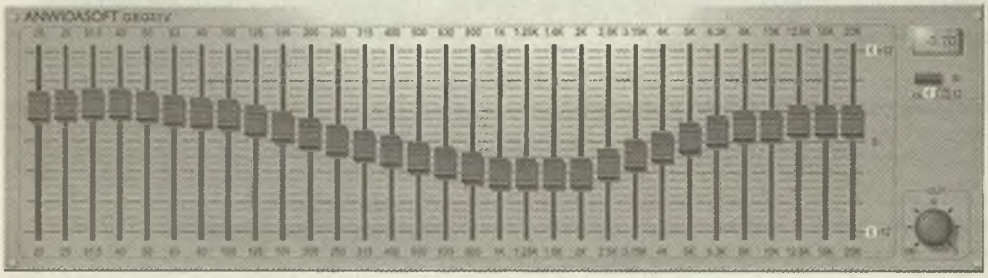


Рис. 7.16. *Подключаемый модуль GEQSIVWindows/MacVST компании* Anwidasoft *(*`www.anwida.com`*) выглядит, работает и звучит так же, как традиционный аппаратный аналоговый графический эквалайзер. Он придает звуку характерный тембр, удачно копируя эту особенность своих аппаратных предшественников*

Что представляет собой графический эквалайзер. Набор фильтров с фиксированными центральными частотами и полосами пропускания, подобранными так, чтобы полностью перекрывать весь звуковой диапазон, позволяет, индивидуально регулируя коэффициенты передачи полосовых фильтров, корректировать спектр аудиосигнала.

Как им пользоваться. Выделите отдельные октавы или сформируйте полную амплитудно-частотную характеристику эквалайзера — единственным регулируемым параметром в данном случае является коэффициент передачи полосового фильтра.

Для чего он используется. В качестве замены традиционного классического аппаратного графического эквалайзера.

Ди-джеевский эквалайзер

Термин "ди-джеевский" закрепился в лексиконе технологии цифровой звукозаписи за упрощенными эквалайзерами, которые стали широко использоваться ди-джеями. Поскольку число регуляторов в этих эквалайзерах сведено к минимуму — это регуляторы уровня (коэффициента передачи) в высокочастотном, среднечастотном и низкочастотном диапазонах, — с помощью ди-джеевского эквалайзера можно самым невероятным образом резко менять тембр звука, не возясь с такими параметрами, как добротность Q. Для такой радикальной фильтрации идеально подходят аудиозаписи барабанного ритма, потому что этот сигнал отличается широким шумоподобным спектром. Присвойте регулятору функцию и поворачивайте регулятор до тех пор, пока рокот барабанов не приобретет металлический тембр. Этот эффект настолько популярен, что встречается повсеместно там, где используются электронные ритмы. В некоторых эквалайзерах такого типа заложена технология коррекции тембра, характерного для использования аналоговой фильтрации аудиосигнала, которая действует даже в том случае, когда регуляторы установлены в нейтральное положение. Примером может служить эквалайзер EQ Three, который входит состав Ableton Live (**рис. 7.17**).

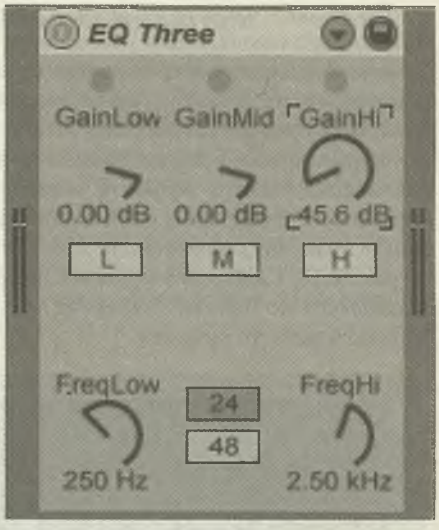


Рис. 7.17. *Хотя в составе Ableton Live имеется традиционный параметрический эквалайзер EQ Four, но ди-джеи, аранжировщики и любители электронной музыки предпочитают ему простой ди-джеевский эквалайзер EQ Three, показанный на этом рисунке*

Что представляет собой ди-джеевский эквалайзер: Упрощенный 2- или 3-полосный сглаживающий эквалайзер для коррекции частотной характеристики в широких полосах частот.

Как им пользоваться. Установите коэффициент передачи на высоких, средних и низких частотах (или в случае 2-полосного эквалайзера на высоких и низких частотах).

Для чего он используется. Для резкого изменения тембра звучания звукозаписи — программный инструмент просто копирует эффект работы аналогичных аппаратных ди-джеевских эквалайзеров.

"Качайте" параметры эквалайзера. Как мы уже рассказывали в главе 5, можно "качать" (sweep) параметры эквалайзера, заставляя его таким образом непрерывно изменять тембр сигнала. Этот же прием можно использовать в любом приложении, оснащенном эквалайзером.

Степ-фильтр и другие музыкальные эффекты

Поскольку частота отсечки и добротность (Q) заметно влияют на тембр звука, их можно использовать для реализации разнообразных музыкальных эффектов, изменяя значения этих параметров во времени. В электронной музыке широко используются параметрические фильтры, заимствованные из аналоговой аппаратуры, например так называемые степ-фильтры (step filter), синхронизируемые ритмическим сигналом. Такие фильтры широко используются в сочинениях электронной и танцевальной музыки. Для реализации такого эффекта можно использовать инструменты автоматизации (mix automation) секвенсера (или воспользоваться инструментом типа clip envelop (отсекающая огибающая) из арсенала Ableton Live) или спецэффект типа того, который показан на **рис. 7.18**. Синхронизировав изменения параметров фильтра по импульсному или качающемуся по частоте (sweeping) сигналу ритма, вы реализуете активную фильтрацию обрабатываемого сигнала.

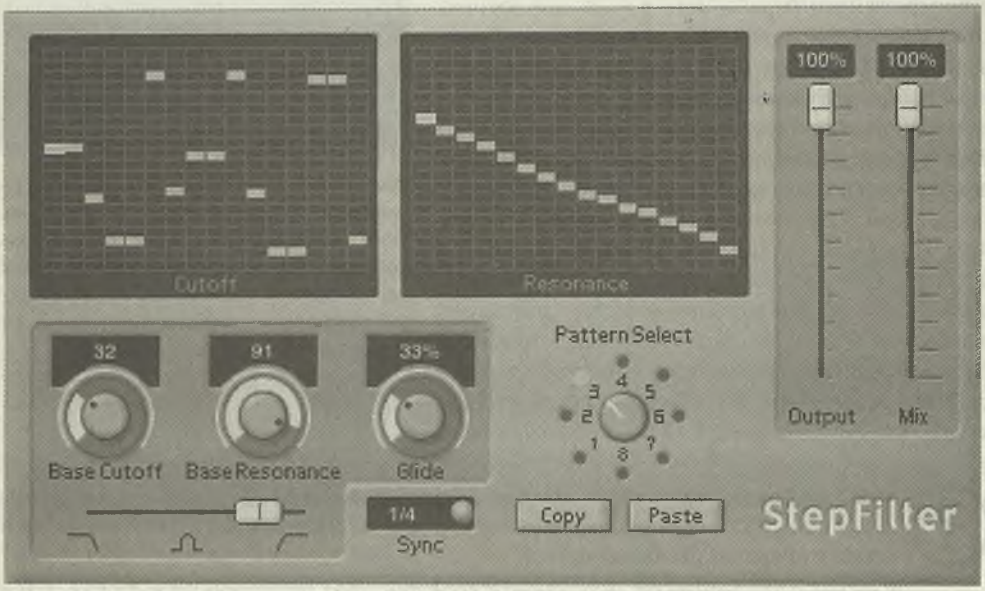


Рис. 7.18. *С помощью StepFilter из Cubase SX можно создавать разнообразные MIDI-образцы для ритмического, в такт с обрабатываемой музыкой, изменения частоты отсечки и добротности. Для усиления ритмического эффекта используйте стилевые MIDI-образцы, создающие резкие переходы, а для плавного "скольжения" тембра — MIDI-образцы, стыкующиеся плавно*

Что представляет собой степ-фильтр. MIDI-секвенсер управляет частотой отсечки и добротностью фильтра, создавая эффект ритмичного изменения тембра аудиосигнала.

Как им пользоваться. Создайте "ступенчатые" MIDI-образцы ритмических сигналов для управления частотой отсечки и добротностью фильтра и используйте их в качестве синхронизирующих, в такт с ритмом обрабатываемой мелодии.

Для чего он используется. Для имитации эффекта аналоговых, так называемых grooving (ритмизирующих) фильтров.

"Раскрашивание" тембра с помощью фильтров

Цифровые фильтры, как правило, копируют внешний вид аналоговых фильтров — привычные регуляторы, фиксированное число полос и сглаженная, имитирующая аналоговую, амплитудно-частотная характеристика. Но программные средства способны реализовать практически любой интерфейс и метод фильтрации, какие только можно выдумать. Приложения типа MetaSynth компании *U&I Software* (только на платформе ОС Mac, **рис. 7.19**) предоставляют художественные средства визуального редактирования спектра. Это не только повышает содержательность процесса редактирования, поскольку визуализация дает возможность наблюдать, какое воздействие оказывает на спектр звука фильтрация, но открывает также новые, ранее недоступные, возможности коррекции аудиосигнала.

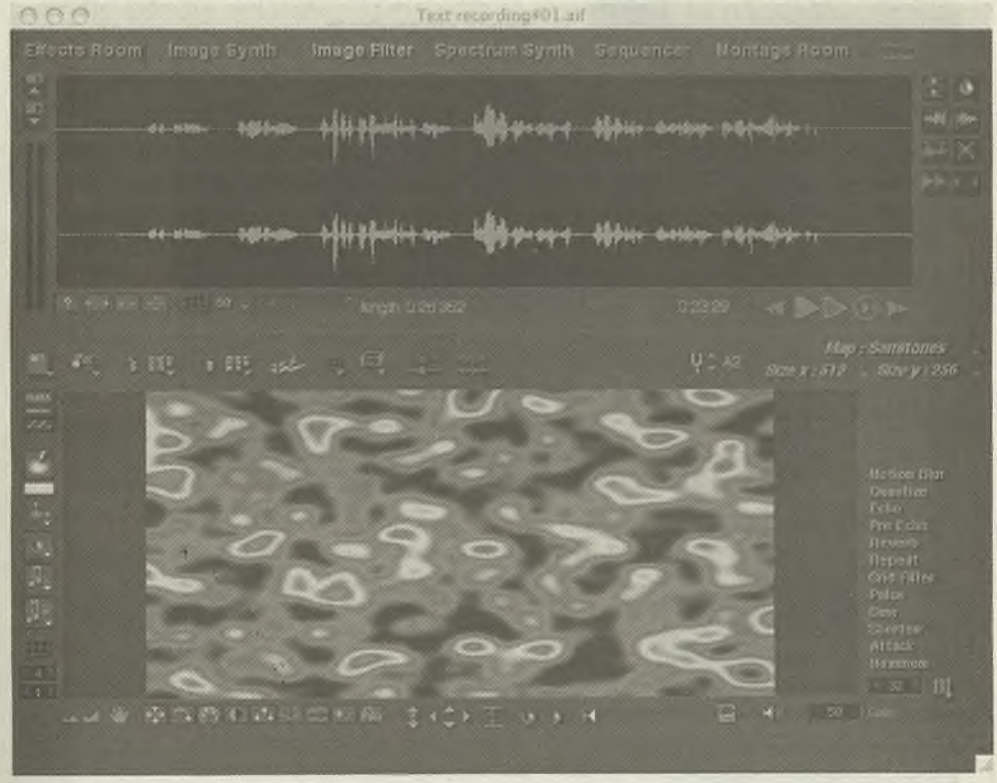


Рис. 7.19. *Средства визуального редактирования в приложении MetaSynth (*`www.uisoft.com`*), аналогичные используемым в графических редакторах, дают возможность манипулировать огибающими и фильтрами и корректировать аудиосигнал так, как это было бы невозможно с помощью традиционных регуляторов*

Практика: коррекция спектра сигнала в Ableton Live

Если звукозапись звучит не так, как надо (скажем, звук какой-то невыразительный, безжизненный, ему не хватает высоких частот, а вот басы — слишком мощные, и от этого звук тусклый), параметрический эквалайзер поможет внести необходимые коррективы. Путем коррекции формы амплитудно-частотной характеристики вы можете усилить одни частоты и подавить другие. Для начала перетащите эквалайзер EQ Four из окна Device Browser на аудио- или инструментальную дорожку, которую вы решили обработать. Появится панель эквалайзера, показанная на **рис. 7.20**.

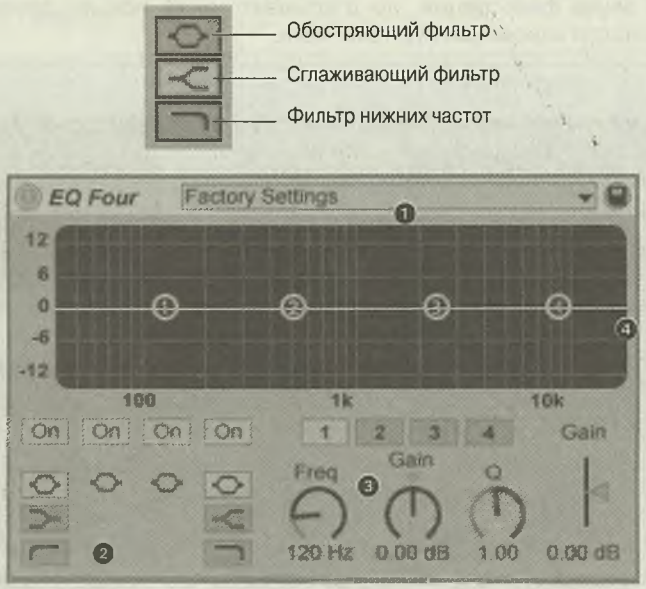
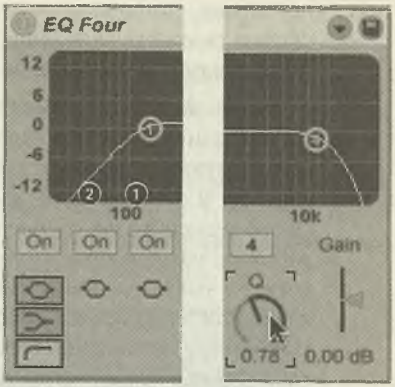


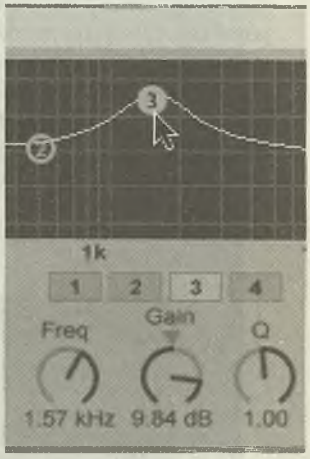
Рис. 7.20. *Эквалайзер EQ Four из Ableton Live представляет собой типичный четырехполосный параметрический эквалайзер, достаточно универсальный для решения основных задач фильтрации. В нем имеются меню предустановок (1); выключатель полос и переключатель выбора типа фильтра (2); регуляторы индивидуальной настройки параметров фильтров в каждой полосе частот (3); окно графического редактора амплитудно-частотной характеристики эквалайзера (4), в котором можно корректировать полную амплитудно-частотную характеристику эквалайзера, с помощью мыши деформируя ее кривую нужным образом в любой из частотных полос*

1. **Создаем фильтр верхних частот.** Выберите полосу 1 (крайняя слева), так как это самая низкочастотная полоса, и задайте для нее частотную характеристику фильтра верхних частот, щелкнув мышью на пиктограмме фильтра верхних частот (2). Теперь эквалайзер будет обрезать низкие частоты (рокот).

2. **Создаем фильтр нижних частот.** Выберите полосу 4 и задайте для нее частотную характеристику фильтра нижних частот (пиктограмма фильтра нижних частот представляет собой зеркальное отражение пиктограммы фильтра верхних частот). Вы заметите, что при этом высокие частоты подавляются, но одновременно усиливается сигнал на частоте отсечки, поэтому измените настройку Q (крайний справа регулятор), установив значение 0,74, более характерное для фильтра нижних частот. Теперь эквалайзер будет обрезать высокие частоты. (Если вы не отключили фильтр верхних частот в полосе 1, то в результате получите полосовой фильтр.)



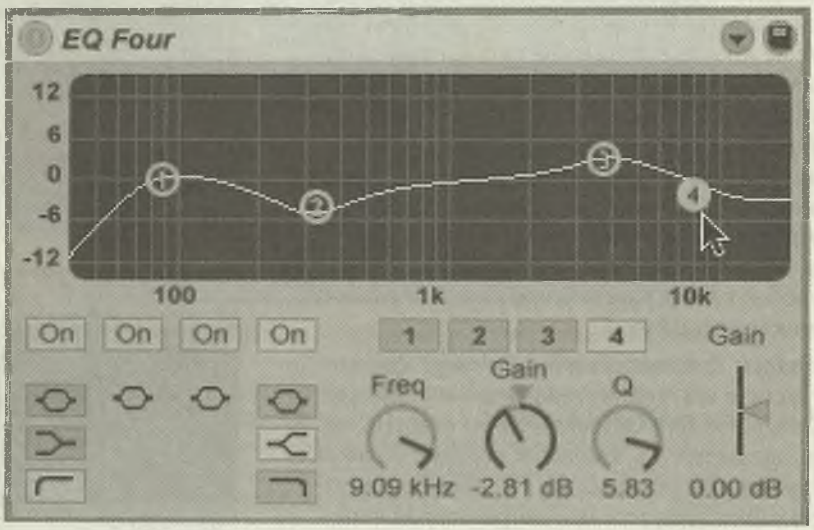
3. **Создаем обостряющий (peaking) фильтр.** Для полос 2 и 3 зафиксирована частотная характеристика обостряющего фильтра. Чтобы настроить ее, щелкните мышью на кнопке номера полосы и с помощью регуляторов установите необходимые значения центральной частоты и коэффициента передачи, но лучше просто перетащите мышью номер полосы на экране графического редактора (это куда удобней и увлекательней!). Наконец, с помощью регулятора Q установите значение 12 — вы получите очень узкополосный фильтра; затем, уменьшая добротность, расширяйте рабочую полосу фильтра. Теперь вы можете выделить или ослабить сигнал в любой полосе частот в пределах выбранной полосы эквалайзера.



4. **Создаем сглаживающий (shelving) фильтр.** Очистите настройки, выбрав в меню предустановок Factory Defaults (чтобы открыть меню, щелкните на кнопке в верхнем правом углу панели эквалайзера EQ Four, на которой нарисована стрелка, направленная вниз). Выберите полосу 4 задайте для нее частотную характеристику сглаживающего фильтра (1). Установите коэффициент передачи в пределах от –7 до –8 дБ, частоту — ниже 3 кГц и Q — 4. (Это не какие-то оптимальные настройки; просто они позволяют четче увидеть характерные особенности частотной характеристики сглаживающего фильтра.) Попрактикуйтесь, перетаскивая мышью метку номера полосы (кружок с номером “4”)

по экрану графического редактора, чтобы лучше почувствовать, как изменение формы ската сглаживающего фильтра влияет на звук. Чтобы усилить сигнал, установите положительное значение коэффициента передачи.

5. **А теперь делаем все вместе.** Теперь, на практике познакомившись с основными вариантами частотных характеристик фильтров, вы уже можете формировать необходимую вам кривую амплитудно-частотной характеристики эквалайзера. Поскольку в Ableton Live несложно реализовать режим циклического повторения (loop) аудиообразца, лучше всего задать такой режим воспроизведения, поставить на дорожку эквалайзер и корректировать звук до тех пор, пока вы не услышите то, что хотите (чтобы сравнить исходный звук с обработанным, щелкните на кнопке выключения эквалайзера — она находится в верхнем левом углу панели эквалайзера). Например, сформируем в полосе один скат с высокой крутизной, чтобы обрезать рокот, в полосе 2 зададим среднее значение Q и небольшой отрицательный коэффициент передачи, чтобы немного ослабить средние частоты, в полосе 3 уменьшим добротность Q и зададим небольшое положительное значение коэффициента передачи, чтобы оживить звук, немного усилив средние частоты на верхнем участке, а в полосе 4 сформируем скат сглаживающего фильтра с достаточно высокой частотой отсечки, чтобы сгладить высокочастотную часть спектра и устранить металлический звон в звуке. График, приведенный на **рис. 7.21**, поясняет, как те или иные изменения кривой амплитудно-частотной характеристики влияют на параметры звука.

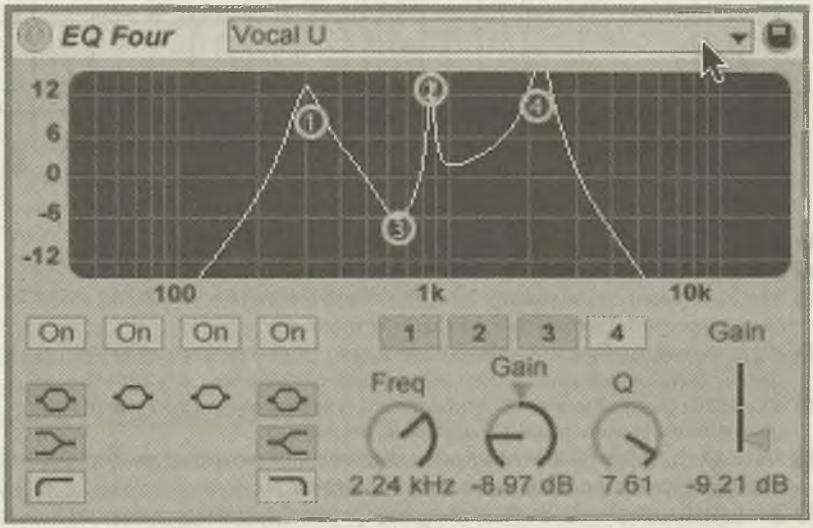


6. **Осваиваем стандартные предустановки.** Как и при освоении любого эффекта в любой из программ, лучше всего начать с проверки стандартных предустановок. В эквалайзере EQ Four начните со следующих стандартных предустановок.

   - **Phat Low.** Вызывает подъем басов.
   - **Curved.** Усиливает выразительность звука; попробуйте использовать эту предустановку для начала на партии гитары или барабана.

- **Notch 4.** Во всех четырех полосах задается частотная характеристика узкополосного режекторного (notch) фильтра (напомним, режекторный фильтр — это всего лишь обостряющий фильтр, но с высоким значением Q); с их помощью вы можете вырезать или выделить узкие участки спектра, если понадобятся такие крайние меры.

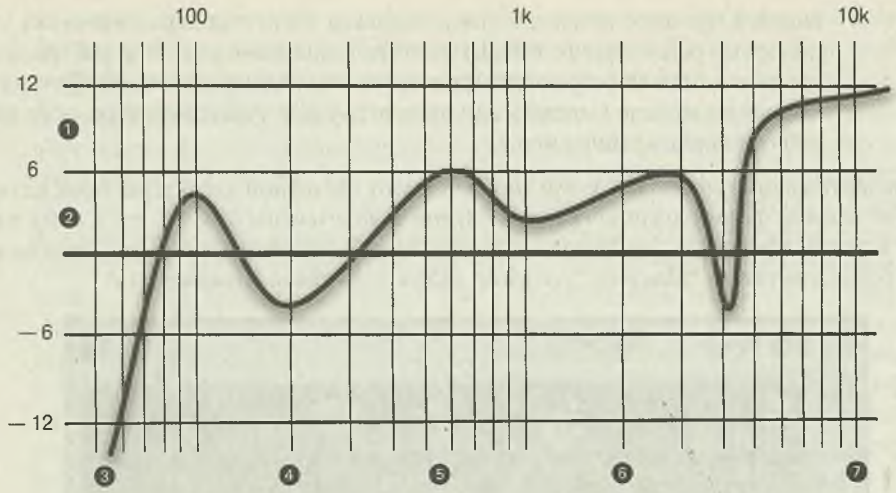
Стандартные предустановки Vocal соответствуют частотной характеристике, которая копирует эффект формирования гласных звуков человеческим ртом. У того, кому вдруг придет в голову проверить, как зазвучал бы ваш излюбленный аудиообразец барабанного ритма, если попытаться "наиграть" его ртом, теперь есть такая возможность!



В других программах. Большинство параметрических эквалайзеров, как вы сможете убедиться, поработав с ними, в работе похожи на EQ Four из Ableton Live. Во многих из них для обозначения вариантов частотной характеристики (параметрическая, сглаживающая или обостряющая) также используются пиктограммы.

Процессоры динамических характеристик

Процессоры динамических характеристик изменяют амплитудный диапазон звука, начиная от снижения уровня шумов, которые хотелось бы убрать из звука, и от сжатия динамического диапазона, чтобы тихие звуки звучали громче, и заканчивая "привязкой" громкости звука к определенным заданным уровням. Можно, конечно, не отрывая руки от регулятора уровня, непрерывно корректировать громкость звука вручную, но процессоры динамических характеристик способны автоматически, а главное — намного эффективнее, делать это, а также многое другое, что вручную сделать невозможно.



1. 16–12 дБ: радикальная коррекция.
2. 0–6 дБ: типичная коррекция.
3. 50–100 Гц (басы). Чтобы усилить басы, поднимите кривую на этом участке; чтобы сделать звук более прозрачным, наоборот, опустите ее.
4. 200 Гц (нижняя граница музыкального диапазона). Чтобы сделать звук более сочным, поднимите кривую; чтобы сделать более разборчивым, опустите ее.
5. 400–880 Гц (речевой диапазон). Чтобы повысить разборчивость, поднимите кривую; чтобы усилить эффект присутствия, опустите ее.
6. 1,5 кГц–7 кГц: (обертоны). Чтобы усилить убедительность и эффект присутствия, поднимите кривую, если звук писклявый, опустите ее.
7. Выше 10 кГц (обертоны). Чтобы усилить ясность звука, поднимите кривую; чтобы убрать шипение, опустите ее.

Рис. 7.21. *Чтобы сформировать нужную кривую амплитудно-частотной характеристики эквалайзера, необходимо научиться распознавать на слух, к каким участкам диапазона звуковых частот "привязаны" те или иные особенности тембра звука. Этот рисунок поможет понять в общих чертах, насколько и на каких участках частот необходимо усилить или, наоборот, ослабить составляющие спектра звука. Для разных инструментов эти рецепты, конечно, различны, но стоит только попрактиковаться, и ваш слух превратится в ваш лучший инструмент*

Компрессор

Компрессоры сжимают динамический диапазон звукозаписи, уменьшая амплитуду сигнала, когда она превышает определенный заданный порог. Это может показаться неправдоподобным, но сжатие динамического диапазона используется для того, чтобы дорожка звукозаписи зазвучала громче. Сузив динамический диапазон звука, вы можете без опасений поднять уровень всей дорожки — и те звуки, которые раньше были едва слышны, станут звучать заметно громче. Режим работы компрессора регулируется множеством параметров.

Что делает компрессор. Сужает динамический диапазон звука, уменьшая амплитуду громких звуков.

Как им пользоваться. Задайте порог, при превышении которого сигнал будет ослабляться, степень ослабления сигнала и временные параметры: attack time (время срабатывания по нарастанию сигнала) и release time (время отпускания по спаду сигнала). Затем задайте коэффициент передачи на выходе, чтобы увеличить громкость всего звука.

Для чего он используется. Предоставляет возможность "сгладить" звук, поэтому с его помощью вы можете "сжать" динамический диапазон звука и, подняв коэффициент передачи на выходе, сделать звук громче. Компрессия часто применяется для коррекции звукозаписи партий барабанов, гитары и вокала.

Миллисекунда (ms). Единица измерения коротких интервалов времени. В аудиоприложениях время, как правило, указывается в миллисекундах (ms (мс)). Одна миллисекунда составляет одну тысячную секунды, т.е. в одной секунде умещается тысяча миллисекунд. Время срабатывания (attack time), время отпускания (release time) и время задержки сигнала в эффектах задержки указывается, как правило, в миллисекундах.

- **Threshold (порог) (dB (дБ)).** Порог — амплитудный уровень, при превышении которого компрессор понижает уровень сигнала: как только сигнал переходит через этот уровень, компрессор вступает в дело.
- **Ratio (input:output) (коэффициент компрессии).** Коэффициент компрессии указывает, в какой пропорции будет понижен выходной сигнал при превышении входным сигналом порогового уровня; коэффициент компрессии равен отношению коэффициента передачи на выходе к коэффициенту передачи на входе. Если этот коэффициент составляет 3:1, то превышение входным сигналом порога на 3 дБ будет уменьшено в выходном сигнале до 1 дБ. В ряде компрессоров предусмотрена опция knee (излом), которая дает возможность скруглить излом передаточной характеристики в точке порогового уровня; понятно, откуда пошло название "knee" ("колено"): скругленный излом действительно напоминает колено (**рис. 7.22**).
- **Attack/release (ms) (время срабатывания/возврата, мс).** Компрессор действует, как автоматический регулятор громкости, снижая уровень сигнала, как только он превысит заданный порог. Параметры attack и release задают инерционность работы компрессора. Параметр attack определяет время, в течение которого компрессор переходит в режим компрессии сигнала, а параметр release (иногда используется термин "decay") — время, в течение которого компрессор возвращается в режим повторителя, после чего сигнал со входа на выход передается без компрессии. Представьте себе, что вы работаете с микшером: как только индикатор показывает, что сигнал превысил определенный уровень (порог), вы регулятором уровня уменьшаете уровень сигнала, делая это медленно или быстро (attack); когда сигнал опускается ниже порогового уровня, вы восстанавливаете его уровень тем же регулятором (release). Как правило, желательно выбрать оптимальные значения этих параметров, чтобы срабатывание и возврат компрессора происходили ни слишком быстро (иначе возникнут различимые на слух пульсации звука, хотя

такой эффект успешно используется в качестве спецэффекта, о чем читайте ниже), ни слишком медленно (иначе звук потеряет естественность).

- **Output gain (dB) (коэффициент передачи на выходе, дБ).** Коэффициент передачи на выходе (проще говоря, "make-up gain" — "коэффициент усиления") определяет, насколько повысить громкость звука после его обработки компрессором. Компрессия сглаживает выбросы амплитуды звукозаписи, уменьшая коэффициент передачи сигнала при превышении им порогового уровня. Затем можно, усилив сигнал, восстановить его средний уровень, и при этом тихие звуки также будут усилены.

1. Пороговый уровень
2. Настройки attack (время срабатывания) и release (время возврата)
3. Кривая показывает отношение коэффициента передачи на выходе (ось y) к коэффициенту передачи на входе (ось x)
4. Коэффициент передачи по выходу
5. Настройка Ratio задает наклон передаточной характеристики на участке компрессии сигнала
6. Настройка Knee задает параметры сглаживания излома передаточной характеристики на частоте отсечки

Рис. 7.22. *На панели компрессора, входящего в состав Apple Logic Pro, предусмотрено окно вывода кривой коэффициента передачи сигнала со входа на выход. Коэффициент передачи на входе отсчитывается по шкале x, на выходе — по шкале y*

Лучший способ освоить компрессию звука, как и любой другой метод обработки, — попрактиковаться с компрессором. Незначительная компрессия, плавно сглаживающая сигнал, сужает широкий динамический диапазон и делает звук более насыщенным и ровным, а чрезмерная — лишает его достоверности и естественности. Использование компрессии при любом удобном случае — это далеко не лучшая идея. Широкий динамический диапазон — это одна из тех особенностей, благодаря которой мы испытываем восторг, слушая музыку.

Компрессию можно использовать как для обработки дорожек, так и в процессе сведения фонограммы (о сведении с компрессией читайте в главе 10).

Ограничитель

Что делает ограничитель. Ограничивает амплитуду сигнала на заданном уровне.

Как им пользоваться. Задайте пороговый уровень амплитуды (threshold amplitude) и время возврата (release time) (в отличие от компрессора, в этом случае коэффициент передачи на выходе не задается).

Для чего он используется. Для предотвращения перегрузки системы путем ограничения максимальной амплитуды выходного сигнала на заданном уровне, особенно при широковещании. Сверхвысокую компрессию используют также для реализации творческих замыслов. Если вам нужен компрессор, "сплющивающий" звук, то ограничитель подойдет как нельзя лучше.

Процессор динамических характеристик, ограничивающий амплитуду сигнала на заданном пороговом уровне, называется ограничителем (limiter) (**рис. 7.23**). Ограничитель — это, по существу, тот же компрессор, только с большим коэффициентом компрессии (input:output ratio), ограничивающий амплитуду сигнала на заданном пороговом уровне (ровный скат). Поскольку ограничитель по своему назначению отличается от компрессора, в нем используется несколько иной набор настроек.

- **Threshold (порог).** Максимальная амплитуда, которую сигнал не может превзойти.
- **Release (возврат).** Функция, аналогичная такой же функции в компрессоре, но в ограничителе для уменьшения эффекта пульсаций звука значение этого параметра, в противоположность компрессору, должно быть как можно меньшим.
- **Look-ahead (просмотр с упреждением).** Механизм look-ahead используется для прогнозирования амплитуды аудиосигнала; короткие фрагменты аудиосигнала записываются в буферную память и анализируются; на основе этого анализа корректируется текущий режим ограничения, что повышает точность выполнения операции.
- **Input/output gain (коэффициент передачи на входе/выходе).** Как и в компрессоре, в ограничителях часто предусмотрены такие установочные параметры, как коэффициент передачи на входе и коэффициент передачи на выходе.

Заставьте звук пульсировать. Обычно необходимости в изменении стандартных настроек времени срабатывания (attack) и возврата (release) не возникает, поскольку переходы из одного режима в другой должны происходить плавно. Но при очень низких (меньше 10 мс) значениях этих параметров возникает пульсация — ритмический эффект, который проявляется в звуке барабанов.

Ограничители являются неотъемлемой частью аналого-цифровых преобразователей в аппаратуре (например цифровых магнитофонов и компьютерных аудиоинтерфейсов). Ограничители в схеме аналого-цифрового преобразователя ограничивают амплитуду входного сигнала на безопасном уровне, защищая цифровые цепи. Аппаратные ограничители вносят цифровые искажения в сигнал, если его амплитуда превосходит максимально допустимый пороговый уровень; в аудиоаппаратуре используются также специальные ограничители (так называемые soft-limiters) с целью обогащения спектра звука дополнительными гармониками для придания ему приятного тембра (см. раздел "Процессоры искажений".)

Рис. 7.23. *Ограничитель BF76 Peak Limiter компании* Bomb.Factory, *оформленный в стиле аппаратного ограничителя и поставляемый в комплекте Digidesign Pro Tools, оснащен имитатором аналогового индикатора — сигнал попадает в красную зону, когда его амплитуда превышает заданный порог; в этом случае ограничитель изменяет коэффициент передач сигнала. Ограничитель BF76 имитирует "пиковый ограничитель" Universal Audio 1176, пришедший, в свою очередь, на смену ламповым ограничителям,таким как, Universal Audio 175 и 176*

Экспандер

Экспандер (expander) — это расширитель динамического диапазона, т.е., в общем, полная противоположность компрессору (как можно догадаться из его названия). Но существуют два варианта расширения динамического диапазона: вниз (downward) и вверх (upward).

Экспандер, расширяющий динамический диапазон вниз (downward expander), уменьшает коэффициент передачи, когда входной сигнал опускается ниже заданного порогового уровня, создавая за счет этого эффект расширения динамического диапазона. Компрессор уменьшает разницу в громкости между громкими и тихими звуками, снижая уровень громких звуков, а этот вариант экспандера делает тихие звуки еще тише. Установочные параметры те же, что и в компрессоре, только коэффициент компрессии в этом случае обратный тому, который устанавливается в компрессоре.

Экспандер, расширяющий динамический диапазон вниз (upward expander), делает это, наоборот, повышая уровень сигнала, пресекающего заданный пороговый уровень (компрессор снижает уровень сигнала в этом случае), как показано на **рис. 7.24**.

Проще всего разобраться в различиях между компрессорами/ограничителями и экспандерами, усвоив, как они изменяют динамический диапазон сигнала, как показано на **рис. 7.25**. Экспандеры применяются для повышения "четкости" и "резкости" звука с резкими переходами, барабанного боя, усиливая громкие и ослабляя тихие звуки.

Что делает экспандер. Расширяет динамический диапазон звука, уменьшая громкость тихих звуков, опускающихся ниже определенного порогового уровня, или, наоборот, повышая громкость звуков, поднимающихся выше определенного порогового уровня (т.е. выполняя обработку, противоположную той, которую делает компрессор).

Как им пользоваться. Задайте настройки threshold (порог), ratio (коэффициент компрессии), attack (время срабатывания), release (время возврата) и output gain (коэффициент передачи на выходе). Параметры — те же, что и в компрессоре, но эффект будет противоположным.

Для чего он используется. Используется в художественной обработке звука для усиления контраста между громкими и тихими звуками в партиях барабанов и вокала, а также для снижения фонового шума при записи вне студии.

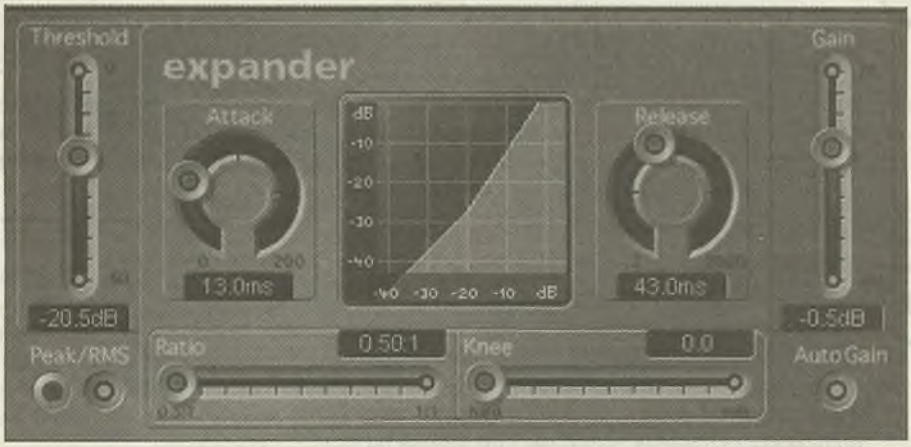


Рис. 7.24. *Экспандер, входящий в состав Logic Pro, — это так называемый upward expander, т.е. экспандер, расширяющий динамический диапазон вниз. Установленное значение параметра Ratio (коэффициент компрессии) показывает, что он выполняет операцию, противоположную той, которую выполняет компрессор*

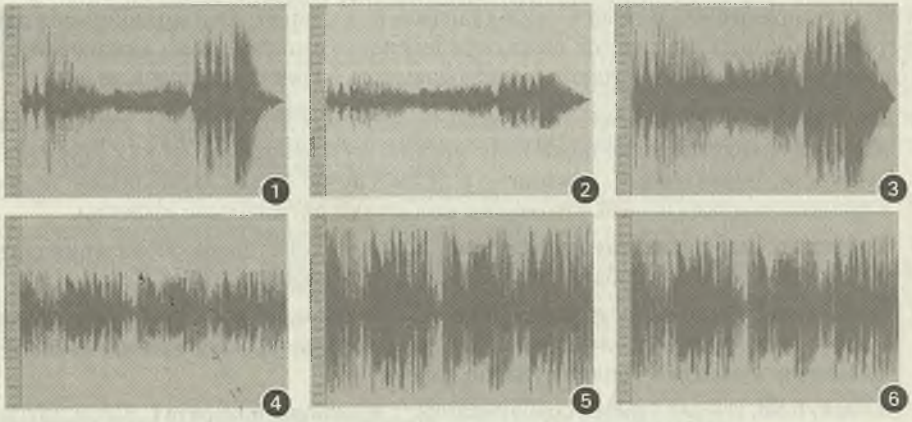


Рис. 7.25. *Вверху: сигнал на входе компрессора имеет большой динамический диапазон (1), компрессор снижает коэффициент передачи громких звуков, сужая динамический диапазон сигнала (2), и затем усиливает сигнал до исходного уровня (3). В результате создается впечатление, что все звуки звучат громче. Внизу: сигнал на входе экспандера, расширяющего динамический диапазон вверх (upward), имеет узкий динамический диапазон (4); экспандер повышает коэффициент передачи громких звуков (5), затем ослабляет сигнал до исходного уровня (6), в результате тихие звуки ослабляются и динамический диапазон становится шире. (Экспандер, расширяющий динамический диапазон вниз (downward), оказывает, по сути, такой же эффект, но вместо того, чтобы усиливать громкие звуки, наоборот, ослабляет тихие звуки)).*

Пороговый шумоподавитель

Что делает пороговый шумоподавитель (noise gate). Ослабляет сигнал, опускающийся ниже (или, что используется значительно реже, выше) заданного порогового уровня, причем срабатывает не плавно, а моментально.

Как им пользоваться. Задайте порог и коэффициент ослабления сигнала или, если предпочитаете, полное подавление сигнала.

Для чего он используется. Для подавления помех в промежутках между громкими звуками (например, звука покашливания в перерыве между словами). Пороговый шумоподавитель используют также в музыкальном творчестве для создания ритмических динамических эффектов.

Пороговая обработка партии ударных инструментов. Добавив пороговый шумоподавитель с высоким порогом на дорожку партии ударных инструментов, вы сделаете их звук более четким и ритмичным. Короткая атака, после которой следуют довольно продолжительные интервалы стабильного уровня и затухания, позволяют изолировать фазу атаки звука ударных инструментов и частично "обрезать" фазу затухания. При крайних значения настроек могут возникать странные ритмические эффекты.

В то время как ограничитель, экспандер и компрессор корректируют амплитуду сигнала плавно, пороговый шумоподавитель резко ослабляет звук, практически полностью подавляя сигнал, опускающийся ниже порогового уровня (**рис. 7.26**). Аналогично экспандеру, расширяющему динамический диапазон вниз, пороговый шумоподавитель подавляет звук, который опускается ниже определенного амплитудного. Основными установочными параметрами порогового шумоподавителя являются следующие.

- **Threshold (порог).** Обычно пороговый шумоподавитель вырезает участок сигнала, который находится ниже порогового уровня, но в некоторых из них заложена возможность "зеркального" режима — в этом случае будут ослабляться не тихие, а громкие участки сигнала, что создает необычные ритмические эффекты.
- **Reduction (коэффициент подавления).** Определяет степень ослабления сигнала, попадающего в зону срабатывания порогового шумоподавителя.
- **Look-ahead (просмотр с упреждением).** Механизм look-ahead, используемый в пороговых шумоподавителях, как и в ограничителях, обеспечивает плавное срабатывание при пересечении сигналов порога.
- **Attack/hold/release (время срабатывания/удержания/возврата).** Как и другие типы процессоров динамических характеристик, пороговый шумоподавитель имеет такие настройки, как время срабатывания и возврата, но, помимо них, есть еще один, дополнительный, параметр — время удержания (hold time). Время удержания — это время, в течение которого пороговый шумоподавитель после срабатывания остается открытым (или, в реверсном режиме, время, в течение которого он остается закрытым).
- **External input (дополнительный выход (опция)).** В пороговом шумоподавителе может быть предусмотрена внешняя синхронизация срабатывания. Это может быть вход ручного управления (т.е. синхронизация после щелчка мышью на кнопке), MIDI-вход или использование механизма side-chaining (через боковую цепь) для

синхронизации по аудиосигналу из другого канала, что расширяет возможности создания ритмов в музыкальном творчестве.

- **Frequency range (диапазон частот).** Иногда пороговый подавитель объединяют с фильтром, превращая его в частотно-избирательный процессор.

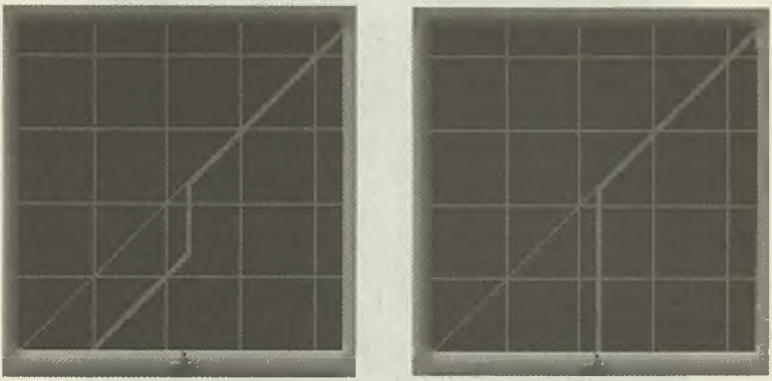


Рис. 7.26. *Пороговый шумоподавитель ослабляет (слева) или полностью подавляет (справа) участок сигнала, опускающийся ниже порогового уровня (на примере процессора MasterWorks Gate из MOTU Digital Performer)*

В пороговом режиме может работать любой процессор. Пороговый режим не является исключительной особенностью процессоров динамических характеристик. В этом режиме может работать любой процессор, имеющий вход управления. Примером может служить причудливый процессор Spectral Gate из приложения Logic Pro, который дает возможность работать с отдельными стробируемыми частотными компонентами, реализуя самые фантастические варианты фильтрации звука.

Наиболее распространенным вариантом порогового процессора является пороговый шумоподавитель: задайте пороговый уровень, ниже которого звук должен быть подавлен, и эти участки звука будут очищены от помех. Для создания ритмических эффектов повысьте пороговый уровень, например, для выделения переходных участков дорожки звукозаписи партии ударных инструментов.

Универсальные процессоры динамических характеристик

Как вы могли заметить, компрессоры, ограничители, экспандеры и пороговые процессоры по своим функциональным возможностям очень близки. Многие аппаратные и программные процессоры динамических характеристик в той или иной мере объединяют в себе эти функциональные возможности, являясь, по сути, универсальными процессорами динамических характеристик (пример такого процессора показан на **рис. 7.27**). Такая функциональная интеграция облегчает пользователю работу, обеспечивая единый интерфейс для множества эффектов и возможность использования

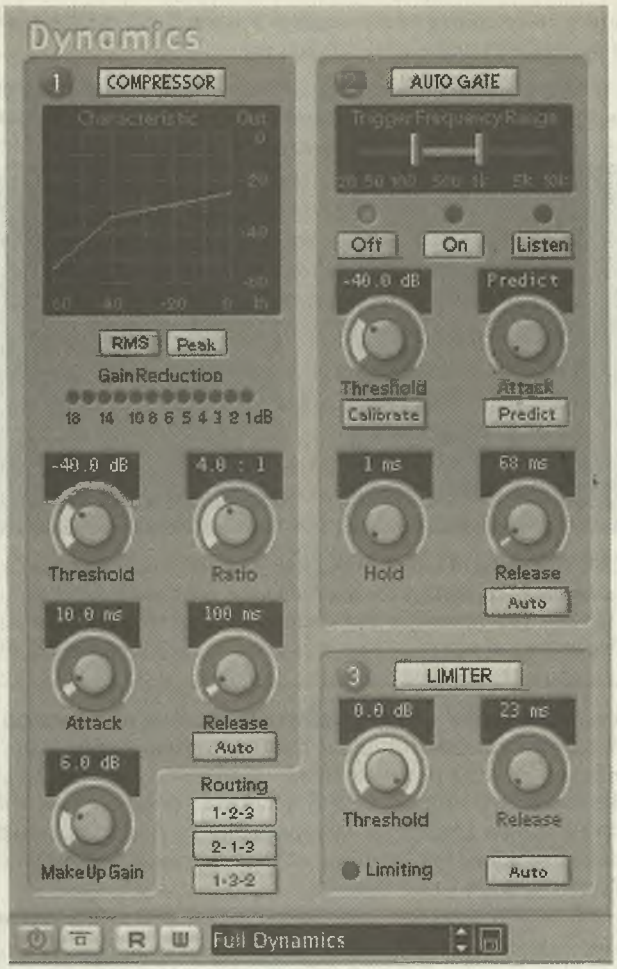


Рис. 7.27. *Подключаемый модуль Dynamics из приложения Cubase SX объединяет в себе компрессор/экспандер, пороговый подавитель и ограничитель, избавляя от необходимости использования для реализации каждой из этих функций отдельных подключаемых модулей*

нескольких процессоров в тандеме. Чтобы вам было легче запомнить, для чего предназначен тот или иной процессор, в **табл. 7.1** представлены для сравнения описания их функций.

Процессоры динамических характеристик объединяют (**табл. 7.2**) с частотно-избирательными фильтрами, превращая в гибридные процессоры, например многополосные компрессоры, в которых имеется возможность установки разных настроек в разных полосах частот (**рис. 7.28**). Например, так называемый de-esser — специализированный процессор, предназначенный для удаления из звукозаписи высокочастотных звуков "эсс", характерных для вокальных партий и ряда инструментов, "сердцевиной" которого является частотно-избирательный компрессор (с частотной характеристикой полосового фильтра или фильтра верхних частот).

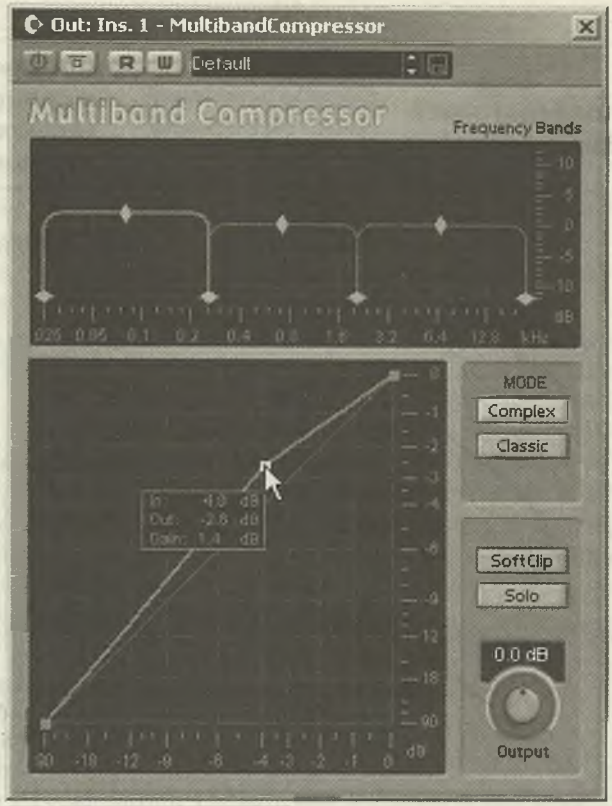


Рис. 7.28. *Многополосные компрессоры, например включенный в состав приложения Cubase SX, позволяют устанавливать разные настройки для разных полос частот, что расширяет возможности коррекции динамического диапазона сигнала*

Таблица 7.1. Процессоры динамических характеристик в сравнении

Тип	Вид передаточной характеристики	Обрабатываемый участок сигнала	Изменение амплитуды; вид передаточной характеристики на активном участке
Компрессор		Выше порога	Уменьшение; наклонная
Ограничитель		Выше порога	Уменьшение; горизонтальная

Окончание табл. 7.1

Тип	Вид передаточной характеристики	Обрабатываемый участок сигнала	Изменение амплитуды; вид передаточной характеристики на активном участке
Экспандер (вверх)		Выше порога	Увеличение; наклонная
Экспандер (вниз)		Ниже порога	Уменьшение; наклонная
Пороговый шумоподавитель		Ниже порога (иногда переключаемый)	Уменьшение или полное подавление; горизонтальная

Другие варианты изменения субъективно воспринимаемой громкости звука. Используя процессоры динамических характеристик для коррекции пропорции аудиосигналов при сведении дорожек в фонограмму, не забывайте о том, что амплитуда — это не единственный параметр, влияющий на субъективное восприятие фонограммы. Дорожки аудиосигналов с близкими полосами частот будут "забивать" друг друга, поэтому имеет смысл "раздвинуть" их, аккуратно скорректировав спектры аудиосигналов с помощью эквалайзера. Но начать надо с самого простого: убедиться в том, что регулятор панорамы для всех дорожек стоит не в одинаковом положении — по центру. Раздвигая звуки дорожек звукозаписи в пространстве вправо-влево (или используя эффект объемного звучания), вы облегчите различение на слух музыкальных партий в сведенной фонограмме.

Таблица 7.2. Назначение процессоров динамических характеристик

Назначение	Способ достижения цели
Сделать звук более разборчивым, более громким	С помощью компрессора или ограничителя сузьте динамический диапазон аудиосигнала и затем восстановите уровень его громкости
Устранить чрезмерные выбросы сигнала	С помощью ограничителя ограничьте максимальный уровень сигнала
Придать звучанию барабанов или басов ритмическую пульсацию	Используйте компрессор с коротким временем срабатывания
Подавить шумы и помехи на тихих участках звукозаписи	С помощью порогового шумоподавителя или экспандера, расширяющего динамический диапазон вниз, подавите тихие шумы (или используйте специальное ПО шумоподавления, о нем читайте ниже, в разделе "Подавление помех/восстановление качества звука")
Расширить динамический диапазон дорожки звукозаписи с резкими подъемами уровня сигнала, сделать эти участки более заметными на слух	С помощью экспандера или порогового подавителя сигнала выделите в звукозаписи участки резкого нарастания звука

Формирователь огибающей

Копир огибающей (envelope follower) — это процессор, преобразующий изменения громкости входного сигнала в выходной управляющий сигнал, который используется в другом процессе того же самого эффекта или в другом устройстве или подключаемом модуле. Иными словами, формирователь огибающей сигнала обеспечивает способ управления эффектом, "отслеживая" амплитудный профиль входного сигнала. Копиры огибающей являются сердцевиной множества подключаемых модулей и также могут быть использованы для управления параметрами подключаемых модулей, например, фильтров. Можно, например, использовать выходной сигнал копира огибающей для модуляции частоты отсечки фильтра, в результате частота отсечки будет изменяться по закону изменения амплитуды входного сигнала (этот механизм управления реализуется в эффекте auto-wah (авто-вау)). Копир огибающей в виде отдельного подключаемого модуля может понадобиться только в агрегатированных системах обработки, комбинируемых из моделей; как правило, он встроен в используемые подключаемые модули и зачастую маркируется простыми надписями типа "envelope" и "attack/release".

Копиры огибающей: другие применения. Формирователи и копиры огибающей повсеместно используются в технологиях синтеза звука, поскольку они часто входили в состав синтезаторов классической модульной конструкции. Более подробную информацию об использовании огибающей сигнала читайте в главе 9.

Коррекция огибающей

В процессорах динамических характеристик для сглаживания эффекта обработки используется коррекция огибающей сигнала — управляющим параметром является время срабатывания и возврата. Формирователи огибающей предназначены исключительно для сглаживания огибающей входного аудиосигнала (**рис. 7.29**). Когда скачок громкости превышает установленный порог, формирователь огибающей корректирует коэффициент передачи на участке скачка, исходя из заданных пользователем значений параметров attack/release. (Формирователь огибающей — это, по сути, копир огибающей, включенный в контур управления коэффициентом передачи; в результате получаем процессор, который "облагораживает" форму огибающей входного сигнала.)

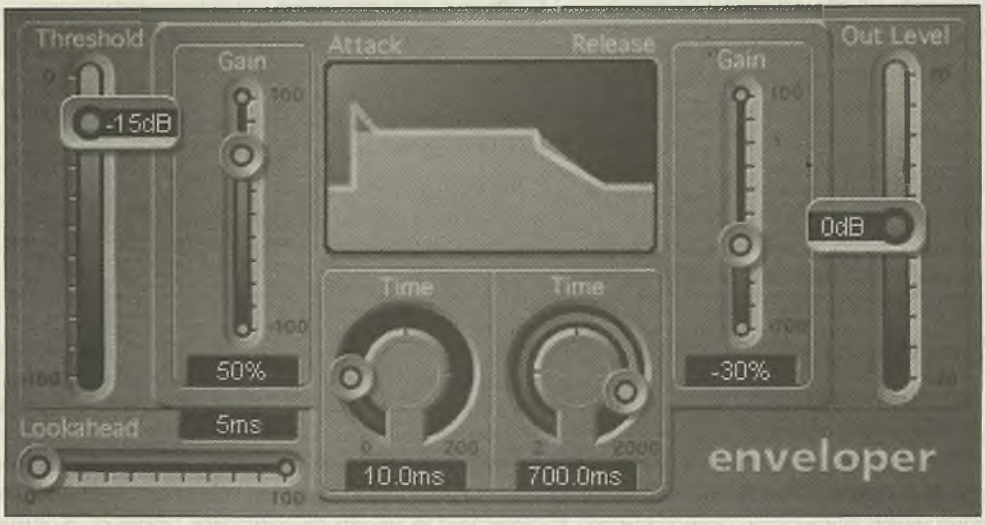


Рис. 7.29. *Формирователи огибающей, например Enveloper в приложении Logic Pro, дают возможность непосредственно изменять огибающую входного аудиосигнала*

Что делает формирователь огибающей. Сглаживает резкие скачки сигнала заданным образом, исходя из установленных значений параметров attack time (время срабатывания) и release time (время возврата).

Как им пользоваться. Задайте параметры коррекции коэффициента передачи на начальном и конечном участках скачка огибающей сигнала.

Для чего он используется. Для устранения проблем синхронизации сигналов, создания ритмических форм огибающей, уменьшения "рыхлости" звучания дорожек звукозаписи партии ударных инструментов, обострения атак звука, усиления или ослабления эффекта эха и для других разнообразных целей.

Огибающая на участке любого скачка уровня сигнала включает две фазы — фазу нарастания и фазу спада переходного процесса. Проще говоря, фаза нарастания переходного процесса — это его начальный участок, а фаза спада — его конечный участок. Изменяя форму огибающей путем коррекции ее наклона на этих участках, можно изменять резкость звука. В число типовых настроечных параметров входят следующие.

- **Attack** (время и коэффициент передачи)
- **Release** (время и коэффициент передачи)
- **Threshold**
- **Look-ahead**
- **Gain**

Из вышеперечисленных настроек важнейшими являются attack time (время срабатывания), release time (время возврата) и gain (коэффициент передачи). С помощью формирователя огибающей можно сделать следующее.

- **Поднять коэффициент передачи на участке атаки (нарастания) переходного процесса.** Подъем коэффициента передачи усиливает резкость звука удара барабана.
- **Снизить/полностью убрать коэффициент передачи на участке атаки.** Снижение коэффициента передачи на участке атаки замедляет скорость нарастания громкости на этих участках, атака звука становится более плавной.
- **Увеличить/уменьшить коэффициент передачи на участке спада переходного процесса.** "Хвост" входного сигнала — это, собственно, затухающий сигнал, на который накладывается "эхо"; эту фазу звука можно усилить или ослабить, соответственно увеличивая или уменьшая коэффициент передачи на этом участке огибающей.

Если задать в формирователе огибающей низкий порог, то подъем или ослабление коэффициента передачи будет распространяться на весь сигнал, создавая наиболее отчетливый эффект, которого к тому же невозможно добиться с помощью других типов процессоров, поэтому такая настройка является наиболее типичной (по этой причине в ряде формирователей огибающей настройка порога вообще не предусмотрена). В то же время, повышая порог, можно получить более специфический результат.

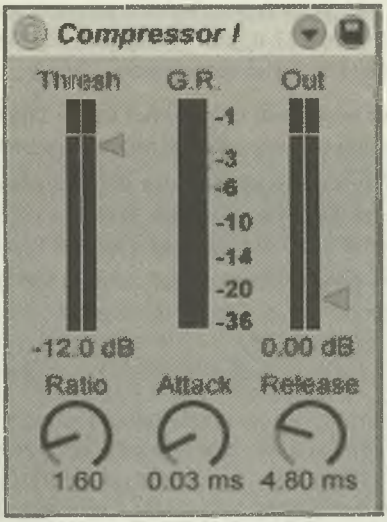
Для формирователя огибающей параметры attack time и release time куда важнее, чем для других типов процессоров динамических характеристик, потому что они непосредственно влияют на характер изменения огибающей сигнала. Установка очень высоких значений этих параметров приводит к плавному эффекту, в то время как задание очень низких значений приводит к возникновению эффекта "скачущего заикания". Значения этих параметров выбираются, как правило, в пределах 250 мс, но, аналогично другим параметрам, все зависит от того, какой творческий замысел вы хотите реализовать.

Практика: коррекция динамических характеристик сигнала в Ableton Live

Два типа процессоров динамических характеристик, с которыми пользователям приходится работать чаще всего, — это компрессор и пороговый подавитель. Добавив в канал обработки компрессор, мы получим возможность сжать динамический диапазон дорожки, сделать звук сочнее и громче, что весьма полезно для коррекции партии гитары и других струнных инструментов, а также вокальных партий. Если звукозапись партии ударных "рыхлая", с длинными "хвостами", в ней не чувствуется выразительного ритма, усилим ударные звуки с помощью порогового подавителя. Мы также познакомимся с методикой использования порогового шумоподавителя для устранения помех в паузах звука.

Компрессор

1. Добавляем компрессор. Compressor I — это очень простой компрессор, оснащенный всеми чаще всего используемыми органами управления. Перетащите его мышью из окна Device Browser на дорожку звукозаписи. (В компрессоре Compressor II предусмотрены дополнительные возможности — look-ahead (анализ сигнала с упреждением) и фильтрация, что позволяет выбрать необходимую рабочую полосу частот.)



2. **Задаем порог.** Отслеживая уровень входного сигнала по индикатору уровня, установите ползунок Thresh так, чтобы он находился чуть ниже наивысших выбросов сигнала. При срабатывании компрессора индикатор "G.R." ("gain reduction" — "уменьшение коэффициента передачи") в центре панели становится красным.

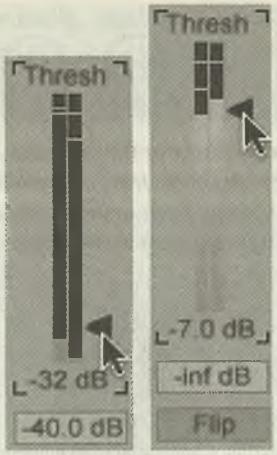
3. **Задаем коэффициент компрессии и временные параметры.** Увеличивайте коэффициент компрессии до тех пор, пока, прослушивая обработанный звук, не останетесь довольны результатом. Затем, изменяя время срабатывания и возврата, добейтесь верности звучания сжатого звука. Для получения эффекта пульсаций установите короткое время срабатывания (0,02 мс) и длительное время возврата (60 мс), затем, уменьшая время возврата, почувствуйте, как компрессия становится все слабее.

4. **Регулируем коэффициент передачи на выходе.** После обработки звук станет тише, поэтому, чтобы компенсировать потери уровня сигнала, увеличьте коэффициент передачи на выходе. Следя за уровнем сигнала по показаниям индикаторов, добейтесь, чтобы сигнал поднялся на оранжевый участок индикатора, но не доходил до красного участка.

Пороговый подавитель

1. **Добавляем пороговый подавитель.** Панель процессора Gate из приложения Ableton Live внешне похожа на панель процессора Compressor: на обеих есть индикатор уровня, регулятор порога и регуляторы временных параметров. В меню установки коэффициента подавления сигнала (1) выберите, насколько сильно пороговый подавитель должен подавлять сигнал, опустившийся ниже порога (или поднявшийся выше порога в "зеркальном" режиме (flip mode)). Индикатор (2) должен быть зеленым при прохождении сигнала через пороговый подавитель.

2. **Превращаем пороговый подавитель в пороговый шумоподавитель.** Чтобы превратить пороговый подавитель в пороговый шумоподавитель, очищающий музыкальные паузы от помех, установите ползунок регулятора порогового уровня (Thresh) по индикатору уровня над уровнем помех, как показано на рисунке слева внизу. Остальные настройки не трогайте, стандартные предустановки Factory Settings в Ableton Live оптимально подобраны для простого порогового шумоподавления.



3. **Обрабатываем пороговым подавителем партию ударных инструментов.** Чтобы выделить фазу атаки в звуке ударных инструментов, поднимите порог (как на рисунке справа) и в меню коэффициента передачи выберите "-inf." (полное подавление сигнала). Задайте короткое время срабатывания (attack) (0,2 мс), чтобы передний фронт звука удара барабана был крутым, а время удержания (hold) и возврата (release) установите на уровне не менее 10 мс.

В других приложениях. Даже если в рабочих станциях цифровой обработки звука (DAW) не предусмотрены отдельный компрессор и пороговый подавитель, они все равно оснащены тем или иным процессором динамических характеристик. Обязательно следите за показаниями индикаторов входного и выходного сигналов, контролируя уровень, какую бы программу вы ни использовали.

Эффекты во временной области

Процессор задержки/эффекта "эхо"

Что делает процессор задержки. Повторяет входной сигнал через заданный интервал (или через заданные интервалы) времени.

Как им пользоваться. Задайте интервал задержки, количество повторов, параметры фильтрации (если они предусмотрены) и пропорцию исходного/обработанного сигнала.

Для чего он используется. Для создания эффекта "эхо" уменьшайте время задержки, для получения ритмического эффекта — увеличивайте его. Для создания ритмических образцов звука, "привязанных" к ритму мелодии, используйте внешнюю синхронизацию задержки по сигналу ритма.

Чистые эффекты delay (задержка) или echo (эхо) заключаются в повторе входного сигнала через заданный интервал времени. Самыми существенными настроечными параметрами процессоров задержки являются следующие.

- **Delay time (время задержки).** Продолжительность задержки, задаваемая обычно в миллисекундах, но в некоторых случаях синхронизируемая по внешнему сигналу, например "привязанная" к ритму композиции.
- **Dry/wet mix (пропорция исходного/задержанного сигнала).** Естественные отражения звука звучат тише, чем исходный звук, поэтому естественно уменьшить амплитуду задержанного сигнала.
- **Feedback (обратная связь).** Задача создания многократных задержек упрощается, если использовать контур обратной связи. Вместо однократной подачи сигнала в процессор задержки в этом случае задержанный (и, возможно, прошедший фильтрацию) сигнал с выхода процессора задержки повторно возвращается на его вход. Для управления уровнем сигнала, возвращаемого с выхода на вход процессора задержки, используется параметр feedback level (уровень обратной связи). Установите минимальное значение этого параметра — и вы услышите только один задержанный звук. Чем больше этот параметр, тем больше повторов сигнала накладывается друг на друга и часто это приводит, в конце концов, к искажению сигнала.

Такие эффекты, как задержка и эхо, не следует путать с реверберацией: процессор задержки создает простое повторение сигнала, имитирующее естественные отражения в акустическом пространстве, но в нем отсутствуют регулировки тембра и пространственного звучания, которые имеются в ревербераторе (см. раздел "Ревербератор").

Эта тема имеет множество вариантов реализации, отличающихся различными наборами возможностей; все они могут быть реализованы в программном обеспечении в различных комбинациях.

- **Stereo delay (стереозадержка).** Возможность создания спецэффектов путем индивидуальной регулировки времени задержки правого и левого каналов звука или автоматического разноса во времени момента подачи задержанного сигнала в левый и правый каналы с целью создания эффекта ping-pong (скачущего в пространстве звука).
- **Multitap delay (многоотводная задержка).** Сигнал разветвляется по нескольким каналам задержки ("отводам"), часто имеющим отдельные регуляторы уровня панорамы и обратной связи.
- **Filtered delay (многополосная задержка).** Перед процессором задержки вставляется многополосный фильтр, и в разных полосах частот осуществляется индивидуальная задержка.
- **Tape echo (магнитофонное эхо).** Этот вариант задержки позволяет реализовать широкую гамму эффектов (от чудного звука, напоминающего классические старинные записи, до характерного звука современных электронных импровизаций); он заимствован из ямайской ритмичной музыки в стиле "рок", так называемой "реггей" (reggae), в которой используется такой эффект. Классический способ создания эффекта эха (**рис. 7.30**) базируется на многократном "прокручивании" сигнала через один или несколько катушечных магнитофонов и используется с целью создания как "мягкого" аналогового эха, так и необычных спецэффектов. При использовании контура обратной связи повторы сигнала без конца накладываются друг на друга и даже становятся все громче до тех пор, пока искажения не становятся заметными на слух. В программные средства имитационного моделирования заложены инструменты моделирования аналоговой схемотехники, предназначенные для приятного на слух искажения звука.

Рис. 7.30. *В первых магнитофонных устройствах задержки этот эффект создавался за счет разноса записывающей и воспроизводящей головок. Сигнал поступал на записывающую головку (1) и записывался на движущуюся магнитную ленту (2). Воспроизводящая головка (3), разнесенная с записывающей головкой на некоторое расстояние, считывала записанный сигнал с задержкой во времени, поскольку участок записи только через некоторое время проходил мимо нее. Если теперь подать сигнал, считанный воспроизводящей головкой, обратно на записывающую головку (4), можно создать бесконечно повторяющийся цикл наложения друг на друга задержанных сигналов. В результате можно создать массу различных эффектов — от мягкого эха (при однократной задержке) до авангардистских эффектов (за счет обратной связи). Эти эффекты по-прежнему пользуются популярностью в современной цифровой музыке. Цифровые инструменты задержки для реализации этого же эффекта используются в специальных алгоритмах обработки цифрового звука, но, имея двухголовочный катушечный магнитофон, вы вполне можете воссоздать описанный нами способ. (При этом необходимо учитывать, что задержка зависит от расстояния между головками и скорости протяжки ленты, а эти параметры у разных магнитофонов неодинаковы!)*

Ревербератор

Что делает ревербератор. Имитирует множество связанных отражений, создаваемых в акустических объемах, таких как, например, концертных залов и анфилады комнат.

Как им пользоваться. Используйте заложенные в ревербераторе предустановки, имитирующие акустику реальных помещений, и/или вручную задайте коэффициент отражения, размеры помещения и продолжительность эффекта реверберации; подберите нужную пропорцию смеси исходного и обработанного сигналов.

Для чего он используется. Чтобы создать такой эффект звучания, как будто звук был записан в иной акустической обстановке, чем это было на самом деле, для имитации тонких, естественных акустических эффектов или более ярких спецэффектов.

В разной акустической обстановке один и тот же звук звучит по-разному, поскольку на него накладывается густая сетка отражений от различных поверхностей — стен, мебели и т.п. Когда мы слышим звук, на самом деле мы слышим комбинацию звуков, в которую входит следующее.

- Прямой (*исходный*) звук.
- Различимые на слух отражения (*первые отражения*) от близко расположенных твердых поверхностей.
- Другие отражения, которые так плотно следуют друг за другом и перекрывают друг друга, что мы не в состоянии различить их. Вместо отдельных отражений мы слышим *реверберацию* — отзвук, на спектр которого наложили отпечаток особенности акустической обстановки, в которой распространяется звук.

Представьте, что вы слушаете звук в большом соборе или на стадионе: до вас доходит прямой звук от исполнителя, четко различимые эхо (первые отражения) и общий шум реверберации, который постепенно стихает.

Самый прямой, хотя не самый простой, способ создания реверберации — воспроизвести звук-первоисточник в соответствующей акустической обстановке. Профессионалы иногда так и поступают; размещают громкоговорители и микрофоны в бетонном колодце, чтобы добиться такой, как надо, реверберации.

Но, поскольку бетонный колодец или ангар с практической точки зрения был не очень удобным, а иногда и просто недоступным вариантом, до появления цифровых технологий для создания эффекта реверберации инженеры акустики прибегали к разным хитростям. В пластинчатых ревербераторах эффект реверберацій создавался за счет вибрации стальной пластины, а для записи звуковых колебаний, распространяющихся в металле, использовались акустические датчики. Характерный звук, создаваемый пластинчатыми ревербераторами, часто встречается в звукозаписях, сделанных в 70-е годы и в начале 80-х годов, но для этого требуются большие пластины: размерами порядка два метра на метр! На том же самом принципе базировалась работа струнных ревербераторов, но в этом случае для создания задержки использовались витые пружины, что позволяло встраивать такие ревербераторы в инструменты и гитарные усилители; если у вас есть старинный усилитель с ревербератором, то это, скорее всего, именно пружинный ревербератор. Поскольку обе технологии реверберации создают характерный звук, в программных ревербераторах предусмотрена, как правило, возможность их имитации.

Профессиональные цифровые ревербераторы создают куда более реалистичный эффект и обеспечивают куда более широкие возможности изменения тембра.

Когда использование ревербератора действительно оправдано? Реверберация — это нечто вроде кетчупа на гамбургере. Большинству людей по вкусу эта приправа, но вот сколько ее будет достаточно — у каждого из нас на этот счет свое особое мнение. Как аналоговые, так и цифровые звукозаписи звучат несколько неестественно, если в них даже намек на эхо отсутствует (другое дело, если в звукозаписи сохранена естественная реверберация). Очень короткая, незначительная по уровню реверберация придаст звуку теплоты и естественности. Но здесь очень важно не переусердствовать: добавляйте реверберацию небольшими порциями. Вы также поймете, что нет необходимости обрабатывать этим эффектом каждую дорожку фонограммы: иногда достаточно добавить эффект реверберации всего на паре дорожек, чтобы создать иллюзию того, что все дорожки фонограммы звучат в реальных акустических условиях, особенно если вы добиваетесь именно неброского эффекта. Излишняя реверберация приведет к тому, что звук потеряет прозрачность. Усильте реверберацию, и поднимется такой гул, как будто вы записывали звук не в студии, а в большой ледниковой пещере (неудачная идея, если только вы не добиваетесь такого эффекта специально!).

Традиционные цифровые ревербераторы

В большинстве цифровых ревербераторов (например, ревербераторе компании *Audio Damage*, показанного на **рис. 7.31**) для создания иллюзии естественной реверберации звука используется комбинация процессов цифровой обработки, в частности задержки, коррекция спектра, формирование огибающей, специальная фильтрация и другие процессы. В результате этой обработки в звук добавляется *реверберационный "хвост"* — комбинация искусственных отражений звука, созданная ревербератором. Хотя реализация алгоритма, лежащего в основе этого эффекта, как правило, не требует вмешательства пользователя, в типичных процессорах-ревербераторах обычно имеется множество полезных установочных параметров.

- **Predelay (предварительная задержка).** Сдвиг во времени, с которым реверберационный "хвост" добавляется к исходному звуку (в реальных условиях отзвук достигает наших ушей чуть позже исходного звука). В большом концертном зале или спортивном зале стены находятся на большом расстоянии от источника звука и задержка между исходным звуком и началом реверберационного "хвоста" может превышать 50 мс.
- **Early reflections (первые отражения).** Этот параметр задает уровень первых, разрозненных, отражений: ясно различимые задержанные повторы звука в начале реверберационного "хвоста", переходящие в реверберацию — мешанину накладывающих друг на друга отражений, которые уже невозможно отличить друг от друга.
- **Size (размеры).** Габариты имитируемого пространства (длина стороны условного куба задается в футах или метрах); значение этого параметра определяет интенсивность отраженного звука.
- **Time (продолжительность).** Длина реверберационного "хвоста".
- **Diffusion/reflectivity (рассеивающая/отражающая способность).** Определяет условия рассеяния отражений (зал каменного собора характеризуется высокой отражательной способностью, в вот битком набитый танцевальный зал, наоборот, — высокой рассеивающей (диффузионной) способностью).
- **Width (ширина стереобазы).** Определяет качество стереозвука выходного сигнала.
- **Dry/wet (пропорция исходного/обработанного сигнала).** Особенно важна для эффекта реверберации: слишком большая пропорция обработанного сигнала приводит к потере чистоты исходного звука.
- **High damping (демпфирование высоких частот).** Определяет скорость затухания высокочастотной части реверберационного "хвоста" (т.е. быстрее или медленнее затухает высокочастотная часть реверберационного "хвоста" по отношению к его низкочастотной части). Значение этого параметра зависит от отражательной способности поверхности помещения — для твердых поверхностей, например голой каменной стены, этот параметр меньше, а для мягких, гасящих звук, например, этот параметр выше.

Самыми важными из перечисленных параметров являются **size**, **time** и **dry/wet**; эти три параметра заложены практически в любом ревербераторе. В ревербераторах часто предусматриваются параметры фильтрации, а иногда даже параметры коррекции огибающей звука.

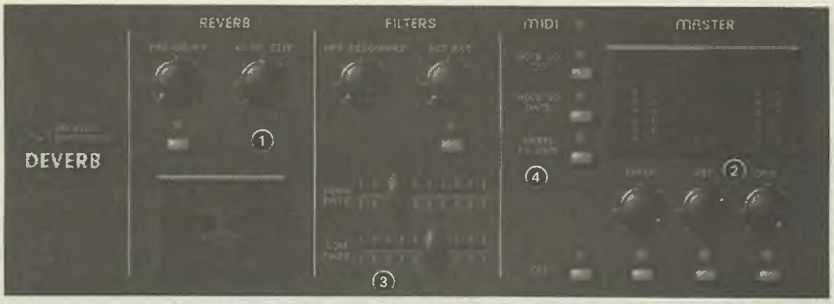


Рис. 7.31. *В ревербераторе Deverb компании* Audio Damage *реализованы многие принципы, характерные для типичного цифрового ревербератора. В любом ревербераторе самыми важными являются такие регуляторы, как size (1) (для задания размеров помещения) и wet/dry (2) (для балансировки смеси исходного звука и отзвука). В Audio Damage также заложены необычные дополнительные возможности: сдвоенные фильтры (3) с кнопкой digital rot (цифровая порча) для преднамеренного искажения звука, плюс к этому — возможность управления реверберацией MIDI-сигналом (4) для создания ритмических реверберационных эффектов (*`www.audiodamage.com`*)*

Сверточный ревербератор

Не жалейте шины! Из всех эффектов реверберация (это общепризнанный факт) требует наибольших вычислительных ресурсов процессора. Поэтому в программных ревербераторах иногда даже предусмотрены специальные возможности прямого снижения загруженности центрального процессора за счет упрощения алгоритмов обработки и, соответственно, снижения качества звука. Поэтому ревербератор используют во вспомогательном (send) канале обработки звука, а не в каждом из основных каналов в отдельности. С другой стороны, использование эффекта реверберации с неодинаковыми параметрами в разных каналах тоже не лишено смысла — иногда стоит не жалеть времени на обработку звука, чтобы добиться неповторимости звучания.

Эффект отзвука, создаваемый традиционными цифровыми ревербераторами, часто оказывается очень убедительным, и мы уже привыкли к характеру звука, обработанного ими. Благодаря постоянному росту производительности процессоров появилась возможность реализации в режиме реального времени новой технологии обработки звука — свертки. В арсенале музыкантов появились новые, сверточные, ревербераторы, создающие суперреалистичный эффект реверберации и спецэффекты. Нельзя утверждать, что сверточные ревербераторы по всем статьям превосходят традиционные синтезирующие ревербераторы; напротив, "классический" звук традиционного цифрового ревербератора во многих случаях оказывается идеальным, но новые ревербераторы создают эффекты, которые традиционным цифровым ревербераторам и не снились.

Конечно, если вы хотите, чтобы ваша звукозапись звучала так, как будто она звучит, например, в Соборе Парижской Богоматери, и предельно достоверно, вы можете поступить просто — расставить акустические системы в Соборе, воспроизвести свою композицию и записать результат. Но, поскольку получить разрешение на это, скорее всего, нереально, самое правильное решение — использовать образец звука, записанного в этом помещении, охватывающего весь спектр частот и весь диапазон амплитуд, звук, в котором сохранены все акустические свойства зала (**рис. 7.32**).

Рис. 7.32. *Если у вас нет возможности записать композицию в зале Main Hall дворца Castle de Haar d Kasteellaan, Netherlands, это не беда. С помощью сверточного ревербератора вы можете добиться, чтобы она звучала именно так. Ревербератор AltiVerb компании* AudioEase *(www.audioease.com) стал первым компьютерным сверточным ревербератором, появившимся на рынке. Он оснащен такими дополнительными "принадлежностями", как трехмерные спектральные профили акустики разнообразных помещений, а также (для пущего удовольствия) их фотографиями*

Идеальный импульс звука существует только в теории, но в реальном мире можно воссоздать очень похожий на него звук с помощью стартового пистолета. Звук выстрела стартового пистолета — громкий (перекрывает весь диапазон амплитуд до предельно допустимой), широкополосный (перекрывает практически весь звуковой диапазон частот) и короткий (короче, чем свист пули). Энергия этого звука "размазана" по всему диапазону звуковых частот. Запишите звук выстрела стартового пистолета в конкретном месте, и вы получите исчерпывающую характеристику характера отражения, рассеяния и поглощения звука, присущую этому месту. Запись реверберационного "хвоста" импульса звука называется импульсной характеристикой акустической обстановки (IR — impulse response).

С помощью цифровой технологии, позволяющей объединять спектры двух аудиосигналов во времени (этот процесс называется сверткой), ревербератор обработает входной сигнал, исходя из выбранной импульсной характеристики, смоделировав его звучание в выбранной акустической обстановке, будь то Собор Парижской Богоматери, пещера или ванная комната разработчика этого ПО, — короче, любое место, запись импульсной характеристики которого у вас имеется. Вот как это осуществляется на практике.

1. Звукорежиссер записывает эталонный импульс звука (звук выстрела стартового пистолета или аналогичный по характеру звук, созданный любым способом) в идеальной акустической обстановке.
2. Записанный эталонный импульс воспроизводится в конкретной акустической обстановке и результат записывается. Эта запись представляет собой импульсную характеристику (IR) акустической обстановки, в которой хранится исчерпывающая информация о том, как в этой акустической обстановке распространяется звук на разных частотах и с разными амплитудами.
3. Сверточный ревербератор обрабатывает исходный звук, исходя из выбранной импульсной характеристики, объединяя эти сигналы в выходной сигнал.
4. Обработанный сигнал создает в точности такой же звук, как если бы вы воспроизвели его в выбранной вами акустической обстановке. Если поместить источник

звука в том месте, где воспроизводился звук эталонного импульса при записи импульсной характеристики помещения, а вас — в том месте, где стоял микрофон, через который была записана эта импульсная характеристика, то вы услышали бы в точности такое же звучание своей композиции, какое услышали после обработки ее сверточным ревербератором.

В комплекте сверточных ревербераторов, как правило, имеется набор файлов импульсных характеристик разнообразных помещений (буквально — запись импульса звука в реальной физической обстановке), а также синтезированные импульсные характеристики. В этом ПО также, как правило, предусмотрена возможность пополнения коллекции импульсных характеристик образцами, самостоятельно записанными пользователем, если таковая необходимость возникнет. (Это непростое дело, поэтому, если вы сомневаетесь, справитесь ли с этим, лучше выберите готовый вариант — в Интернете вы найдете массу как платных, так и бесплатных файлов импульсных характеристик для самых разных мест.) Сверточные ревербераторы, как правило, не требуют задания установочных параметров — настройки обычно сводятся к заданию параметра time (продолжительность реверберационного "хвоста") и параметра dry/wet (пропорции исходного/обработанного сигнала). Но во многих сверточных ревербераторах предусмотрены также дополнительные формирователи огибающей и фильтры с широкими возможностями коррекции — для более тщательной "отделки" выходного сигнала.

Свертка используется для реализации не только эффекта реверберации, но и других эффектов, например "морфинга" (перетекания одного звука в другой). На примере процессоров, реализующих эффект реверберации в режиме реального времени, продемонстрирован алгоритм свертки — один из класса алгоритмов спектральной обработки цифровых сигналов, который базируется на методе, получившем название "быстрое преобразование Фурье" (БПФ) (о методе БПФ (FFT — Fast Fourier Transform) читайте в разделе "Быстрое преобразование Фурье: таинство спектральной обработки").

Для пользователей ОС Mac: свертка бесплатно. Технология свертки начала широко распространяться с бесплатной программы SoundHack (www.soundhack.com), выполняющей свертку двух аудиофайлов, которая была разработана для ОС Mac. Эта программа до сих пор широко используется цифровыми звукорежиссерами для создания причудливых эффектов звучания.

Быстрое преобразование Фурье: таинства спектральной обработки

Многие эффекты, реализуемые подключаемыми модулями, от простейших до самых причудливых, базируются на использовании быстрого преобразования Фурье (БПФ). БПФ — это математический метод, позволяющий осуществлять преобразование аудиосигналов в режиме реального времени. По сути, это алгоритм эффективного преобразования цифрового сигнала из временной в частотную область и обратно. Этот алгоритм преобразования временной развертки сигнала в спектр, состоящий из синусоидальных составляющих, обеспечивает возможность использования мощных инструментов спектральной обработки (свертки и множества других методов), а затем обратное преобразование обработанного спектра во временную развертку сигнала. Если в описании эффекта встречается слово "спектральный", то, скорее всего, он базируется на методе БПФ.

Программный спектрограф, работающий в режиме реального времени, — вот самый наглядный пример работы алгоритма БПФ. В то время как другие подключаемые модули, работающие во временной и частотной областях, например сглаживающие и обостряющие фильтры, имитирующие работу аналоговых инструментов обработки, обрабатывают сглаженные участки спектра, спектральные процессоры, реализующие алгоритм БПФ, манипулируют отдельными частотами, выполняют свертку любых сигналов, создают невероятные акустические эффекты, и все это — в режиме реального времени. Вы можете непосредственно использовать БПФ-процессоры в модульных системах обработки звука, например Cycling'74 Max/MSP и Native Instruments Reaktor, и обнаружить их в подключаемых модулях, например, предлагаемых компанией *Delay Dots* (`www.delaydots.com`), в пакете ST Bundle компании *GRM* Tools (`www.grmtools.com`) и в Apple Logic Pro (**рис. 7.33**). БПФ-процессоры лежат в основе таких инструментов, как спектроанализаторы, шумоподавители, корректоры тональности и самые разнообразные инструменты цифровой обработки данных.

Невероятно, но идея метода БПФ, который является краеугольным камнем современной технологии цифровой обработки сигналов, в том числе звуковых, была рождена гениальным математиком и естествоиспытателем Карлом Фридрихом Гауссом (Carl Friedrich Gauss) еще в 1805 году Гаусс был слишком занят изучением магнетизма, свойствами многоугольников, астрономией и различными математическими проблемами, чтобы изложить свои идеи, и пришлось ждать 1965 года, когда его идея была предложена повторно. Только в последние годы, когда компьютерные процессоры, наконец, стали достаточно производительными, появилась реальная возможность реализовать алгоритм БПФ в режиме реального времени. (Еще совсем недавно, в середине 1990-х годов, композиторам и музыкантам приходилось оставлять компьютеры работающими на всю ночь, чтобы только наутро получить необходимые результаты!) В ближайшие годы спектральные процессоры эффектов, как мы полагаем, завоюют доминирующее место в цифровой обработке звука — ведь производительность компьютеров с каждым днем становится все выше.

Рис. 7.33. *Процессор Spectral Gate из арсенала Apple Logic Pro использует БПФ-процессоры для создания — цитируем* Apple — *"весьма причудливых эффектов фильтрации". Такие "причуды" стали реальностью благодаря методу БПФ, обеспечивающему возможность обработки спектра сигнала на уровне отдельных частот*

Процессоры спецэффектов

Процессоры искажений

Что делает процессор искажений (дистошн-процессор). Создает "плохие" звуки, которые звучат на слух "хорошо", — теплый, смазанный "шорох" аналоговых искажений или резкий, бьющий по слуху грохот цифровых искажений.

Как им пользоваться. Включите эффект на минимальном уровне, чтобы искажения были едва заметны, и на "полную катушку", если вам нужен калечащий звук.

Для чего он используется. Это необходимый инструмент для создания привычного звука электрогитары и старомодных клавишных инструментов; но капелька искажений не помешает в любом звуке, чтобы он стал не таким "вылизанным", а также для создания "отмороженных" спецэффектов.

Искажения — это то, чего больше всего боятся новички в звукозаписи, но гитаристы давным-давно обнаружили, что для электрогитары они нужны не меньше, чем амплитудно-частотная коррекция и компрессия. Электрические гитары без вносимых искажений издают тонкие и вялые "голоски". Одна из причин, по которой музыканты предпочитают определенные модели усилителей, — стремление обогатить тембр звука мягкими (или не очень мягкими) искажениями, вносимыми аналоговой ламповой аппаратурой. Без них звучание инструмента будет действительно невыразительным. Искажения также вносятся умышленно в вокальные партии, партии клавишных и ударных инструментов едва заметными или массивными, бьющими по слуху дозами.

Существует масса ситуаций, в которых искажения являются неотъемлемой частью звука. Самая очевидная из них — усиление звука на пределе возможностей усилителя. Этот эффект можно реализовать как с помощью реальной аппаратуры так и с помощью программных инструментов, имитирующих такой режим. Искажения — это нелинейный эффект, зависящий от амплитуды сигнала. Иными словами, изменение амплитуды входного сигнала неизбежно вызывает изменение спектра выходного сигнала. Как правило, искажения возникают на пиках сигнала, обогащая его спектр. Типичными установочными параметрами процессора искажений являются следующие.

- **Level (уровень).** Этот параметр имеет множество названий: amount (доза), drive (возбуждение), crunch (перелом), fuzz (муть), dirtiness (грязь), ugliness (гадость) и самые разные эпитеты; все зависит от фантазии дизайнеров эффекта. Но независимо от названия это один и тот же параметр, задающий уровень нелинейных искажений, вносимых усилителем и, таким образом, степень искажения сигнала этим эффектом.
- **Tone (тон).** Поскольку искажения вносят дополнительные составляющие в спектр сигнала, часто на выходе процессора добавляют простой фильтр для управления тембром, создаваемым эффектом. В общем случае сигнал после фильтрации приобретает более теплое звучание, становится не таким режущим на слух, т.е. менее "грязным" по сравнению с сигналом до фильтрации. В некоторых процессорах искажений фильтр стоит и на входе, что дает возможность усилить определенные обертоны и за счет этого изменить характер искажений.

Аналоговой аппаратуре присущи "мягкие" искажения, что объясняется физическими особенностями аналоговой схемотехники и электронных ламп. Но, поскольку в техноло-

гии цифровой обработки звука такого просто нет, процессоры цифровой обработки обязательно имитируют аналоговые искажения звука. Существует множество вариантов искажений, все они различаются характером изменения тембра звука, создаваемого различными вариантами аппаратной или программной обработки входного сигнала.

Искажения общего характера

Термины *fuzz*, *overdrive* и *distortion* часто используются в одном значении для описания эффектов искажений, вносимых гитарной дистошн-педалью или аналоговым оборудованием при перегрузках. Терминами fuzz и overdrive обычно характеризуют искажения, вносимые транзисторной аппаратурой; они отличаются характерной резкостью.

Фаззи-вау (fuzzy wah). У музыкантов, играющих на клавишных электромузыкальных инструментах, электроорганах и электрогитарах, популярностью пользуется комбинированный эффект, возникающий при объединении эффекта "размывания" звука (fuzz distortion) с вау-фильтром (wah filter), в результате чего звук становится отчетливо "грязным", модулированным (в качестве примера см. **рис. 7.34**).

С помощью аналоговой аппаратуры или имитационного моделирования программными средствами можно создать разнообразные искажения аналоговой природы (см. три примера на рис. 7.34). Все они способны создавать "теплые", приятные на слух или более резкие искажения, но, тем не менее, сохраняющие общие черты.

- **Overdrive (перегрузка).** В отсутствие более конкретного обозначения овердрайв-процессор или просто дистошн-процессор зачастую имитирует искажения, вносимые транзисторной аппаратурой. Эти эффекты используются наиболее широко и придают звуку весьма привлекательный тембр.
- **Tube distortion (искажения ламповой аппаратуры).** Ламповая аппаратура отличается от транзисторной более нежным, "мягким" характером вносимых искажений. Имитация таких искажений программными средствами имеет разные варианты. В новой аппаратуре даже стали использовать ламповые схемы для повышения достоверности такого эффекта.
- **Exciters (эксайтеры).** Exciter (эксайтер) и enhancer (энхансер) — это названия эффектов искажений, которые вносят искусственные высокочастотные гармоники в спектр звука, за счет чего невыразительная звукозапись приобретает "искристость".
- **Guitar amps (гитарные усилители).** Процессоры, имитирующие гитарные усилители, реализуют комбинированный эффект искажения звука ламповой или транзисторной схемой усилителя и искажения, вносимые корпусом усилителя. В некоторых из них даже предусмотрены разные варианты настроек для конкретных комбинаций аппаратуры. Например, процессор Amplitube Uno, записанный на прилагаемом к книге DVD, представляет собой простой имитатор усилителя с гитарными эффектами.
- **Turntable (vinyl) distortion (искажения, вносимые проигрывателем виниловых пластинок).** Для этого типа искажений характерны два элемента — гармонические искажения и вносимые шумы. В этом случае вследствие определенных геометрических соотношений между иглой звукоснимателя и канавкой пластинки неизбежно возникают искажения как четных так и нечетных гармоник, вызванные

неточной балансировкой тонарма. Когда на пути иглы звукоснимателя попадается пыль или царапины, возникают случайные шумы или шорохи. Эти эффекты несложно имитировать программными средствами, хотя многие музыканты предпочитают просто записать такой эффект с реального проигрывателя, а затем, вырезав паузу в звуке, на протяжении которой слышны только трески, и оцифровав ее, подмешивать этот звук в цифровые звукозаписи.

Рис. 7.34. *Три типичных примера программных эффектов искажений (слева направо): DaTube — имитатор искажений, вносимых ламповой аппаратурой, из приложения Cubase SX; Grungelizer (меткое название!), также из состава Cubase SX, имитирует искажения, вносимые проигрывателем виниловых пластинок и ширпотребовской аудиоаппаратурой; эффект Fuzz-Wah из состава Apple Logic Pro, объединяющий эффект fuzz distortion (размытие звука) с вау-модулятором*

Цифровые искажения

Цифровые искажения возникают при перегрузке цифровой схемы или программного инструмента в случае чрезмерного усиления сигнала (overdrive) или уменьшения глубины квантования и/или частоты дискретизации. Оба способа приводят к неестественной искаженности звука.

- **Overdrive (перегрузка).** В противоположность размытым, сглаженным искажениям, характерным для аналоговой аппаратуры, при перегрузке цифровой цепи или программного инструмента верхушки колебаний резко отсекаются и в результате получается сигнал с плоскими вершинами, напоминающий импульсный сигнал. Звук остается интенсивным, но в отличие от аналоговых искажений в результате цифровой перегрузки искажается так, что становится совершенно непохожим на исходный звук. Эту технологию следует использовать осторожно: такой звук режет слух и опасен как для ваших ушей так и для вашего оборудования, поэтому уменьшите заранее громкость при прослушивании.
- **Снижение частоты дискретизации/глубины квантования.** Подобно цифровой перегрузке процессоры эффектов, снижающие глубину квантования и частоты дискретизации (часто их называют "bitcrusher" — "прессователь битов" (**рис. 7.35**)), делают как раз то, что при нормальной цифровой звукозаписи делать категорически недопустимо. При резком снижении разрядности оцифрованного звука или частоты выборки (или одновременно обоих параметров) происходит неизбежная потеря информации и возникает эффект *aliasing* (наложение спектров), в результате чего в спектре сигнала появляются ложные тоны и помехи. При умеренном снижении этих параметров до-

рожки звукозаписи начинают звучать так, как если бы они воспроизводились на игровой приставке Nintendo или на первых компьютерах середины 1980-х годов. Дополнительное снижение (сужение доступной полосы частот на экспоненциальный множитель) приводит к тому, что звук становится пронзительным, режущим слух.

- **Distortion without overdrive (внесение искажений без перегрузки).** Эффект, который получил название "waveshaper" (формирователь формы сигнала), создает искажения не за счет режима перегрузки или обрезания верхушек сигнала. Он изменяет форму входного сигнала, трансформируя каждое кодовое слово, поступающее на вход, в новое кодовое слово на выходе, добавляя новые гармоники, и за счет этого вносятся приятные на слух искажения. Waveshaper-процессоры оснащены, как правило, регуляторами масштабирования входного сигнала, задающими степень искажения входного сигнала, и регуляторами градационной характеристики для реализации разнообразных эффектов, например имитации искажений, вносимых ламповой аппаратурой.

Рис. 7.35. *Ищете способ заставить свою цифровую музыкальную установку, которая обошлась вам в шесть тысяч долларов, зазвучать так же, как двадцатидолларовая "балалайка", предлагаемая на eBay? Процессор Redux из Ableton Live может оказаться именно тем, что для этого нужно*

Модуляция

Любой источник сигнала, создающий непрерывно повторяющийся сигнал, будь то простое синусоидальное колебание, регулярно повторяющееся щелканье выключателем (прямоугольное колебание) или даже регулярно повторяющийся аудиосэмпл, представляет собой *генератор сигнала*.

Изменяя любой аудиосигнал периодическим образом, т.е. регулярно повторяя одно и то же действие над ним, например двигая ползунок регулятора громкости вверх-вниз или передвигая громкоговоритель взад-вперед, или просто прикрывая ухо ладонью и убирая ее, вы тем самым моделируете исходный аудиосигнал.

Простейшие модуляционные эффекты реализуются путем регулярного повторения одного и того же действия, например, как в акустической системе Leslie с вращающимся громкоговорителем, которая часто используется с органами Hammond: в корпусе акустической системы установлен электромотор, вращающий громкоговоритель по кругу, в результате чего отражения звука от ближайших стен создают своеобразный эффект звучания — одновременно пространственный, спектральный (вследствие фазовой нейтрализации определенных обертонов в накладывающихся друг на друга отражениях от разных стен) и тональный (вследствие эффекта Доплера — повышения и понижения тона, вызванного движением источника звука — громкоговорителя). Стоит поднять скорость вращения громкоговорителя достаточно высоко, и вместо отчетливо различимых "качаний" звука мы услышим биения или вибрирующий звук — так называемый эффект тремоло.

Модуляционные эффекты базируются на этом же принципе. Вместо механической модуляции, как в акустической системе с вращающимся громкоговорителем, в них используется регулярно повторяющееся изменение определенного параметра эффекта, например частоты отсечки фильтра. В качестве источника модулирующего сигнала в подавляющем большинстве случаев используется простой низкочастотный (НЧ) генератор (LFO — low-frequency oscillator). Достаточно часто это генератор синусоидального сигнала, который, поскольку он описывает характер вращательного движения, идеально подходит для создания звука, копирующего звук акустической системы Leslie с вращающимся громкоговорителем. (В сущности, вращающий механизм, используемый в этой конструкции, можно с полным основанием рассматривать как генератор механических синусоидальных колебаний!) Выбирая модулирующие сигналы разных форм, можно получить разнообразные эффекты звучания. Например, треугольная волна используется обычно для создания эффекта пространственной модуляции, потому что уровень модулирующего сигнала равномерно изменяется между двумя значениями (дополнительная информация о периодических сигналах различной формы и их использовании в технологиях синтеза и модуляции звука приведена в главе 9). Использование модулирующего сигнала для периодического изменения настроек — это по большому счету то же самое, что периодическое вращение ручки регулятора влево-вправо; разница только в том, что в первом случае модуляция осуществляется автоматически.

НЧ-модуляция

Поскольку частота сигнала, создаваемого НЧ-генератором (LFO), выбирается более низкой, чем частота модулируемого сигнала, это позволяет создать медленное "качание" звука, когда его подъемы и спады отчетливо различимы на слух. Например, если использовать синусоидальный сигнал частотой 1 Гц в качестве модулирующего сигнала для "качания" частоты отсечки фильтра, то частота отсечки будет периодически плавно возрастать и понижаться в пределах своего диапазона "качания", один раз за секунду, создавая эффект вау-вау-вау с частотой 60 биений в минуту. Модуляция сигналом частотой 1 Гц дает такой же эффект, как вращение ручки регулятора вправо-влево, повторяющееся каждую секунду.

НЧ-генераторы используются во множестве модуляционных эффектов, от простых тремоло и вау-фильтров, до сложных "автофильтров", куда более похожих на синтезаторы, чем на фильтры; дополнительная информация, касающаяся использования методов фильтрации в технологиях синтеза звука, приведена в главе 9.

Стандартные применения модуляции

Простые НЧ-генераторы дают возможность реализовать массу эффектов, поэтому они, как правило, встроены в процессоры модуляционных эффектов. НЧ-генераторы можно использовать для модуляционной обработки любого сигнала в системах обработки звука модульной структуры, например Reason, Reaktor и Max/MSP. Эффекты, в основе которых лежит этот метод модуляции, широко используются в старых клавишных инструментах, гитарных эффектах и органах. Использование этой технологии для обработки других источников сигналов также часто позволяет создавать интересные эффекты. Наиболее важными установочными параметрами модуляционных эффектов являются следующие (они более подробно рассматриваются в главе 9 применительно к конкретным задачам инструментальной обработки и синтеза).

- **Waveform (форма сигнала).** НЧ-генераторы обычно генерируют только синусоидальные сигналы, но в некоторых из них предусмотрены возможности реализации

таких модулирующих сигналов, как треугольные, прямоугольные, пилообразные и sample-and-hold (режим "выборка и хранение") (объяснение различных типов колебаний приводится в главе 9).

- **Rate (speed) (темп (скорость)).** Определяет частоту модуляции и, следовательно, частоту эффекта. Если повезет и в вашем процессоре эффекта будет предусмотрена опция *sync* (синхронизация), выбрав ее, вы обеспечите автоматическую "привязку" темпа эффекта к ритму музыки. В этом случае вы, вероятно, увидите меню выбора темпа, в котором будут перечислены стандартные музыкальные интервалы, например sixteenth-note (секстдецима).
- **Depth (глубина модуляции).** Диапазон модуляции, создаваемой НЧ-генератором.
- **Phase (Фаза).** Еще одно название — "stereo width" (ширина зоны стереоэффекта). Эта настройка определяет диапазон "качания" эффекта между правым и левым каналами стереозвука. Если она задается не в процентах, а в градусах, задайте 180°, если хотите, чтобы эффект симметрично работал в обоих каналах, или –180°, чтобы создать сдвиг между каналами.
- **Dry/wet (исходный/обработанный).** Пропорция смеси исходного и обработанного эффектов сигналов.

Поскольку модуляционные эффекты, базирующиеся на использовании НЧ-генератора (LFO), похожи друг на друга и все они создают различные варианты "вихревого звука", их часто путают. В старой гитарной аппаратуре встречаются даже неправильные маркировки этих эффектов! Но, конечно же, разные эффекты создают различное звучание.

- **Tremolo (тремоло, амплитудная модуляция).** НЧ-генератор (LFO) модулирует амплитуду обрабатываемого сигнала — в режиме моно или отдельно сигналы правого и левого каналов; характерен для старых гитарных усилителей и многих синтезаторов (**рис. 7.36**). Если НЧ-модуляция сигналов левого и правого каналов осуществляется в противофазе, т.е. когда в одном канале амплитуда нарастает, в другом она уменьшается, эффект тремоло превращается в эффект stereo panner.
- **Vibrato (вибрато, частотная модуляция).** НЧ-генератор (LFO) модулирует частоту (высоту тона) обрабатываемого сигнала. (Эту терминологию без труда поймут музыканты, играющие на струнных инструментах: эффект тремоло достигается быстрым повторением звука одного тона при помощи смычка, в то время как эффект вибрато достигается "качанием" высоты тона струны при помощи пальца.) Основной эффект, создаваемый акустической системой Leslie с вращающимся громкоговорителем, — вибрато, возникающее при вращении громкоговорителя за счет эффекта Доплера.
- **Chorus/flanger (хорус, флэнжер, модуляция времени задержки).** НЧ-генератор модулирует время задержки, создаваемой короткой (время задержки — в пределах 50 мс) линией задержки. Модуляция вызывает "качание" высоты тона задержанного сигнала. При смешении исходного и обработанного сигналов возникают биения, вызванные эффектом фазовой нейтрализации обертонов, и звук становится сочным и приятным. Чем меньше время задержки, тем выше тональность биений, вызванных фазовой нейтрализацией обертонов. Чем выше обратная связь в канале задержки, тем сильнее проявляется эффект. В ряде процессоров, реализующих эффект "chorus", используется несколько отдельных линий задержки с неодинаковым временем задержки, причем НЧ-сигналы, модулирующие время задержки, у каждой линии задержки немного отличаются по частоте. Такие эффекты, создающие многоголосное хоровое звучание, очень эффектно обогащают звук. Для эффектов "флэнжер", как правило, характерны уменьшение времени задержки и повышение обратной связи.

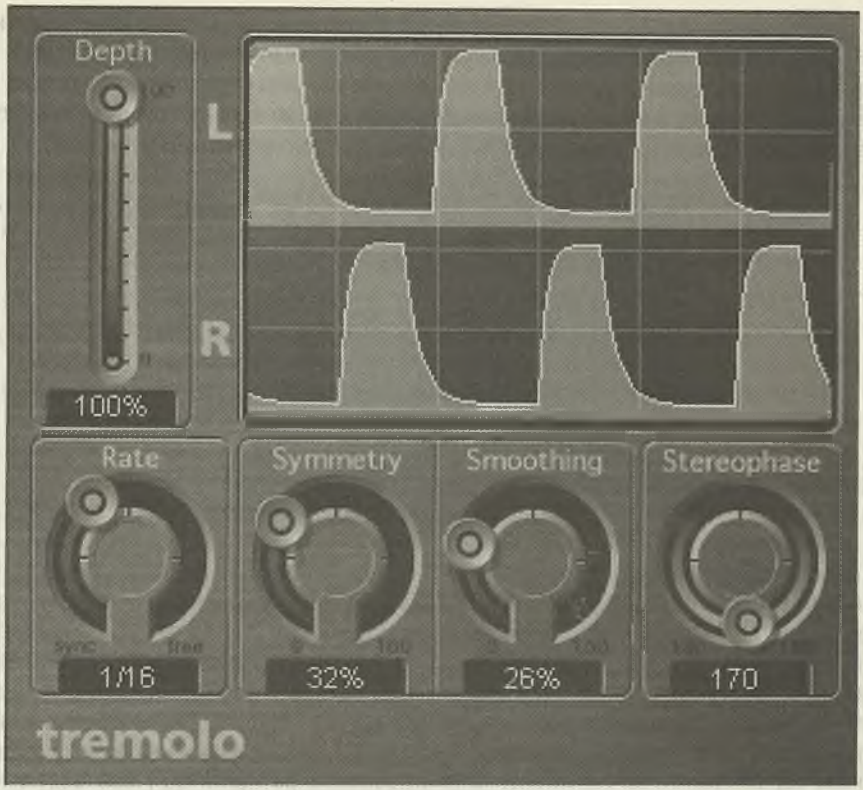


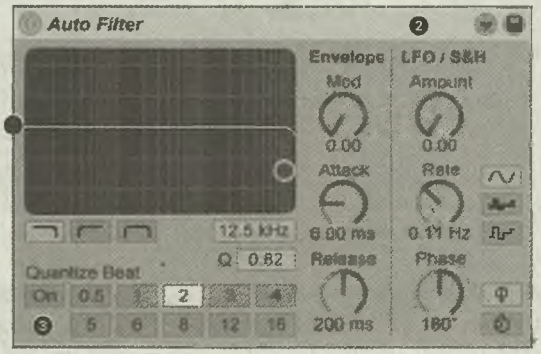
Рис. 7.36. *Амплитудная модуляция звука создает эффект тремоло. На приведенном рисунке видна периодическая, "вихревая", форма огибающей амплитудно-модулированного сигнала. В эффекте Tremolo из приложения Logic Pro предусмотрены индивидуальные регуляторы для левого и правого каналов, поэтому данный эффект может быть реализован и в режиме стерео*

- **Phaser (фэйзер, фильтр).** В процессорах этого эффекта используется один или два независимых НЧ-генератора для фазовой модуляции передаточной характеристики фильтра. "Качание" негармонических провалов в спектре передаточной характеристики, или гребенчатая фильтрация, создает характерное звучание, ставшее очень популярным с появлением в середине 1970-х годов электронных клавишных музыкальных инструментов.

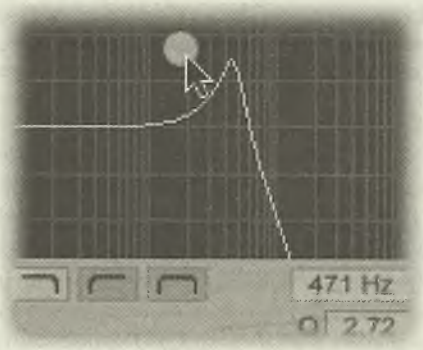
Практика: модулируемый фильтр в Ableton Live

Непревзойденная особенность модулируемых фильтров кроется в их способности создавать изменения во времени и при желании "привязывать" их к заданному ритму так, чтобы эти изменения происходили в такт с ритмом мелодии. Мы используем процессор Auto Filter из состава Ableton Live для реализации простых ритмических эффектов "качающегося" звука.

1. **Добавляем Auto Filter на выбранную дорожку.** Найдите дорожку звукозаписи широкополосного сигнала (дорожка ударных инструментов — это как раз то, что нужно) и перетащите Auto Filter из окна Device Browser. Вы увидите уже знакомую вам панель параметрического фильтра (1), но теперь вы можете модулировать режим фильтра с помощью настроек (2) синхронизации (3).



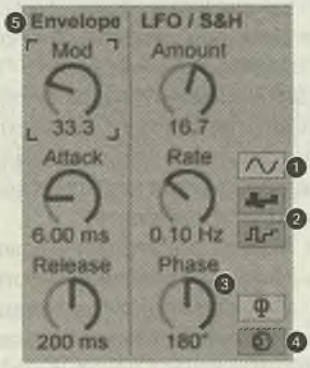
2. **Настраиваем фильтр.** Оставим настройки частоты и добротности Q на время в покое: перетащите "кружок" на экране вверх и влево так, чтобы изменение амплитудно-частотной характеристики фильтра стало заметным на слух. Попрактикуйтесь, изменяя таким образом амплитудно-частотную характеристику фильтра, и вы поймете, почему фильтр такого типа превосходно подходит на роль MIDI-контроллера. Вы можете выбрать любой вариант амплитудно-частотной характеристики (обостряющий фильтр или фильтр нижних/верхних частот); поместите скат характеристики, где хотите, и поднимите, перетащив "кружок" вверх, частотную характеристику на частоте отсечки (увеличьте резонансность/Q).



3. **Настраиваем параметры НЧ-модуляции.** Выберите вариант автоматической модуляции — установите опцию "auto" в режим "auto filter". Регулятором Amount на панели регулировок НЧ-модуляции (LFO) увеличивайте порцию обработанного сигнала, и вы услышите регулярное изменение звучания (в противном случае еще поверните вправо регулятор Amount или измените амплитудно-частотную характеристику фильтра). С помощью регулятора Rate установите частоту "качания" звука. Не забывайте, 1 Гц — это один период повторения в секунду, соответствен-

но, если вы установите частоту 10 Гц, то НЧ-генератор будет "раскачивать" звук туда-сюда десять раз в секунду.

4. **Пробуем использовать разные типы модулирующего сигнала.** Хотите добиться более впечатляющего эффекта? По умолчанию НЧ-генератор настроен на режим синусоидального сигнала модуляции (1). Выберите один из ступенчатых вариантов сигнала, например "sample & hold" (2), и теперь модуляция будет происходить скачкообразно. Регулятором фазы (3) вы можете настроить режим, в котором эффект будет "кочевать" из одного канала стереозвука в другой. Чтобы усилить "стереофоничность" эффекта, выберите режим "волчка" (4), и теперь в правом и левом каналах звука частота модулирующего сигнала будет неодинаковой. Вы можете вручную изменять форму модулирующего сигнала регуляторами огибающей: начните с изменения глубины модуляции регулятором Mod (5).



5. **"Привязываем" эффект к заданному ритму.** Любой эффект, характеризующийся периодичностью во времени, в том числе НЧ-модуляцию, необходимо подстраивать вручную к ритму обрабатываемого звука, чтобы он проявлялся в такт с мелодией. Синхронизируем эффект так, чтобы ритм "качания" звука автоматически следовал за ритмом музыки. На панели синхронизации нажмите кнопку On и задайте длительность периода в шестнадцатых долях (таким образом, 4 означает однодольный такт, 2 — двудольный такт, 16 — четырехдольный такт и т.д.). После задания глобальных настроек ПО эффект будет отслеживать ритм автоматически.

Другие программы. Найдите два ключевых параметра, которые свидетельствуют о том, что в вашем ПО предусмотрена возможность модуляции параметрами фильтра: "LFO" и "sync". Если таковые есть, используйте ритмические эффекты, "раскачивая" звук модулирующим сигналом заданной частоты или импульсным сигналом в такт с ритмом обрабатываемой музыки.

Кольцевая модуляция

Что такое кольцевая модуляция. Способ модуляции звука, обеспечивающий получение сигнала, состоящего из суммарных и разностных тонов всех гармоник двух сигналов.

Как пользоваться кольцевым модулятором. Подайте на вход кольцевого модулятора обрабатываемый сигнал и установите уровень (используя в качестве модулирующего второй аудиосигнал или сигнал внутреннего генератора).

Для чего используется этот эффект. Для создания ярких фазовых эффектов звучания, металлических звуков и душераздирающих криков типа "Сопротивление бесполезно!".

Кольцевой модулятор — это модулятор, в котором модуляция обрабатываемого сигнала осуществляется внешним модулирующим аудиосигналом или сигналом внутреннего НЧ-генератора (**рис. 7.37**). Кольцевой модулятор выдает сигнал, состоящий из разностных и суммарных гармоник всех спектральных составляющих этих двух сигналов. Из сказанного мало что, наверное, поймешь; лучше всего "пощупать" кольцевой модулятор своими руками — этот звук вы ни с каким другим не спутаете. В результате суммирования и вычитания частот гармоник происходит не просто сдвиг спектра исходного сигнала по частоте, все гармоники сдвигаются вверх и вниз. Спектр сигнала искажается настолько сильно, что часто выходной сигнал звучит совершенно иначе, чем входной, — вот в чем главная привлекательность этого эффекта!

В малых дозах кольцевая модуляция создает эффект, похожий на эффект фазовой модуляции, но стоит усилить эффект — и возникают странные бряцающие звуки, имеющие "металлический" тембр. Совершенно неестественные звуки, получающиеся в результате такой обработки, широко использовались, например, для озвучивания персонажей-роботов в фильме "Звездные войны" (Star Wars) и ассоциируются с вреднюгами-роботами из английской многосерийной фантастической телепередачи "Доктор Икс" (Doctor Who). (В Великобритании доки в области электронной музыки спорили о том, как же именно создавались эти звуки для персонажей телепередачи, но можно утверждать, что почти наверняка в те времена использовался процесс обработки, аналогичный кольцевой модуляции. И действительно, в новой передаче BBC инженеры используют новый аппаратный кольцевой модулятор Moog.)

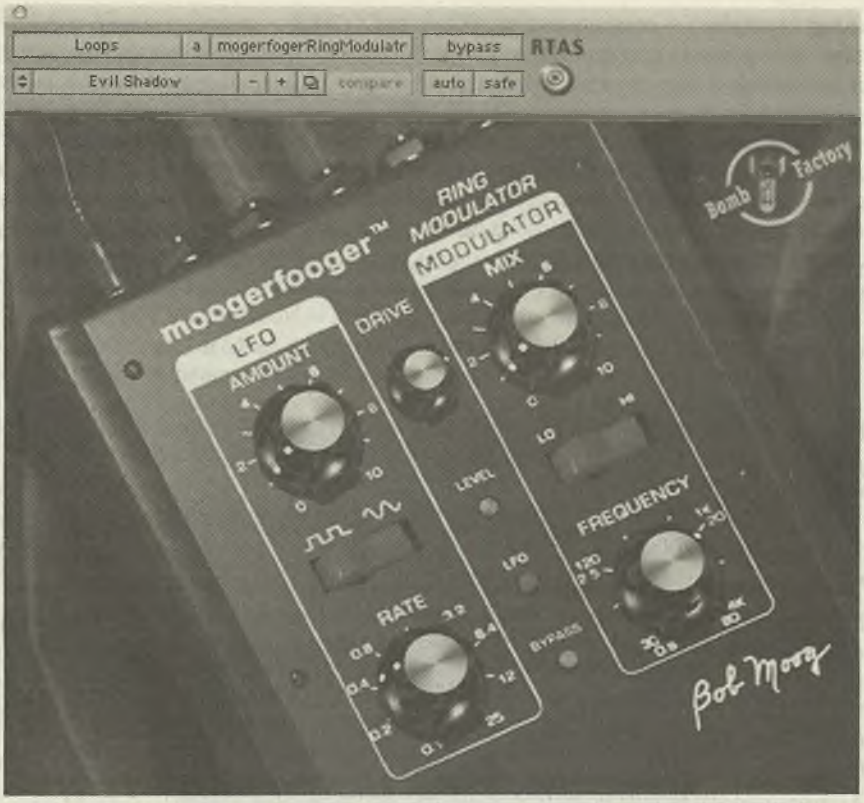


Рис. 7.37. *Кольцевой модулятор Mooger-fooger обеспечивает возможность модуляции входного сигнала сигналом перестраиваемого НЧ-генератора. Боб Муг (Bob Moog) не является изобретателем технологии кольцевой модуляции, но он сделал многое для ее популяризации; компания* Bomb Factory *предлагает кольцевые модуляторы (как в аппаратном, так и в программном исполнении) для рабочей станции Digidesign Pro Tools, выполненные в стиле "ретро" и копирующие звучание, характерное для оригинальных аппаратных модуляторов*

Вокодер

Что представляет собой вокодер. Инструмент для анализа и "повторного синтеза" путем объединения двух сигналов: характеристики частотных составляющих спектра одного из сигналов, с учетом их относительной интенсивности, накладываются на характеристики другого сигнала.

Как им пользоваться. Подайте на вход вокодера два аудиосигнала: один из них (сигнал несущей) будет слышен в обработанном сигнале, а спектральные характеристики второго (модулирующего сигнала) будут наложены на характеристики несущей. Если вокодер оснащен встроенным генератором, то достаточно одного внешнего аудиосигнала — модулирующего.

Для чего он используется. Для придания голосу "роботизированного" тембра, реализации эффектов синтезированного звука и авангардистских эффектов фильтрации.

Вокодер (vocoder) — сокращение от **VOice enCODER** — первоначально разрабатывался для передачи речевых сообщений по узкополосным НЧ-каналам (например, для засекречивания телефонных разговоров). "Магический секрет" вокодера заключался в использовании характерных особенностей человеческой речи, позволяющих отфильтровать сообщение (произнесенные слова), убрав из звука тембр голоса (характерные особенности звучания речи, формируемого голосовыми связками человека, произносившего фразу). Сегодня вокодеры используются в подключаемых модулях, в аппаратуре синтеза и обработки звука, например в популярных клавишных инструментах Korg MicroKorg и Alesis Ion/Micron.

Эта технология базируется на следующем принципе. Человеческая речь может быть представлена в виде двух основных компонентов: вибрации голосовых связок (по терминологии, используемой в технике кодирования речи, — несущей) и модулирующего эффекта человеческого рта, создающего гласные звуки типа "ооо" и "ааа". Речь, которую мы слышим, получается в результате фильтрации вибраций голосовых связок ртом. В основу вокодера положен принцип разделения речи на два этих компонента и их последующего объединения путем модуляции несущей (сигнала, копирующего вибрации голосовых связок) сигналом, полученным путем формантного анализа речи.

Для использования вокодера необходимы два входных сигнала: один используется в качестве модулирующего (это эквивалент формант, формируемых ртом), а второй — в качестве несущей (он "переносит" в выходном сигнале информацию о модулирующем сигнале).

- **Модулирующий аудиосигнал** (обозначаемый также терминами "analysis" и "formant"). Модулятор подает сигнал на вход набора полосовых фильтров, разделяющих сигнал на частотные компоненты. Затем копиры огибающей измеряют мгновенные амплитуды всех частотных составляющих, выдавая наборы синхронных управляющих сигналов, используемых для модуляции несущей (если вы используете речевой сигнал, то это сигнал речевого сообщения).
- **Аудиосигнал несущей** (обозначаемый также термином "synthesis"). Несущая проходит через отдельный набор полосовых фильтров с соответствующими параметрами. Обычно в качестве несущей выбирают сигнал, богатый гармониками (например, пилообразный сигнал синтезатора). Управляющие сигналы, создаваемые копирами огибающей в модуляторе, поступают на регуляторы уровня выходных сигналов полосовых фильтров несущей, так называемые усилители, управляемые напряжением, — VCA (Voltage-Controlled Amplifier). Таким образом, уровень каждой составляющей в спектре несущей управляется уровнем определенной составляющей в спектре модулирующего сигнала.

В выходном сигнале вы услышите уже не модулирующий аудиосигнал, а сигнал несущей, промодулированный этим сигналом (на **рис. 7.38** показана логическая схема реализации описанного способа обработки аудиосигнала). Поскольку для реализации технологии кодирования речи необходимы два входных аудиосигнала, в вокодере должен быть встроен синтезатор (создающий несущую) или предусмотрена возможность подключения внешнего синтезатора через боковую цепь (side-chain). (Так как в ряде базовых приложений не предусмотрена технология подключения через боковую цепь (side-chain), это может сделать реализацию эффекта вокодера трудновыполнимой задачей, поэтому внимательно ознакомьтесь с документацией к используемому базовому приложению и вокодеру.) Преимуществом использования в качестве несущей синтезатора является возможность изменения частоты несущей или, если синтезатор — источник несущей допускает это, даже "игра" на вокодере через MIDI-вход (на **рис. 7.39** показан пример вокодера компании *FL Studio*).

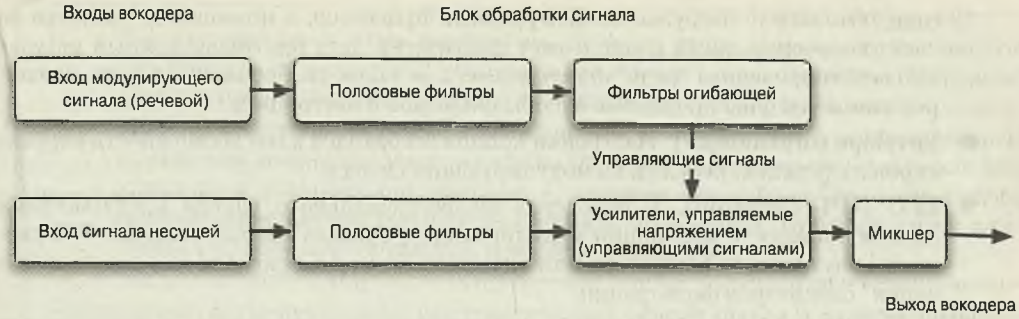


Рис. 7.38. *Логическая схема вокодера. Два входных сигнала в результате обработки объединяются в одном выходном сигнале*

Рис. 7.39. *Пример классического вокодера (разработка компании* FL Studio*) с синтезатором несущей (1), полосовыми фильтрами (2), копиром огибающей (3) и микшером, регулирующим параметры модуляции несущей и пропорцию исходного и обработанного сигналов (4)*

В вокодере на каждом этапе обработки предусмотрены те или иные настройки параметров; возможности набора настроек зависят от конкретного вокодера, но в их числе могут быть следующие.

- **Oscillator (генератор).** В вокодерах, оснащенных внутренним синтезатором несущей, имеются регуляторы характеристик сигнала несущей. (В случае использования внешнего источника сигнала несущей это не имеет значения, и в ряде вокодеров внутренний генератор не предусмотрен.)
- **Filter banks (наборы фильтров).** Широкий набор настроек параметров фильтров как в канале несущей, так и в канале модуляции обеспечивает возможности управления тембром выходного сигнала вокодера. Может быть предусмотрена возможность выбора количества полос фильтрации. Чем больше полос фильтра-

ции, тем больше нагрузка на центральный процессор, а повышение точности за счет увеличения числа полос может фактически дать противоположный результат: синтезированная "речь" станет менее, а не более разборчивой (в ряде вокодеров заложены фиксированные наборы фильтров и настройки).

- **Envelope (огибающая).** Настройки копира огибающей дают возможность корректировать реакцию несущей на модулирующий сигнал.
- **LFO (НЧ-генератор).** В вокодерах профессионального уровня предусмотрена даже возможность модуляции модулирующего сигнала дополнительным НЧ-сигналом внутреннего генератора или внешнего источника сигнала для сдвига и "качания" параметров фильтрации.
- **Voiced/Unvoiced (звонкие/глухие).** Поскольку человеческая речь представляет собой комбинацию звонких звуков (тональных и гласных) и глухих звуков (шипящих, главным образом, высокочастотного шума в согласных типа "с" и "щ"), в вокодере, предназначенном для высококачественного воспроизведения голоса, предусмотрены настройки синхронизации синтеза различных звуков для воспроизведения каждого из них синтезатором.
- **Mix Levels (состав сигнала).** Эти настройки дают возможность добавить к выходному сигналу определенную порцию необработанной несущей или модулирующего сигнала.

Для реализации классического эффекта синтезированного голоса модулирующий сигнал должен быть речевым, но в общем случае модулирующий сигнал может быть любым. Например, можно модулировать отрывок струнной мелодии сигналом барабанного ритма или выбрать какую угодно комбинацию входных сигналов. Но для того, чтобы эффект вокодера проявлялся отчетливо, входные сигналы должны иметь похожий спектральный состав. Лучше всего, чтобы они имели близкую тональность. Если вы не можете добиться желаемого эффекта, возможно, следует с помощью таких эффектов, как компрессия (compression) и перегрузка (overdriving), ограничить динамический диапазон сигнала несущей, амплитудный уровень которого "скачет" слишком резко.

Где можно услышать вокодеры. "Роботизированное", "компьютерное" звучание — классические примеры синтезированного голоса — использовано, например, в песнях "Timesteps" Венди Карлос (Wendy Carlos) в фильме Стенли Кубрика (Stanley Kubrick) "A Clockwork Orange" (в котором вокодер исполнил "Оду радости" Бетховена), "O Superman!" Лори Андерсон (Laurie Anderson), "We Are the Robots" Крафтверк (Kraftwerk), Дафт Панк (Daft Punk). Эффект вокодера чувствуется, хотя и не так явно, в голосе Дарта Вадера (Darth Vader) в "Звездных войнах". Если вас не прельщает классический эффект, к вашим услугам 16-, 20-полосные (и еще больше) вокодеры для неречевого синтеза, способные реализовать необычные эффекты фильтрации, создающие звучание, не имеющее ничего общего ни с одним из упомянутых примеров.

Коррекция высоты тона

Что представляет собой коррекция высоты тона (pitch correction). Автоматическое изменение тональности входного аудиосигнала, коррекция интонации звучания инструмента или голоса в соответствии с заданным звукорядом.

Как пользоваться этим эффектом. Подайте входной аудиосигнал, задайте тональность (стандартную, например "ми мажор"; или создайте собственный звукоряд) и настройки временной синхронизации и чувствительности.

Для чего используется эта технология. Для коррекции незначительных искажений интонации инструментальных и вокальных партий, переноса звукозаписи в экзотический звукоряд и создания спецэффектов путем выбора крайних значений настроечных параметров. Но превратить воющий голос в соловьиную трель вам не удастся, и не мечтайте об этом.

Процессоры, осуществляющие быстрое преобразование Фурье в режиме реального времени, сделали возможным появление корректоров типа AutoTune компании *Antares* (**рис. 7.40**), способных перенести монофонический (одноголосный) аудиосигнал из одной тональности в другую с целью тонкой коррекции вокального исполнения или реализации спецэффектов. Подключаемые модули корректоров высоты тона способны только корректировать интонацию; они не могут превратить безголосого певца в "соловья". Они идеально справляются с незначительными коррекциями высоты тона отдельных нот в отдельных местах, позволяя спасти практически идеальную, за исключением нескольких незначительных дефектов интонации, звукозапись. Подключаемые модули такого типа обычно помогают быстрее и легче справиться с работой, избавляя от утомительной коррекции вручную — выбора отдельных нот и настройки высоты тона. Вот почему корректоры высоты тона стали появляться в ПО даже потребительского уровня, например в GarageBand компании *Apple* (хотя они заметно уступают по характеристикам и функциональным возможностям профессиональным инструментам типа AutoTune).

Пример записи, в которой не использовалась коррекция высоты тона. Вопреки расхожему мнению о том, что композиция "Believe" (Cher) — это результат работы AutoTune в режиме крайних настроек, это не соответствует действительности: на самом деле это работа старомодного добротного вокодера. При настройке в режиме высокой чувствительности AutoTune создаст "хлюпающий" звук при транслировании одной ноты в другую, но не создаст "роботизированный" тембр звучания, который слышен в песне. Продюсер Марк Тейлор (MarkTaylor) рассказал журналу *Sound on Sound* в 1999 году, что для создания эффекта использовался вокодер DigiTalk (`http://www.soundonsound.com/sos/feb99/articles/tracks661.htm`).

Черное золото. Метод обработки данных, реализованный в AutoTune (так называемый метод автокорреляции), первоначально использовался в обработке данных сейсмической разведки подземных месторождений нефти. Для основателя компании *Antares Technology*, бывшего нефтяника, эта технология оказалась золотой жилой — даже сам эффект коррекции высоты тона многие теперь называют просто — "AutoTune".

Более дорогие подключаемые модули коррекции тона, используемые профессионалами, обладают широчайшими возможностями настройки и регулирования, но самыми важными являются два базовых параметра: tuning table (таблица строя) и response или timing (реакция или временная синхронизация). Таблица строя — это звукоряд или лад, в котором должен звучать обработанный звук; это может быть "до минор", "ми" фригийского лада, лад

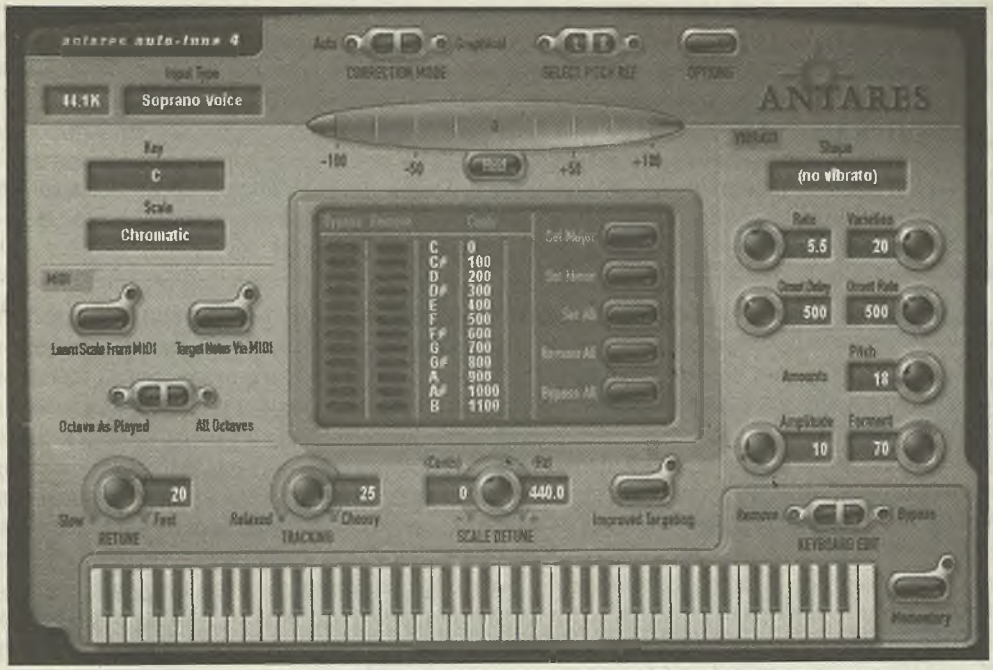


Рис. 7.40. *Получивший повсеместное распространение подключаемый модуль коррекции высоты тона AutoTune компании* Antares Technology *(www.antarestech.com), оснащенный множеством расширенных настроек для создания пользовательских режимов обработки и оптимальными вариантами автоматических настроек для тех, кто предпочитает стандартные режимы обработки, пригодные для самых разнообразных музыкальных стилей*

волынки, индийской раги или вариант, созданный самим пользователем, в зависимости от того, какие возможности настройки заложены в используемом инструменте коррекции высоты тона. Конечно, наиболее распространенный вариант настройки — просто задать тональность и лад мелодии и с помощью инструмента коррекции высоты тона автоматически скорректировать ноты в вокальной или инструментальной партии для получения правильной интонации. Но, если "не жалеть" настроек, можно получить и спецэффекты.

Настройки синхронизации определяют скорость, с которой осуществляется коррекция ноты в правильную тональность. Если задать слишком короткое время реакции подключаемого модуля, звук на выходе будет "хлюпать" вверх-вниз, подстраиваясь на ноту неестественным образом; если, наоборот, слишком увеличить время реакции, то процесс изменения корректором высоты тона станет заметным на слух. Для сохранения естественности звучания здесь очень важно найти "золотую середину", хотя, опять-таки, звукорежиссеры экспериментируют, преднамеренно задавая предельные настройки для получения спецэффектов.

Технология коррекции высоты тона получила широкое распространение в студиях звукозаписи, что вызвало оживленную полемику. Чрезмерное использование автоматической коррекции высоты тона, возможность которого нельзя исключить, усилило жалобы на неестественное звучание и "безвкусную" режиссуру современных композиций поп-музыки. Выдающееся исполнение часто не вяжется с ванильно-приторной "правильнос-

тью" настройки лада современных композиций. Исполнители классических произведений часто ударные ноты чуть-чуть завышают, а безударные — чуть-чуть занижают, в то же время в рок-музыке, джазе и музыке в стиле блюз тончайшее искусство модуляции высоты тона применялось издавна. Недостаточная или, наоборот, чрезмерная коррекция высоты тона лишает музыку качеств, которые вызывают наслаждение ею у слушателя. Важно помнить о том, что коррекция высоты тона, как и любые другие эффекты (будь то коррекция амплитудно-частотной характеристики, компрессия, реверберация и задержки), не может превратить посредственное исполнение в великолепное. (Если вы на самом деле хотите кардинально изменить характер звучания звукозаписи, то единственный инструмент, способный сделать это, — вокодер.) Хотя в разумных дозах коррекция высоты тона экономит время звукозаписи и спасает хорошие записи, устраняя дефекты.

Подавление помех/восстановление качества звука

Что представляют собой инструменты устранения помех и восстановления качества звука (noise reduction/restoration). Это специализированные подключаемые модули, удаляющие из звукозаписи посторонние звуки, в частности широкополосные шумы типа визга магнитофонной кассеты или шума кондиционера. (Во многих подключаемых модулях, предназначенных для решения задач восстановления качества звука общего характера, предусмотрено множество разнообразных функций, помимо простой очистки звукозаписи от шумов).

Как ими пользоваться. Настройте подключаемый модуль, стараясь добиться оптимального соотношения между степенью подавления помех и неизбежно возникающим в результате коррекции изменением характера звучания звукозаписи. Для подавления широкополосных шумов часто делают выборку сигнала шумов в перерыве между участками звукозаписи, на которых записан полезный сигнал, и затем используют этот "образец шумов" для устранения шумов на остальных участках дорожки звукозаписи.

Для чего они используются. Если звукозапись испорчена настолько, что, кроме шумов, в ней практически ничего не слышно, то никакие инструменты восстановления качества звукозаписей ее не спасут. Но они успешно справятся с устранением мене серьезных дефектов типа свистов, шума системы вентиляции, тресков при воспроизведении пластинок и иных помех аналогичного характера.

Существуют разнообразные способы удаления помех из звукозаписи. Можно вручную удалить все щелчки с помощью аккуратного, вплоть до отдельной выборки, редактирования цифровой звукозаписи соответствующим инструментом, хотя это трудоемкий процесс. Можно снизить уровень шума и свиста с помощью фильтров, но при этом неизбежно произойдет и изменение спектра полезного сигнала, который хотелось бы сохранить. Устранить широкополосный шум можно с помощью порогового шумоподавителя, но он не способен подавить шумы, наложившиеся на полезный сигнал.

Подключаемые модули восстановления качества сигнала и процессоры-шумоподавители, применяемые для устранения типичных помех звукозаписи, предназначены для решения этих проблем в режиме реального времени. Для этого используется комбинация

специальных методов и ряда ранее упомянутых типовых процессоров, приспособленных для этой цели. Эти инструменты позволяют справиться со следующими проблемами.

- **Широкополосный шум.** Специализированные инструменты подавления шумов удаляют звуки типа звуков дыхания, жужжания флуоресцентных источников света, шипения и другие шумы. Для этого используется технология шумоподавления на базе алгоритма быстрого преобразования Фурье, позволяющая идентифицировать шум по его спектральному составу. Некоторые процессоры делают выборку шума с участков звукозаписи, на которых отсутствует полезный сигнал и записаны только фоновые шумы; достаточно выделить участок звукозаписи, на котором записан только фоновый шум, и подать команду sample или learn, и встроенный модуль устранения помех удалит эту составляющую сигнала из звукозаписи.
- **Щелчки, треск и хруст.** Треск и хруст аналоговой природы, вызванные частицами пыли в канавках грампластинки, или щелчки цифровой природы и другие импульсные помехи относятся к категории переходных помех. Для их устранения используются специальные цифровые фильтры (pop-filter), работающие в режиме реального времени. Одни из них практически не требуют вмешательства пользователя, а другие требуют, чтобы пользователь указал зону, в которой находятся импульсные помехи.
- **Сетевой фон и рокот.** Сетевой фон, создаваемый источниками питания, и рокот различной природы представляют собой низкочастотные узкополосные помехи. Поэтому для их устранения лучше всего подходит режекторный или узкополосный параметрический фильтр. Для этой же цели можно использовать эквалайзер, но специализированные инструменты восстановления качества звукозаписи обычно оснащены фильтрами.

Комбинируйте средства снижения уровня помех с пороговым шумоподавлением. Специализированные подключаемые модули снижения уровня помех зачастую просто на удивление превосходно справляются с удалением помех, наложившихся на полезный сигнал. Но, если переусердствовать, они могут вызвать неприятные последствия и даже создать помехи на звукозаписи. Вместо того, чтобы напрасно мучиться, пытаясь заставить подключаемый модуль устранения помех очистить от помех и полезный сигнал, и участки пауз, на которых, кроме помех, ничего нет, объедините его с пороговым шумоподавителем. Подключаемый модуль устранения помех займется очисткой от помех полезного сигнала, а с очисткой от помех пауз куда лучше справится пороговый шумоподавитель.

Утилиты

В ряде программ для работы с цифровым звуком имеются утилиты, которые можно использовать как эффекты-вставки для решения задач общего характера, например анализа сигналов и автоматизации рутинных операций.

- **Тест-утилиты.** Измерительные генераторы звукового сигнала позволяют легко проверить работоспособность и настройку оборудования, правильность размеще-

ния громкоговорителей и т.п.; обычно для этой цели используются простые генераторы синусоидального сигнала и генераторы шума.

- **Измерительные приборы и анализаторы.** Измерительные приборы, начиная с осциллографов, которые стали в арсенале большинства студий звукозаписи подручными приборами, постоянно использующимися для визуальной оценки аудиосигналов, дают визуальную информацию о спектре, корреляции и других параметрах аудиосигнала. Без них не обойтись при калибровке оборудования, но они облегчат также редактирование и фильтрацию аудиосигнала.
- **Программы настройки.** Простые программы настройки помогут правильно настроить гитары и другие инструменты (**рис. 7.41**).
- **MIDI-триггеры.** Механизм отправки MIDI-сообщений, синхронизируемой амплитудой сигнала, дает возможность автоматизировать спецэффекты (например, синхронизировать фильтр MIDI-образцом барабанного ритма) или с помощью утилит replacement (замена) автоматически преобразовывать цифровые аудиозаписи ритмов в MIDI-образцы.
- **Преобразователи высоты тона в MIDI-формат (Pitch-to-MIDI).** Преобразователи (конвертеры) высоты тона в MIDI-формат — это следующий по сравнению с MIDI-триггерами, реагирующими на амплитуду сигнала, шаг в технологии автоматизации. Такие преобразователи используются для выделения из звукозаписи информации о высоте тона и длительности звука. Как правило, они способны обрабатывать только одноголосные инструментальные мелодии (например, партию трубы).

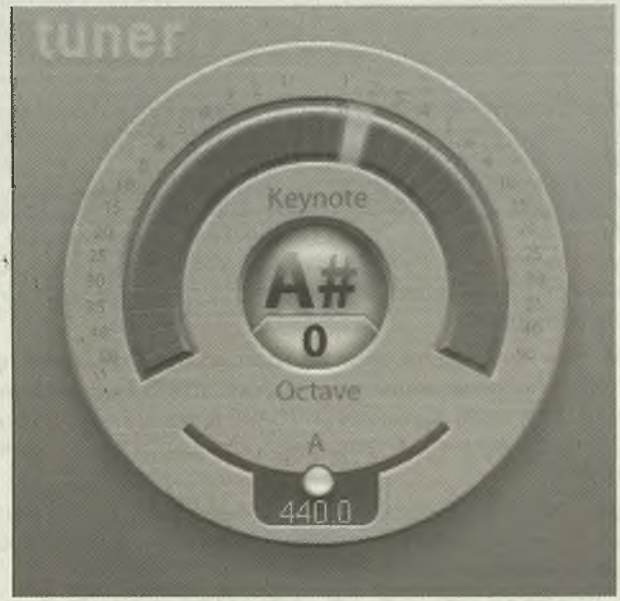


Рис. 7.41. *Программа настройки инструментов в Logic Pro*

На DVD: познакомьтесь с подключаемыми модулями

Теперь, когда вы уже понимаете язык цифровой звукозаписи, нет ничего лучшего для освоения технологий цифровой звукозаписи, чем практика. Чтобы "пощупать" своими руками эти эффекты, вставляйте DVD в дисковод и приступайте к делу.

- В демоверсию Ableton Live включены эквалайзеры, процессоры динамических характеристик, ревербераторы, процессоры задержки, процессоры искажений и спецэффектов, т.е. инструменты обработки практически всех категорий, упомянутых в этой главе. Вы можете использовать эту программу для знакомства на практике с разнообразными подключаемыми модулями (они также записаны на DVD), потому что это приложение совместимо как с Mac-, так и PC-компьютерами и поддерживает разнообразные форматы — на его платформе будет работать большинство подключаемых модулей (это относится даже к демоверсии Ableton Live).
- В демоверсию Cakewalk Kinetic включена широкая гамма процессоров эффектов из Studio Projects.
- В Audacity включено множество простых эффектов деструктивной обработки сигнала, и эта программа поддерживает эффекты LADSPA и VST.
- Программа IK Multimedia Amplitube Uno, записанная на прилагаемом к книге DVD, представляет собой автономный имитатор усилителя со встроенными гитарными эффектами (**рис. 7.42**).

Познакомьтесь на практике с коллекцией бесплатных процессоров эффектов, работающих на операционной платформе Windows и Mac, используя для этого одно из базовых приложений, записанных на DVD или имеющихся у вас.

Добро пожаловать в сокровищницу подключаемых модулей! Приобщившись к тайнам программной технологии обработки сигналов в режиме реального времени, вы, вероятно, хотите еще больше встраиваемых модулей. Рекомендуем Web-сайты, которые могут оправдать ваши надежды.

KVR Audio (`www.kvraudio.com`). Предлагает внушительную (ежедневно обновляемую) базу данных встраиваемых VST-, AU-, DX- и LADSPA-модулей с открытым исходным кодом, в том числе бесплатных подключаемых модулей для любой платформы.

FXpansion (`www.fxpansion.com`). Предлагает интерфейсные программы (wrapper program), обеспечивающие совместимость ПО используемой вами рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) с форматами подключаемых модулей (VST, DirectX, AU и т.д.), поддержка которых в вашей рабочей станции не предусмотрена.

Digidesign (`http://digidesign.com/developers/pluginjnfo/`). Исчерпывающий справочник по подключаемым модулям для Pro Tools и Pro Tools LE с загружаемыми демоверсиями.

Партнерский Web-сайт сайта Real World Digital Audio (`www.realworlddigitalaudio.com`). Самые свежие новости о подключаемых модулях и справочник по бесплатным инструментам и эффектам.

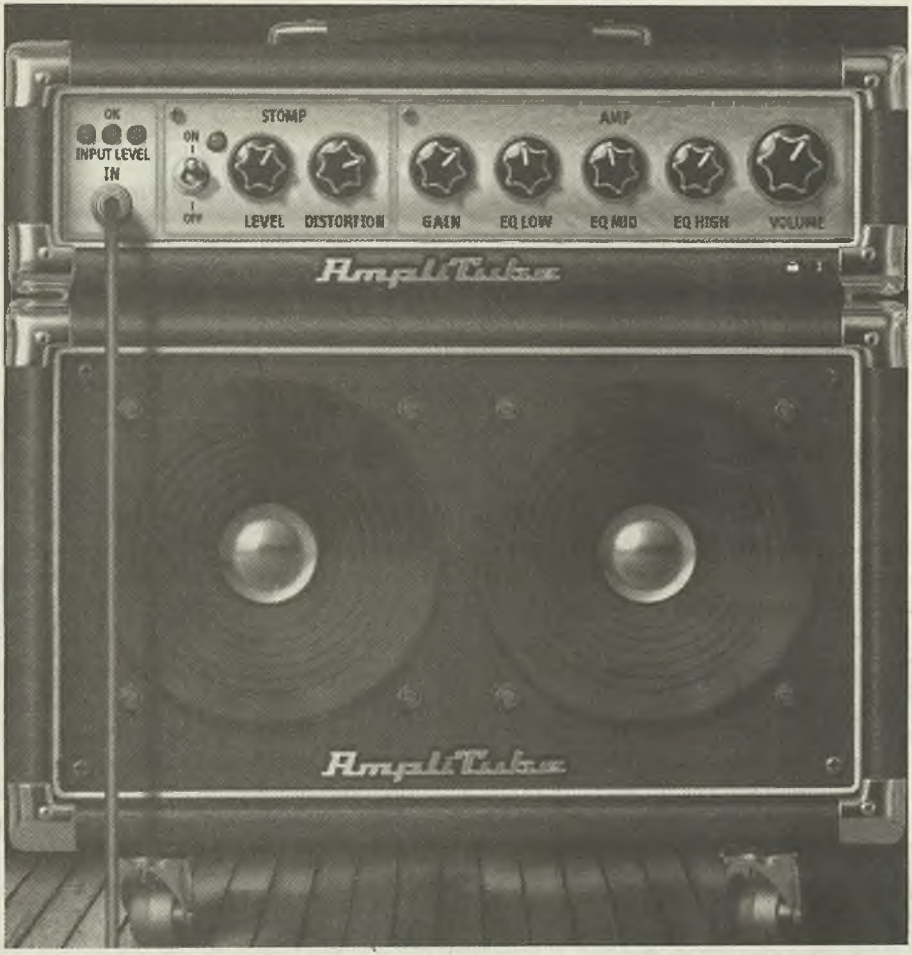


Рис. 7.42. *Программа Amplitube Uno не только осуществляет "окрашивание" звука, характерное для реального гитарного усилителя, но и имеет в своем арсенале два гитарных эффекта: процессор искажений и трехполосный эквалайзер*

ГЛАВА 8

MIDI: НОТЫ, РИТМЫ И ТЕХНИКА ИСПОЛНЕНИЯ

Для большинства музыкантов звук ассоциируется с нотами и ритмами, а не с частотой и длительностью в секундах. Мы выражаем свои чувства звуками, перебирая струны на гитаре, нажимая клавиши на пианино, отбивая ритм на барабане, манипулируя педалью и регуляторами музыкальной аппаратуры. MIDI-технология дает возможность записывать действия исполнителей, играющих на музыкальных инструментах, в цифровой форме и манипулировать этим кодом, облегчая запись и редактирование исполнения музыкальных произведений и звуковых композиций.

Ключевые вопросы

MIDI: ноты, ритмы и техника исполнения

Для использования MIDI-технологии прежде всего необходимо понять, как взаимодействуют между собой MIDI-аппаратура и программное обеспечение, а затем освоить методы записи, редактирования и манипулирования MIDI-данными.

- Использование MIDI-технологии
- Компоновка и настройка MIDI-оборудования студии
- Структура MIDI-данных и технология выражения музыкальной экспрессии и регулировок посредством разнообразных MIDI-сообщений
- Запись и редактирование музыкальных партий в MIDI-формате и создание записи музыкального произведения в MIDI-формате
- Использование MIDI-технологии для управления параметрами микшера и музыкальных инструментов в режиме реального времени

Ключевые термины

- Контроллер, приемник, секвенсер
- Вход (In)/выход (Out)/проходной выход (Thru)
- Звукосниматель Roland RMC, пьезодатчик/барабанный триггер (drum trigger)
- Канал, мультитембровый
- MIDI-сообщения: note-on/off, velocity, aftertouch, control change, program change

- Расширенные MIDI-сообщения: MSB (старший байт)/LSB (младший байт)
- Системные MIDI-сообщения: MIDI clock, MMC, MSC, MTC, SysEx
- Функция Tap tempo, квантование
- Функция Split (разделение), пошаговый ввод (step entry)
- Спецификация General MIDI (GM)

С чего начать

Поиграйте с помощью внешней клавиатуры на виртуальном инструменте, например на SampleTank2 FREE, имеющемся на прилагаемом к этой книге DVD. Посмотрите MIDI-запись вашей игры, сделанную с помощью инструмента MIDI-мониторинга, например MIDI-Ox для Windows и MIDI Monitor для Mac; эти программы также имеются на DVD.

MIDI-порты: входы, выходы и транзитные выходы

Отправка, прием и обработка MIDI-сообщений

Как мы уже говорили в главе 1, MIDI (Musical Instrument Digital Interface — цифровой интерфейс музыкальных инструментов) представляет собой простой метод записи последовательности действий исполнителя, играющего на музыкальном инструменте. Это "осовремененная" концепция механического пианино: отделяя музыкальный инструмент (пианино) от музыкальной партитуры (перфорированной ленты), MIDI-технология обеспечивает возможность записи, редактирования и воспроизведения игры на музыкальных инструментах.

Очевидно, нам необходимы три вещи: средство отправки MIDI-сообщений (контроллер, обычно — клавиатура), средство приема и выполнения MIDI-сообщений (обычно это синтезатор звука или виртуальный инструмент) и ПО для записи и редактирования исполнения в MIDI-формате (секвенсер) (**рис. 8.1**).

Контроллеры

MIDI-устройство, генерирующее MIDI-сообщения, называется *контроллером.* Контроллер — это любое устройство, выдающее MIDI-сообщения. Например, к контроллерам относятся следующие устройства.

- Музыкальная клавиатура
- Микшер, режиссерский пульт
- Педальные регуляторы и коммутаторы
- Электронные барабанные подушки
- Электрогитары, оснащенные MIDI-интерфейсом
- Виртуальный проигрыватель грампластинок или имитатор царапающих звуков
- Секвенсер (программный или аппаратный)

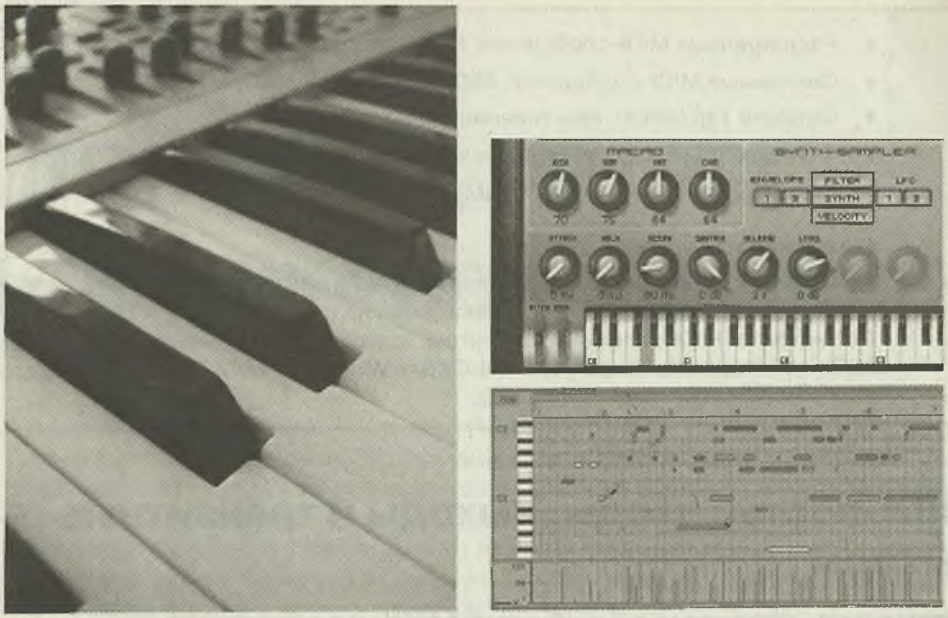


Рис. 8.1. *Для реализации MIDI-технологии необходимы, по крайней мере, две вещи: контроллер (например клавиатура (слева), электронные барабанные подушки или режиссерский пульт) и исполнительное устройство, например, встроенный в клавиатуру синтезатор звука или внешняя аппаратура, или виртуальный инструмент (справа вверху)). Добавим средства сохранения MIDI-данных, обычно это MIDI-секвенсер (справа внизу), и у нас есть все необходимое для записи музыкальных исполнений в MIDI-формате и дальнейшей работы с ними*

Любое устройство, оснащенное выходным разъемом MIDI-стандарта или программным драйвером, преобразующим выходной сигнал в MIDI-формат, является, по существу, контроллером. Это может быть что угодно, даже нечто совершенно не похожее на традиционный музыкальный инструмент: в MIDI-формат можно преобразовать выходной сигнал компьютерной буквенно-цифровой клавиатуры, игрового пульта и джойстика, графического планшета, электрического датчика, видеокамеры и множества других устройств. Для этого разработаны соответствующие инструменты. Вы можете превратить в контроллер собственную Web-камеру, заставив ее "петь" в такт движениям ваших рук перед ее объективом или оснастив датчиками детскую игрушку. Если постараться, любую вещь можно превратить в MIDI-контроллер.

Приемники

Для создания звука используются либо встроенные в контроллер инструменты синтеза звука, либо внешнее устройство — приемник MIDI-сообщений контроллера, преобразующий их в звук. Без исполнительного устройства, преобразующего MIDI-сообщения в звук, контроллер — как дирижер без оркестра: для того чтобы MIDI-композиция "ожила", необходим инструмент, преобразующий MIDI-сообщения в реальный звук. Ниже перечислены типичные примеры MIDI-приемников.

- Виртуальные музыкальные инструменты
- Микшер и процессоры эффектов
- Звуковоспроизводящая аппаратура и цифровые процессоры звука
- Аппаратура для проигрывания видеофонограмм и пульты для видео-джеев
- Цветомузыкальные установки, осветительные панели (многие стандартные осветительные панели оснащены MIDI-входами)

Многие устройства, особенно клавиатуры, способны работать, как контроллеры (выдавая управляющие MIDI-команды) и как приемники (генерируя звук, видео и выполняя другие действия по MIDI-командам).

MIDI-приемники. Примерами нетрадиционных областей применения MIDI-технологии могут служить робототехника, лазерная техника и пиротехника, но самым распространенным вариантом применения этой технологии являются виртуальные музыкальные инструменты на базе клавиатурного контроллера.

Секвенсеры

Конечно, настоящей "изюминкой" MIDI-технологии является не то, что она обеспечивает возможность управления с помощью аппаратного или программного инструмента другими инструментами. Самое главное — возможность записи и редактирования MIDI-событий. Любое устройство, способное записывать и воспроизводить MIDI-информацию, является секвенсером. К этой категории относятся музыкальные клавиатуры с встроенным секвенсером и MIDI-секвенсеры, интегрированные в рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW), например, Cubase, Pro Tools и Ableton Live.

Кодирование физических манипуляций в виде последовательности MIDI-сообщений обеспечивает возможность записи, редактирования и аранжировки музыкальных сочинений. Этот инструмент можно использовать в качестве своеобразного "блокнота" для записи набросков мелодий и их редактирования и аранжировки. С его помощью можно создавать настолько сложные инструментальные партии, что вы просто физически не в состоянии будете их исполнить. Поскольку в MIDI-формате хранится информация только о событиях, с MIDI-данными можно делать то, что с аудиозаписями делать просто невозможно. Например, можно "передать" записанную партию другому музыкальному инструменту и как угодно изменить тональность и ритм мелодии.

Это "живое" или синтезированное исполнение?

Секвенсеры — прекрасный инструмент для записи и редактирования, но MIDI-технология подходит не только для студийных условий. Простата и стандартизация MIDI-данных позволяют легко реализовать любые эффекты — от изменения тональности в режиме реального времени до создания сложных интерактивных комбинаций. Из MIDI-эффектов, предусмотренных в секвенсерах и модульных MIDI-системах, например в Max/MSP, Jade, Pure Data (Pd), Reaktor и Environments из Apple Logic Pro, вы можете скомпоновать необходимую комбинацию, которая будет "аккомпанировать" во время исполнения.

Вы вообще не пользуетесь аппаратурой? Вы считаете, что поскольку вы сочиняете свою музыку в музыкальной программе и у вас нет никаких музыкальных клавиатур и тому подобных инструментов, то MIDI-технология никакого отношения к вам не имеет? Подумайте хорошенько: вы же используете для прослушивания своего сочинения какой-то виртуальный музыкальный инструмент в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или "виртуальной студии", базирующейся на использовании технологии образцов звуков. Значит, всякий раз, внося виртуальной ручкой в виртуальную нотную партитуру новую ноту, вы используете MIDI-технологию. Не верьте тем, кто твердит, что MIDI-технология "умерла", они ошибаются, по крайней мере в данный момент она не собирается "умирать". (Читайте раздел "OSC: наследница MIDI?" далее в этой главе.)

Подключение инструментов и аппаратуры

USB и FireWire

Для подключения MIDI-устройства, оснащенного интерфейсом USB, к компьютеру, нужно просто вставить кабельную вилку устройства в соответствующий разъем компьютера так, как показано на **рис. 8.2**, и ПО должно распознать подключенное устройство автоматически. (Для некоторых устройств необходимо прежде инсталлировать драйверы.) Для подключения нескольких устройств используйте свободные разъемы USB и Fire Wire, имеющиеся в компьютере. В случае нехватки портов USB используйте USB-концентратор (внимательно разберитесь с питанием USB-устройств), и все готово.

5-контактный MIDI-разъем

Сегодня, когда компьютеры стали повсеместно использоваться в производстве музыки и практически все новые музыкальные устройства оснащаются интерфейсом USB или FireWire, можно пользоваться MIDI-технологией, вполне обходясь без портов MIDI, оснащенных 5-контактными разъемами. Но существует еще множество устройств, оснащенных 5-контактными разъемами стандарта MIDI. И поскольку в течение двух десятилетий с момента появления MIDI-технологии их спецификация и конструкция не менялись, для использования компьютерных технологий в музыке имеется широкий выбор нового и старого оборудования.

Подключение MIDI-устройства к компьютеру, не имеющему такого интерфейса, возможно, но для этого понадобится дополнительное оборудование. Во многих устройствах сопряжения аудиоаппаратуры, как и в другой аудиоаппаратуре, оснащенной интерфейсами USB и FireWire, предусмотрены MIDI-порты, что позволяет подключить MIDI-оборудование к MIDI-порту одного из таких устройств и через порт USB или FireWire — к компьютеру. В случае отсутствия устройства сопряжения аудиоаппаратуры или инструмента с интерфейсом USB или FireWire, оснащенного MIDI-портом, выход все равно есть: используйте специальный USB-to-MIDI-адаптер, например M-Audio Uno (**рис. 8.3**). В M-Audio Uno сеть только один MIDI-вход и один MIDI-выход; при необходимости подключения большого количества MIDI-оборудования предпочтительнее использовать многопортовое устройство сопряжения аудиоаппаратуры с необходимым количеством MIDI-портов.

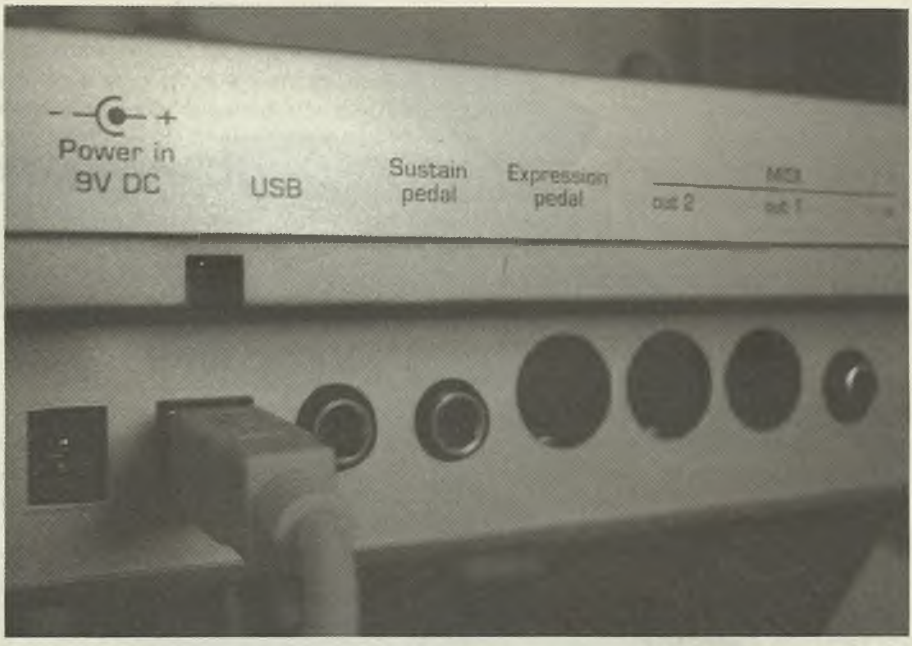


Рис. 8.2. *Если устройство оснащено портом USB или FireWire, его несложно подключить к компьютерному оборудованию. Если в вашем компьютерном оборудовании есть также порты MIDI, как, например, в Novation X-Station на этой фотографии, используйте их для подключения внешнего оборудования, в котором не предусмотрены порты USB и FireWire для подключения к компьютеру, и используйте одновременно и компьютерное оборудование, и MIDI-инструменты*

Для аппаратуры, оснащенной стандартными MIDI-портами с 5-контактными разъемами, также требуются другие кабели, чем для USB-аппаратуры. MIDI-порты — однонаправленные (т.е. через один разъем данные проходят только в одном направлении), поэтому для того, чтобы устройство могло не только передавать информацию, но и принимать ее от других устройств, потребуется два кабеля.

Стандартом предусмотрены три основных типа MIDI-портов — IN (вход), OUT (выход) и THRU (транзитный выход) (**рис. 8.4**).

- **In (вход).** Через него в данное устройство вводятся MIDI-данные, передаваемые внешними устройствами.
- **Out (выход).** Через него генерируемые данным устройством MIDI-данные выводятся на внешние устройства.
- **Thru (транзитный выход).** Через него MIDI-данные, поступающие в данное устройство через порт IN (вход) (например, данные с компьютера), выводятся на внешние устройства.

Вследствие однонаправленности MIDI-портов вход данного устройства необходимо соединять только с выходом другого устройства, а выход, наоборот, — только с входом другого устройства. Транзитный выход данного устройства необходимо соединять только с входом другого устройства. Если нужно всего лишь соединить устройство управления

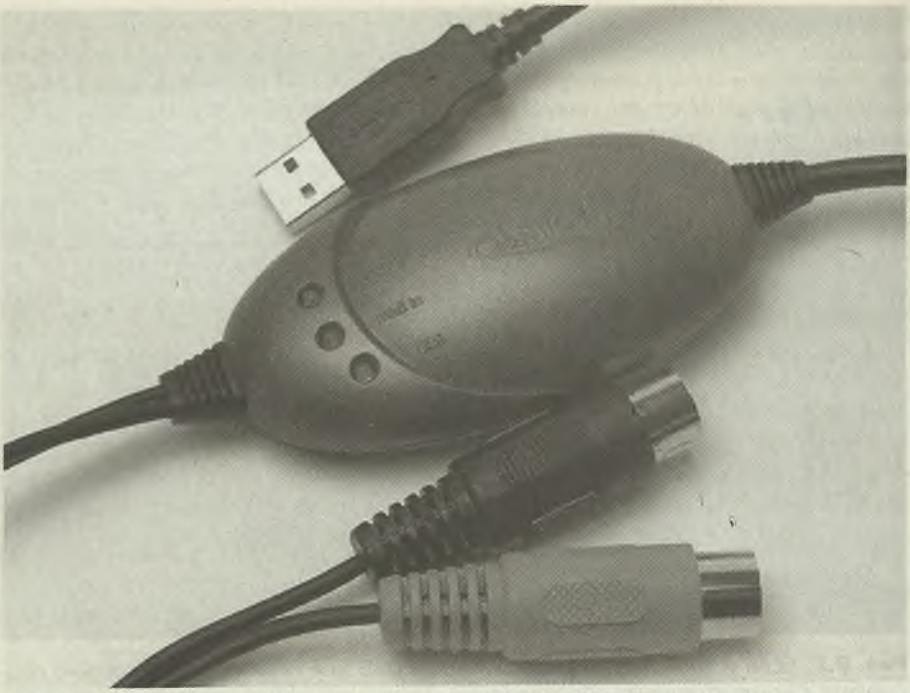


Рис. 8.3. *MIDI-адаптер M-Audio Uno настолько компактен, что его несложно спутать с обычным кабелем. Этот переходник с USB-разъемом на одном конце и MIDI-разъемом — на другом представляет собой удобный вариант сопряжения устройства, оснащенного интерфейсом MIDI, с компьютером*

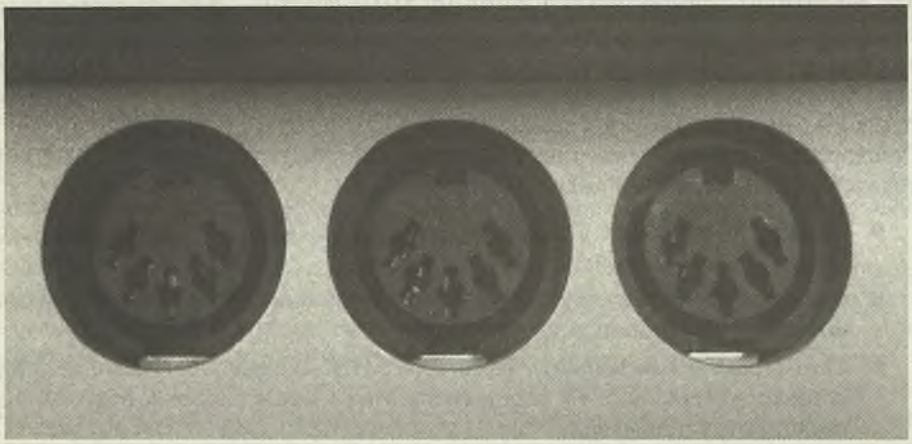


Рис. 8.4. *Полный набор MIDI-портов, оснащенных стандартным 5-контактным MIDI-разъемом. Обычно порты располагаются в следующем порядке (слева направо, если смотреть со стороны лицевой панели): IN (вход), OUT (выход) и THRU (транзитный выход) (хотя далеко не все производители придерживаются этого порядка расположения)*

с исполнительным устройством, достаточно одного кабеля для того, чтобы соединить MIDI-выход устройства управления с MIDI-входом исполнительного устройства. Например, если вы хотите музицировать на MIDI-клавиатуре, не оснащенной встроенным синтезатором звука, подключите ее выход ко входу синтезатора звука. Для двунаправленной связи понадобится два кабеля. Например, если вы хотите исполнить мелодию на барабанных подушках ритм-машинки и записать свое исполнение на компьютере, а затем воспроизвести записанное исполнение на той же ритм-машинке, используя ее встроенный синтезатор звука, обеспечьте двухсторонний обмен данными между компьютером и ритм-машинкой. По одному кабелю данные будут передаваться с ритм-машинки на компьютер, а по другому — с компьютера на ритм-машинку.

Если нужно подключить к одному порту устройства сопряжения аудиоаппаратуры несколько устройств, используйте транзитные выходы. Данные, поступающие на вход (IN) устройства, транслируются на его транзитный выход (THRU) и, таким образом, проходят по цепочке от устройства к устройству. Последовательно соединяя транзитный выход устройства, на вход которого подан сигнал с устройства сопряжения, со входом следующего устройства и так далее, вы можете соединить цепочкой несколько устройств. На **рис. 8.5** приведены разные варианты схемы соединения MIDI-аппаратуры.

1. Базовая схема соединения. Вход (IN) и выход (OUT) единственного MIDI-устройства соединены двумя отдельными кабелями с устройством сопряжения. Можно, например, подключить музыкальную клавиатуру со встроенным синтезатором к компьютеру (непосредственно, если компьютер оснащен MIDI-интерфейсом, или через устройство сопряжения аудиоаппаратуры). Во время игры данные исполнения с MIDI-выхода клавиатуры будут передаваться на компьютер для записи секвенсером. При проигрывании записанного исполнения секвенсером эти данные будут передаваться с компьютера на вход MIDI-клавиатуры, и вы сможете прослушать записанное исполнение.
2. Цепочка MIDI-устройств. Вариант соединения цепочкой нескольких MIDI-устройств обеспечивает передачу данных с одного выхода устройства сопряжения аудиоаппаратуры на все устройства. Например, если вы хотите, чтобы MIDI-синтезатор звука и ритм-машинка воспроизводили звучание мелодии, исполняемой на клавиатуре или компьютерном секвенсере, соедините транзитный выход (THRU) клавиатуры (устройство 1) со входом (IN) синтезатора звука (Устройство 2), а транзитный выход (THRU) синтезатора звука — со входом (IN) ритм-машинки (Устройство 3). Недостаток такой схемы соединения заключается в том, что соединенные цепочкой устройства могут только принимать данные; они не могут передавать данные, генерируемые ими самими при нажатии клавиш их собственных клавиатур и манипуляции их органами управления. Например, записать с помощью компьютерного секвенсера свое исполнение партии ударных на барабанных подушках ритм-машинки вы не сможете.
3. Соединение MIDI-аппаратуры через многопортовое устройство сопряжения: для полноценного (на прием и передачу данных) соединения нескольких MIDI-устройств необходимо многопортовое устройство сопряжения (или соответствующее количество однопортовых устройств сопряжения), обеспечивающее необходимое количество пар разъемов “IN-OUT”.

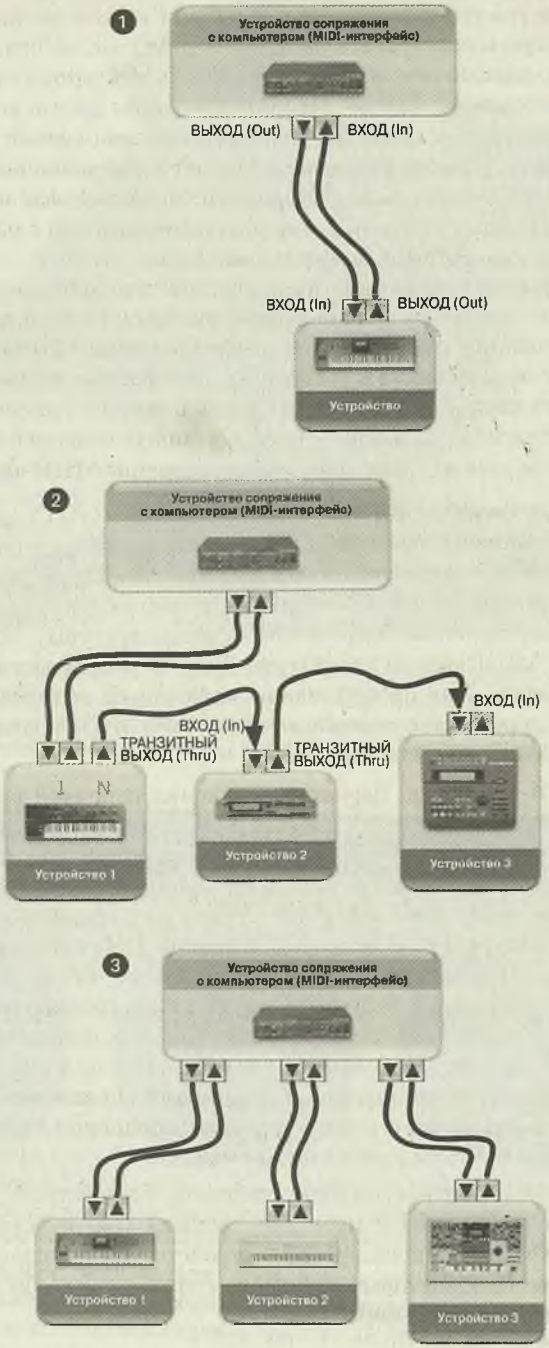


Рис. 8.5. *Три типовых варианта схемы соединения MIDI-аппаратуры*

В устройстве нет транзитного выхода THRU? Если в устройстве имеются только вход (IN) и выход (OUT), а транзитного выхода (THRU) нет, это еще не означает, что к нему невозможно подключить цепочкой другие MIDI-устройства. В MIDI-устройствах обычно предусмотрены функция объединения (merge) данных, поступающих на вход, с данными, генерируемыми самим устройством, поэтому выход устройства можно реально использовать в качестве как обычного выхода (OUT), так и транзитного выхода (THRU). Проверьте по документации, предусмотрена ли такая возможность в вашем устройстве.

Для чего нужны все остальные разъемы? В MIDI-клавиатурах, как правило, рядом с 5-контактными разъемами MIDI-портов имеются дополнительные четвертьдюймовые гнезда для подключения педальных органов управления, например педали включения/выключения записи, педали удержания звука, громкости и т.п. Педали и клавиатуры разных производителей, как правило, совместимы друг с другом, но бывают и исключения.

Клавиатуры

Первыми из MIDI-устройств были клавиатуры, и они остаются образцом универсального MIDI-устройства. В дополнение к непременным фортепианным клавишам типичная MIDI-клавиатура обычно оснащена регуляторами амплитудной модуляции (mod) и частотной модуляции, которые располагаются обычно на левой стороне панели инструмента (**рис. 8.6**). Часто эти регуляторы выполнены в виде колесиков: одно колесико предназначено для регулировки режима амплитудной, а другое — частотной модуляции, хотя некоторые производители предпочитают использовать для этой цели двухкоординатные джойстики, сенсорные площадки, движковые регуляторы и др. В простейших клавиатурах регуляторы амплитудной и частотной модуляции могут вообще отсутствовать.

Во многих клавиатурах установлены дополнительные движковые и поворотные регуляторы и другие органы управления, генерирующие MIDI-информацию. Помимо управления звуком, синтезируемым самой клавиатурой (если она оснащена встроенным синтезатором звука), эти регуляторы можно использовать для управления любым аппаратным MIDI-инструментом, а также, что используется значительно чаще, настройками программ. Например, с помощью набора движковых и поворотных регуляторов можно управлять параметрами микширования дорожек аранжировки в секвенсере или регуляторами тембра в программном синтезаторе. В некоторых клавиатурах встречаются более экзотические органы управления, например наборы сенсорных площадок для синхронизации музыкальных фрагментов (сэмплов) с ударами барабанов и даже инфракрасные видеокамеры для дирижирования звуком.

В связи с обилием и доступностью компьютеров и мощных программных синтезаторов многие производители отказываются от установки в музыкальные клавиатуры встроенных синтезаторов звука. Для получения "живого" звука такую клавиатуру необходимо подключить к внешнему синтезатору звука по MIDI-интерфейсу или подключить ее к компьютеру и использовать программный синтезатор.

Во многих клавиатурах, оснащенных встроенными синтезаторами звука, предусмотрено переключение в один из двух режимов — *local-on* или *local-off*. В первом случае MIDI-данные, генерируемые органами управления клавиатуры (фортепианными клавишами, колесиками частотной и амплитудной модуляции и другими органами управления), передаются во внутреннюю схему обработки MIDI-данных и синтеза звука, а во втором — нет. Если вы переключите клавиатуру в режим *local-on*, она, помимо передачи

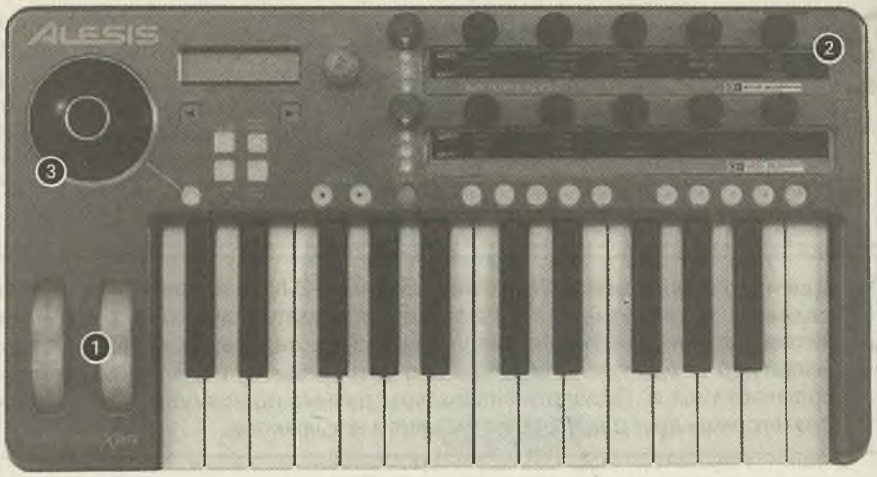


Рис. 8.6. *В MIDI-клавиатуре Alesis Photon X25, показанной на этом рисунке, помимо фортепианных клавиш, в создании MIDI-сообщений принимают участие и другие органы управления: привычные колесики регулировки режимов амплитудной и частотной модуляции (1), регуляторы для манипуляции звуками в программном синтезаторе (2) и даже инфракрасная видеокамера (3), с помощью которой можно "дирижировать" звуками, двигая руками в воздухе. Эта клавиатура предназначена для работы совместно с компьютером, поэтому в ней отсутствуют средства синтеза звука. Поскольку она оснащена портом USB, вы можете подключить ее непосредственно к компьютеру. Таким образом, отпадает необходимость в устройстве сопряжения MIDI-аппаратуры с компьютером*

вашего исполнения в MIDI-формате на компьютер и другие подключенные устройства, "озвучит" его, как обычный музыкальный инструмент. В режиме *local-off* встроенный синтезатор звука клавиатуры будет озвучивать MIDI-данные, поступающие от внешнего источника (например, компьютерного секвенсера), а ваше исполнение на клавиатуре — нет, оно в MIDI-формате будет просто передаваться на MIDI-выход клавиатуры. Зачем это нужно? Существует, по крайней мере, два случая, когда это требуется: первый — вы хотите с помощью клавиатуры играть на виртуальном музыкальном инструменте и через секвенсер передавать аудиосигнал этого инструмента обратно на клавиатуру для воспроизведения звука; второй — вы хотите так установить на компьютере настройку MIDI thru (ее еще называют MIDI echo, что только запутывает), чтобы MIDI-данные, поступающие с клавиатуры на компьютер, возвращались обратно, на ее встроенный синтезатор. При работе клавиатуры, оснащенной встроенным синтезатором, совместно с программным секвенсером ее обычно переключают в режим *local-off*, если же она переключена в режим *local-on*, настройка MIDI thru секвенсера приведет к тому, что каждая нота, которую вы сыграете, прозвучит дважды, поскольку каждое MIDI-сообщение клавиатуры поступит на встроенный синтезатор дважды — напрямую (через внутренние цепи, разблокированные в режиме *local-on*) и по кольцу (через компьютер). Сдвоенное звучание нот имеет специфический характер: звук — как из бочки и какой-то туманный вследствие эффекта фазовой нейтрализации. Если во время игры инструмент не издает ни звука, не забудьте, прежде всего, проверить, не работает ли клавиатура в режиме *local-off*.

Ни единого звука?

Помимо настройки *local-off*, причина может быть и в том, что в клавиатуре заблокирован прием MIDI-сообщений от внешних источников. Такая настройка предусмотрена во многих клавиатурах и предназначена для использования клавиатуры в автономном режиме. Если клавиатура подключена к компьютеру, необходимо отменить блокировку приема поступающих MIDI-сообщений.

Сольные и бас-гитары

Поскольку электрогитара по своей природе является аналоговым инструментом, ее аудиосигнал необходимо преобразовать в MIDI-формат, чтобы управлять MIDI-инструментами или сделать нотную запись мелодии и редактировать ее. Подключение MIDI-гитары — однонаправленное, вы можете использовать ее в качестве контроллера, но воспроизвести на ней MIDI-мелодию, вполне понятно, невозможно. Поэтому для воспроизведения исполнения партии гитары, записанного в MIDI-формате, понадобится синтезатор звука.

Для записи звука гитары в MIDI-формате необходимы два основных элемента.

- **Звукосниматель**. Датчик, преобразующий вибрацию гитарных струн в аналоговый сигнал.
- **Преобразователь цифрового сигнала в MIDI-формат.** После преобразования аналогового сигнала в цифровую форму необходимо преобразовать полученную информацию (высоту тона и длительность нот) в MIDI-формат.

В электрогитарах звукосниматель преобразует вибрацию всех струн, как правило, в единый электрический сигнал, который снимается с выхода звукоснимателя. Если вы исполняете одноголосную мелодию и тщательно демпфируете вибрацию остальных струн, то сигнал с выхода стандартного звукоснимателя электрогитары несложно будет преобразовать в MIDI-формат. Эта задача облегчается, если использовать специальный многоканальный звукосниматель (его еще называют гексафоническим (hexaphonic), потому что в нем для каждой из шести струн имеется отдельный выход сигнала). В этом случае можно записать звучание каждой струны изолированно, даже при исполнении аккордов.

А так ли уж необходима вам MIDI-технология? Для того чтобы музицировать на музыкальных инструментах, добавлять эффекты и записывать исполнение, вполне достаточно обычного звукоснимателя и инструментов обработки цифрового аудиосигнала. Эффекты можно добавить с помощью аппаратуры или программных имитаторов усилителей, оснащенных процессорами эффектов, например программы AmpliTube Uno, записанной на DVD, прилагаемом к этой книге. Превратить электрогитару в MIDI-инструмент следует, если вы хотите:

- использовать ее в качестве контроллера для игры на виртуальных инструментах и синтезаторах;
- делать нотную запись своих исполнений на электрогитаре;
- расширять возможности редактирования, вплоть до отдельных нот (ведь не секрет, что в MIDI-формате куда легче изменить высоту тона и длительность отдельных нот или ритм всей мелодии).

Для подключения электрогитары к аппаратуре обработки звука и спецэффектов (темброблок, усилитель и т.п.), выпускаемой компаниями *Roland*, *Yamaha* и *Axon* (`www.terratec.com`), используется 13-контактный разъем типа `Roland` RMC. Подключите электро-

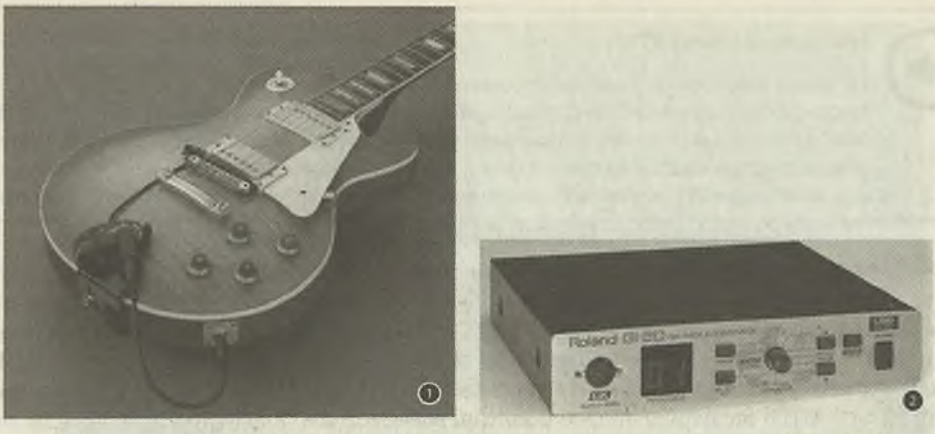


Рис. 8.7. *Специальный звукосниматель, например Roland GK-3A (1), показанный на этом рисунке, позволяет записать звучание каждой струны электрогитары изолированно (звукосниматель Roland GK-3B предназначен для бас-гитары). Выход этого звукоснимателя соединяется через 13-контактный разъем Roland RMC с устройством типа Roland GI-20 (2). Roland GI-20 преобразует сигнал звукоснимателя в MIDI-формат, который затем можно передать на другие MIDI-устройства или по интерфейсу USB, которым оснащено это устройство, на компьютер. Вы можете таким образом использовать свою соло- или бас-гитару для игры на виртуальных инструментах (фотографии публикуются с любезного разрешения компании* Roland Corporation, U.S.*)*

гитару, оснащенную таким разъемом, к устройству Roland GI-20 (или к другому устройству аналогичного назначения), и можете передать MIDI-данные на компьютер по интерфейсу USB, что упрощает задачу сопряжения аппаратуры (**рис. 8.7**). Вставьте кабельный 13-контактный разъем электрогитары в ответную часть на панели Roland GI-20 и соедините его с компьютером USB-кабелем. Теперь вы способны делать со своими MIDI-инструментами и секвенсером практически все то же, что и на музыкальной клавиатуре (вы также почувствуете, что исполнять на этих инструментах таким образом удобнее, чем с помощью клавиатуры).

Для сокращения количества компонентов для цифровых соединений профессиональные гитары, например iGuitar компании *Brian Moore* (`www.iguitar.com`), изначально оснащаются специальным звукоснимателем и разъемом Roland RMC (**рис. 8.8**) (компания *Brian Moore* выпускает также электрогитару iGuitar.USB, оснащенную в дополнение к аудиовыходу интерфейсом USB, хотя для преобразования сигнала гитары в MIDI-формат все равно необходимо подключить ее через разъем Roland RMC к устройству типа Roland).

Пьезодатчик (или просто "drum trigger" (барабанный триггер)) — это простейший электронный элемент, идеально подходящий для регистрации барабанного боя. Пьезодатчик представляет собой тонкий листочек пьезополимера, генерирующего электрический импульс при механической вибрации. Если прикрепить такой пьезодатчик к мембране или корпусу барабана и ударить по барабану, пьезодатчик отреагирует на это коротким электрическим импульсом. Пьезотриггеры крепятся непосредственно к мембране барабана или монтируются на барабане на специальных кронштейнах, которые прижимают пьезодатчик к мембране, например, типа ddrum, показанных на **рис. 8.9** (второй вариант крепления, в целом, предпочтительнее, поскольку лучше предохраняет хрупкий пьезоэлемент от разрушения и обеспечивает более надежную регистрацию информации за счет подержания постоянного усилия прижима датчика к барабану). Сигнал пьезодатчика передается по стандартному аудиокабелю и затем преобразуется цифровой MIDI-формат.

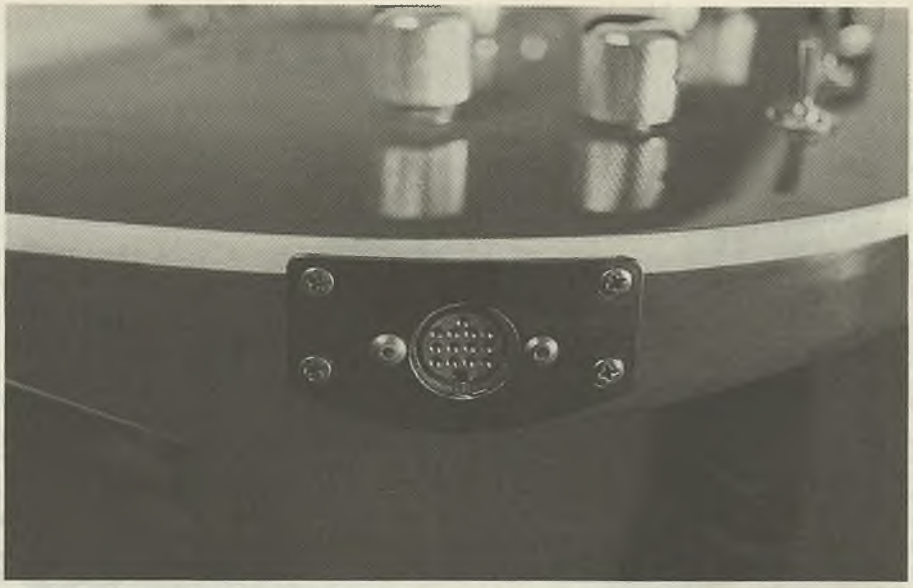


Рис. 8.8. *Электрогитара iGuitar компании* Brian Moore *изначально оснащена шестиканальным звукоснимателем с разъемом Roland RMC для удобного подключения к устройству типа Roland GI-20 для преобразования сигнала в MIDI-формат и управления другими MIDI-устройствами, а также для удобного подключения к компьютеру (фотография публикуются с любезного разрешения компании* Brian Moore Guitars, Inc.*)*

Барабаны и другие ударные инструменты

У ударников есть два варианта использования MIDI-технологии: можно с помощью пьезодатчиков записать партию ударных инструментов, исполненную на обычной акустической ударной установке, и преобразовать записанный сигнал в MIDI-формат или использовать цифровую ударную установку, предназначенную специально для использования в MIDI-технологии. В обоих случаях удары барабанов преобразуются в MIDI-события, позволяя исполнять партию ударных на любых программных и аппаратных инструментах, "привязывать" музыкальные фрагменты к ритму мелодии, синхронизировать темп игры виртуальных инструментов с темпом вашего исполнения, включать и выключать видеоаппаратуру и выполнять другие разнообразные MIDI-команды.

Пьезодатчик (или просто "drum trigger" (барабанный триггер)) — это простейший электронный элемент, идеально подходящий для регистрации барабанного боя. Пьезодатчик представляет собой тонкий листочек пьезополимера, генерирующего электрический импульс при механической вибрации. Если прикрепить такой пьезодатчик к мембране или корпусу барабана и ударить по барабану, пьезодатчик отреагирует на это коротким электрическим импульсом. Пьезотриггеры крепятся непосредственно к мембране барабана или монтируются на барабане на специальных кронштейнах, которые прижимают пьезодатчик к мембране, например, типа ddrum, показанных на **рис. 8.9** (второй вариант крепления, в целом, предпочтительнее, поскольку лучше предохраняет хрупкий пьезоэлемент от разрушения и обеспечивает более надежную регистрацию информации за счет поддержания постоянного усилия прижима датчика к барабану). Сиг-

***Рис. 8.9**. Барабанные триггеры дают возможность работать со звуком акустической ударной установки, как с сигналом цифровой ударной установки, — использовать его для синхронизации сэмплов и согласования темпа игры инструментов. Показанные на рисунке барабанные триггеры типа ddrum разработаны специально для этого. Металлический корпус кронштейна защищает пьезодатчик от случайных ударов, а прищепка позволяет легко закрепить его на корпусе барабана, обойдясь без клея, и обеспечить необходимое усилие прижима к мембране барабана. С выхода датчика сигнал по обычному аналоговому аудиокабелю передается на преобразователь импульсного сигнала в MIDI-формат и затем может быть использован в любом MIDI-устройстве (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Armadillo Enterprises, Inc./ddrum Percussion*)*

нал пьезодатчика передается по стандартному аудиокабелю и затем преобразуется в цифровой MIDI-формат.

Для преобразования аналогового электрического сигнала в MIDI-формат необходим специальный преобразователь. Вы можете приобрести новейшую модель такого устройства, например Roland TMC-6, или поискать на сайте eBay и других сайтах, на которых предлагается подержанное оборудование, модель подешевле, пусть и не самую последнюю.

Альтернативой пьезодатчику является использование программных преобразователей аудиосигнала в MIDI-формат. Примером такой программы является программа VST

KTDrumTrigger Кина Танги (Koen Tanghe) из компании *Smartelectronix*, распространяемая бесплатно, на условиях добровольных пожертвований. Эта программа, совместимая с Mac и Windows, имеется на прилагаемом к книге DVD.

Программы такого типа анализируют звук барабанов, записанный с близко стоящего микрофона, и преобразуют его в MIDI-ноту при каждом превышении сигналом заданного пользователем порогового уровня. Главным достоинством программной технологии преобразования является возможность превращения в синхросигнал любого записанного аудиосигнала или аудиообразца. Кроме того что вам придется повозиться с настройками, чтобы добиться точного преобразования, еще понадобится базовое приложение, поддерживающее прием MIDI-данных от подключаемых модулей. В ряде самых популярных рабочих станций цифровой звукозаписи такая возможность не предусмотрена.

Независимо от того, какой вариант вы выберете — будь то пьезодатчики или программное преобразование аудиосигнала барабанной партии в MIDI-формат, — чтобы получить хороший результат, придется повозиться с настройками пороговых уровней и коррекцией ошибок.

А нужна ли вам MIDI-технология? Если вам ничего, кроме как записывать игру на акустической ударной установке, не нужно, стоит ли тратить время на освоение этой технологии? Но имейте в виду, что MIDI-технология позволяет искусному ударнику превратиться в дирижера целого инструментального ансамбля инструментов.

- **Барабан может звучать как угодно.** Используя ударную установку в качестве MIDI-контроллера, вы можете играть барабанную партию, исполняемую на ней, на любом аппаратном или программном инструменте: ваш барабан может "запеть" голосом фортепиано, гитары и любого инструмента по вашему желанию.
- **Становится возможной синхронизация аудиообразцов.** Барабаны создают короткий импульсный сигнал, который идеально подходит для синхронизации сэмплов. Вы можете синхронно добавлять сэмплы в свое "живое" исполнение.
- **Становится возможным отслеживание темпа исполнения.** С помощью такого инструмента, как InTime Tempo Tracking System — программы компании *Circular Logic*, совместимой с Mac и Windows, — MIDI-установка ударных инструментов может задавать темп исполнения, который будут соблюдать все MIDI-устройства. Играйте на барабанах, и программа, аккомпанирующая вам на вашем компьютере, будет все время работать в одном темпе с вами (компания *Circular Logic* публикует советы и учебные курсы на своем Web-сайте `www.circular-logic.com`).

Если вы решите полностью отказаться от обычных барабанов в пользу цифровых, используйте цифровые барабанные подушки. Цифровые барабанные подушки — это либо сенсорные барабанные подушки со встроенным MIDI-интерфейсом, либо те же оснащенные пьезодатчиками, подушки, подключенные к внешнему MIDI-преобразователю. Выпускаются варианты такого рода оборудования, рассчитанные на разнообразные варианты применения.

- **Для игры руками.** Барабанные подушки для игры руками, например Trigger Finger компании *M-Audio* и MPD-16 компании *Akai*. В обоих устройствах используются барабанные подушки, скомпонованные в виде решетки 4×4 (как в сэмплерах серии MFC компании *Akai*, завоевавших широкую популярность),

или Handsonic HPD-15 компании *Roland*, в котором барабанные подушки скомпонованы в кольцо, привычное для тех, кто играет руками на бонго.

- **Для игры барабанными палочками.** Барабанные подушки для игры барабанными палочками, например DrumKAT компании *KAT Percussion* и TrapKAT, а также барабанные подушки, выпускаемые компаниями *Yamaha* и *Roland*.
- **Для игры колотушками (mallet).** Цифровые инструменты, специально выпускаемые для этой цели, например MalletKAT компании *KAT Percussion*.
- **Для игры ногами.** Наборы для отбивания ритма с помощью ножных педалей, работающие аналогично педалям акустических барабанов; например в Hart Dynamics предусмотрены специальные педали.
- **Полные комплекты ударных инструментов.** Полностью цифровые наборы ударных инструментов, в которых есть все — от разнообразных барабанов до всевозможных тарелок в комплекте с синтезатором и MIDI-преобразователем, например набор серии V-Drum компании *Roland*, показанный на **рис. 8.10**, и серии DTX компании *Yamaha*.

Рис. 8.10. *В наборе серии Roland V-Drum предусмотрены все типы инструментов, которые входят в состав полной акустической ударной установки, — от разнообразных барабанов до всевозможных тарелок, но с сетчатыми подушками (звук создается исключительно по цифровой технологии). Выходной сигнал этой цифровой ударной установки формируется как в виде набора аналоговых сигналов инструментов, синтезируемых и компонуемых из библиотеки аудиообразцов штатным оборудованием установки, так и в MIDI-формате. На фотографии показан набор TD-12K среднего класса (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Roland Corporation, U.S.*)*

Источники информации о MIDI-оборудовании ударных установок

Roland. www.roland.com (цифровые барабанные подушки и полностью цифровые наборы ударных установок)

Yamaha. www.yamaha.com (барабанные триггеры, цифровые барабанные подушки и полностью цифровые наборы ударных установок)

ddrum. www.ddrum.com (барабанные триггеры, подушки и наборы)

Hart Dynamics. www.hartdynamics.com (электронные барабаны, триггеры, педали для барабанов и наборы)

KAT Percussion. www.alternatemode.com (цифровые инструменты для игры колотушками (mallet) и цифровые подушки)

Как сэкономить: сделай сам. Поскольку пьезодатчики являются несложными электронными элементами, самостоятельно изготовить барабанные подушки — весьма привлекательная идея для самодельщиков. Короткий поиск на Google на тему "Drum Trigger DIY" (сделай сам барабанный триггер) выдал много альтернативных идей. Не стоит самостоятельно делать барабанные подушки исключительно ради экономии денег, но пьезодатчики стоят совсем недорого ($30 хватит на покупку полудюжины таких датчиков), а на сайте eBay часто попадаются старые преобразователи сигнала барабанных триггеров в MIDI-формат по цене всего $80–100 (на местной барахолке — еще дешевле). Возможно, вы решите, что цифровые подушки с интегрированным MIDI-интерфейсом оправдывают свою цену, так как обеспечивают более качественные результаты.

Другие музыкальные инструменты

У музыкантов, играющих на клавишных инструментах, есть определенные преимущества в доступности MIDI-технологии по сравнению с теми, кто играет на других инструментах, но MIDI-интерфейсом оснащают самые разные инструменты.

- **Пианино.** Например, акустические пианино серии Disklavier, выпускаемые компанией *Yamaha*, оснащены соответствующей электронной начинкой и MIDI-интерфейсом и могут использоваться в качестве MIDI-контроллера, управляющего внешними MIDI-устройствами. Они могут даже выполнять MIDI-команды, поэтому их можно синхронизировать по сигналу секвенсера. Тем, кому такой инструмент не по карману, предлагается дополнительное оснащение для преобразования обычного пианино в MIDI-инструмент, например устройство под названием Piano Bar, выпускаемое компанией *Moog Music* (www.moogmusic.com), позволяет записать игру на клавиатуре любого пианино в MIDI-формате.
- **Духовые инструменты.** Духовые MIDI-контроллеры типа WX5 компании *Yamaha* (**рис. 8.11**) представляют собой специальные цифровые инструменты, призванные совместить в себе гибкость MIDI-клавиатуры с выразительностью, присущей исполнению духового инструмента. WX5 может даже имитировать аппликатуры, характерные для игры на флейте и саксофоне. Недорогие MIDI-контроллеры исполнительского дыхания позволяют играть, не шевеля пальцами, а только дуя в инструмент; играть на них могут даже те, кто не уме-

Рис. 8.11. *Инструмент WX5 компании* Yamaha *открывает дорогу в мир MIDI-технологии музыкантам, играющим на духовых инструментах. В нем предусмотрены одноязычковые и рекордерные мундштуки, а также губные датчики и анемометрические датчики, поэтому опытные музыканты легко освоят тонкости игры на нем, а начинающие получат уникальный цифровой инструмент для игры на электронных музыкальных инструментах (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Yamaha Corporation of America*)*

ют играть на духовых инструментах. Для таких инструментов обычно требуется преобразователь типа клавиатуры Yamaha, оснащенной входом для подключения духового контроллера.

- **Аккордеон.** Даже аккордеоны становятся цифровыми. V-Accordion компании *Roland* оснащен встроенным MIDI-интерфейсом для записи исполнения на аккордеоне или игры на других MIDI-инструментах с помощью клавиатуры аккордеона.

- **Преобразователи аудиосигнала в MIDI-формат (Pitch-to-MIDI).** Аппаратные и программные преобразователи Pitch-to-MIDI преобразуют поступающий аудиосигнал в MIDI-формат и теоретически могут быть использованы для преобразования исполнения на любом музыкальном инструменте, хотя, как правило, справляются только с одноголосыми мелодиями (т.е. для этой цели подходят только те инструменты, которые исполняют мелодию нота за нотой — без аккордов). Примерами могут служить Antares Kantos (`www.antarestech.com`) — подключаемый модуль синтезатора, совместимый с Mac и Windows, в котором предусмотрена возможность управления монофоническим сигналом, например голосом, и Guitar Synth компании *Lateral Solutions* (`www.lateralsol.com`) — приложение для Windows, преобразующее аудиосигнал в MIDI-формат в режиме реального времени (для его подключения к другим Windows-приложениям можно использовать программу-посредник MIDI-Yoke (имеется на прилагаемом к книге DVD)). Чтобы расширить возможности управления, вы можете самостоятельно создать простой преобразователь в модульной среде типа Max/MSP.

Конфигурирование секвенсеров и MIDI-приложений

Подключив MIDI-оборудование к компьютеру, приступаем к конфигурированию программного обеспечения для сопряжения с аппаратурой. Обеспечив двунаправленный обмен MIDI-информацией, вы обеспечите тем самым возможность записи и редактирования последовательности действий, осуществляемых на MIDI-инструментах и другом MIDI-оборудовании управления настройками ПО с помощью регуляторов MIDI-аипаратуры.

Поскольку MIDI-инструменты обрабатывают MIDI-данные (управляющие команды) отдельно от аудиоданных (звука, который создает инструмент), нужно обеспечить правильную маршрутизацию MIDI- и аудиоданных в программе.

Программы и каналы

Если все, что вам нужно, — это управлять звуком одного инструмента через один MIDI-вход, то заботиться об отделении MIDI-данных нет никакой необходимости. Но реальная музыка — это звучание ансамбля инструментов. Если, например, вы хотите одновременно исполнять партию бас-гитары на нижней половине клавиатуры, а партию фортепиано — на её верхней половине или воспроизвести с помощью программного секвенсера исполнение, состоящее из партии ударных инструментов, волторны и органа, вам понадобится способ раздельной маршрутизации данных (чтобы, например, волторне не досталась партия ударных инструментов, или наоборот). В MIDI-технологии для маршрутизации данных между несколькими источниками и адресатами используются каналы. Спецификация MIDI-стандарта определяет 16 каналов, пронумерованных от 1 до 16.

В некоторых случаях каждому устройству выделяется отдельный канал. Например, у нас имеются два аппаратных синтезатора и аппаратная ритм-машинка; синтезаторы принимают сообщения, посылаемые по каналам 1 и 2 соответственно, а ритм-машинке выделяется, например, канал 3. Но чаще одно устройство конфигурируется таким образом, чтобы оно играло роли сразу нескольких "виртуальных" устройств. Например, аппаратный синтезатор может воспроизводить одновременно партию ударной установки, поступающую по каналу 1, партию органа, поступающую по каналу 2, и партию волторны, поступающую по каналу 3. Такое MIDI-устройство называется мультитембровым (*multitimbral*), потому что оно создает одновременно звуки нескольких разных тембров.

В мультитембровом инструменте предусмотрено несколько *партий* (обычно 4, 8 или 16), каждой из которых присваиваются отдельный MIDI-канал и отдельная программа звука (sound program — набор предустановок синтеза звука). Работа с мультитембровым инструментом — это нечто вроде формирования виртуального ансамбля (**рис. 8.12**). Например, мы можем сделать выбор из имеющихся в нашем распоряжении 16 каналов и сформировать джазовый квартет.

- **Канал 1:** рояль
- **Канал 2:** контрабас
- **Канал 3:** саксофон
- **Канал 10:** ударная установка

***Рис. 8.12**. Программа SampleTank2 FREE, записанная на прилагаемом к книге DVD, — это мультитембровый инструмент. Используя разные каналы (1), вы можете составить в ней виртуальный ансамбль из различных музыкальных инструментов (2)*

Для создания звучания ансамбля каждому из выбранных MIDI-каналов присвоены индивидуальные профили звука (предустановки синтеза звука): рояль, контрабас, саксофон и ударная установка. (Во многих мультитембровых инструментах в качестве стандартной настройки партии ударной установки присвоен канал 10. Это не более чем условность, вы можете использовать для этой партии любой канал.)

Формально спецификация MIDI ограничивает число каналов до 16, но можно расширить число доступных каналов до 32, 64 и еще большего числа путем присвоения 16-ти каналов каждому из имеющихся портов. Порт — это стандартное 16-канальное MIDI-соединение. Обычно это определение относят к физическому MIDI-соединению, но иногда и к виртуальному MIDI-соединению в программе. Например, для получения 64 каналов необходимо иметь четыре MIDI-порта. Однако в большинстве MIDI-инструментов, способных работать в качестве исполнительных устройств, управляемых потоком MIDI-команд, количество предусмотренных каналов не превышает 16 (а иногда и того меньше), поэтому единственный смысл использования многопортовой конфигурации заключается в том, что это обеспечивает возможность использования одновременно нескольких MIDI-инструментов, каждому из которых необходимо предоставить по множеству каналов одновременно.

Программа звука (sound program). Такие термины, как “voice” (голос), “tone” (тон), “preset” (предустановка) и “patch” (патч), являются в определенном смысле взаимозаменяемыми, поскольку все они имеют отношение к программам звука. Программа звука (sound program) — это настройки набора установочных параметров, совокупность которых определяет характер звучания инструмента.

Конфигурирование MIDI-входа

Для игры на секвенсере с помощью клавиатуры или другого MIDI-контроллера необходимо задать MIDI-дорожку, на которую будут поступать MIDI-данные с клавиатуры в процессе игры на ней. Создайте MIDI-дорожку, затем задайте *MIDI-порт ввода* для приема данных с клавиатуры или другого контроллера. Во многих секвенсерах задается стандартная настройка всех MIDI-каналов одновременно на прием данных. Если для приема данных необходим только один канал, отметьте его, в противном случае все каналы останутся в режиме приема и будут работать в нем. Чтобы задать режим многодорожечной записи, при котором каждой дорожке записи присвоен отдельный канал, нужно задать для каждой дорожки записи номер канала и подготовить эти дорожки к записи.

Конфигурирование MIDI-выхода

Чтобы использовать встроенный синтезатор внешнего устройства для воспроизведения MIDI-записи исполнения, передаваемой секвенсером, нужно задать в секвенсере *MIDI-порт вывода* и канал, соответствующий этому устройству. Теперь вы можете не только записывать свои исполнения, но и воспроизводить их (**рис. 8.13**).

Маршрутизация MIDI-данных в случае программных инструментов выполняется проще, хотя в разных приложениях есть свои особенности работы с программными инструментами. В некоторых приложениях предусмотрены дорожки virtual instrument (дорожка, предназначенная для программного инструмента), обеспечивающие "взаимоувязывание" MIDI- и аудиоданных и их неразрывную потоковую обработку. Они обеспечивают автоматическую маршрутизацию MIDI-данных в программный инструмент, а аудиоданных — в микшер. В ряде приложений необходима ручная настройка этого режима: нужно задать MIDI-дорожку аналогично тому, так это делается для аппаратурного инструмента, и настроить отдельный аудиоканал в микшере для обработки аудиоданных с выхода виртуального инструмента.

Независимо от того, какой виртуальный инструмент вы используете (это может быть программный или внешний аппаратный синтезатор), для него необходимо задать программу звука (sound program). В секвенсерах часто предусматривается возможность выбора программы звука для каждой из MIDI-дорожек, но в некоторых виртуальных инструментах требуется установить патч из предлагаемого перечня. Аппаратные инструменты, за редким исключением, выполняют сообщения об изменении программы (program change message), посылаемые секвенсером, хотя в них наряду с этим предусмотрена возможность ручного выбора патча (не упустите из виду, что патч нужно будет также установить и в программе, чтобы при следующей загрузке секвенсера не получилась так, что туба исполняет партию арфы). Более подробно эта тема рассматривается далее в этой главе, в разделе "Программы звука и группы программ звука".

Конфигурирование и запись аудиосигналов

Если вы используете только MIDI-возможности своего аппаратного и программного обеспечения, то вам, возможно, и вовсе нет необходимости в маршрутизации ввода-вывода аудиосигналов из компьютера: через внешний синтезатор с громкоговорителями вы всегда можете прослушать звучание MIDI-исполнения, воспроизводимого секвенсером. Но если вы хотите использовать подключаемые модули аудиоэффектов на своем компьютере для обработки выходного аудиосигнала синтезатора или записать синтезированную мелодию, чтобы иметь возможность слушать ее без синтезатора, или записать готовую фонограмму вашей композиции в формате CD, MP3 или каком-нибудь другом аудиоформате, вам необходимо доставить синтезированный аудиосигнал в секвенсер или рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW).

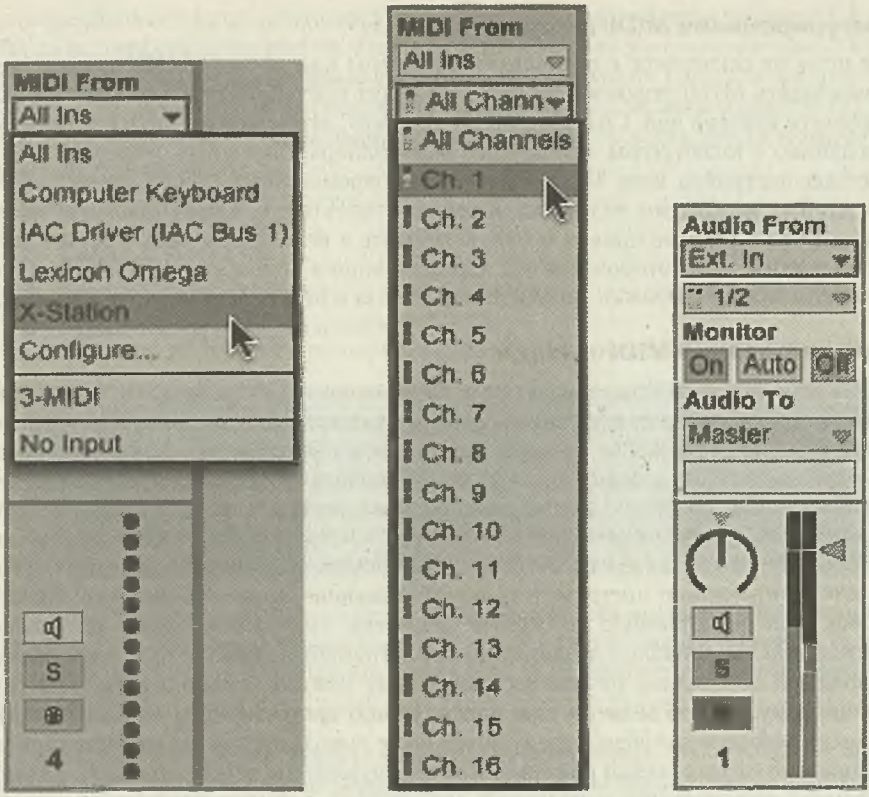


Рис. 8.13. *Для использования аппаратного MIDI-устройства совместно с секвенсером задайте MIDI-вход и MIDI-выход на MIDI-дорожке секвенсера (слева); затем, если это необходимо, задайте канал (в центре), с которого вы будете записывать данные. Чтобы записывать звук с выхода MIDI-устройства, а не просто MIDI-данные, необходимо также задать дорожку для записи звука с устройства (справа)*

Архив MIDI-дорожек

После записи (рендеринга) MIDI-дорожек, преобразованных внешним синтезатором в аудиосигнал, в виде аудиодорожек в вашей рабочей станции цифровой звукозаписи "заглушите" (mute) MIDI-дорожки, но не стирайте их. Если позже потребуется внести в звук какие-либо изменения, это удобнее будет сделать в MIDI-формате, а не в аудиоформате.

Для записи аудиосигнала с выхода внешнего аппаратного инструмента необходимо подключить его аудиовыход к аудиовходу компьютера, настроить в секвенсере дорожку на запись, правильно указать в программе аудиовход, через который поступает аудиосигнал с внешнего устройства, и нажать кнопку записи Record. Даже в том случае, если внешнее устройство подключено к компьютеру по интерфейсу FireWire или USB, все равно необходимо направить аудиосигнал на дорожку записи. В этих устройствах может быть предусмотрен вывод аудиосигнала по тому же кабелю USB или Fire Wire, по которому передаются MIDI-данные. Это избавляет от необходимости подключения внешнего

устройства к компьютеру по аудиоканалу, но не от процедуры ручной настройки режима звукозаписи для захвата аудиосигнала синтезатора.

Даже в том случае, если вы используете виртуальный инструмент, чтобы перенести это исполнение в систему, в которой отсутствует этот инструмент или подключаемый модуль, вам необходимо будет записать его выходной аудиосигнал. Процедура зависит от того, какой секвенсер вы используете, но, по сути, она сводится к автоматической передаче аудиосигнала из подключаемого модуля в секвенсер, если такая опция имеется, в противном случае необходимо вручную направить выходной аудиосигнал виртуального инструмента на дорожку записи аудиосигнала (точно так, как это делается в случае записи аудиосигнала с выхода внешнего аппаратного синтезатора).

Утилита конфигурирования Audio MIDI setup для Mac OS X

На операционной платформе Mac OS X можно тестировать MIDI-устройства и настраивать конфигурацию MIDI-комплексов с помощью утилиты Audio MIDI Setup компании *Apple*, которая находится в папке Utilities. Щелкните мышью на ярлыке MIDI Devices, чтобы создать, отредактировать и изменить MIDI-конфигурацию, выбрав один из сохраненных вариантов. Некоторые MIDI-приложения автоматически используют эту утилиту для опознавания оборудования, подключенного к MIDI-портам и определения используемых им каналов. Но не исключено, что вам придется конфигурировать MIDI-аппаратуру вручную для каждого варианта использования.

Как MIDI-технология моделирует исполнения

MIDI-данные представляют собой последовательность чисел, которые могут изменяться в пределах от 0 до 255, что обеспечивает распознавание управляющих событий всеми без исключения устройствами и программами, поддерживающими этот стандарт. При нажатии клавиши клавиатуры, подключенной к компьютеру, клавиатура передает в компьютер последовательность чисел, которая указывает, какая клавиша и как энергично была нажата. (Если вас интересуют подробности, прочитайте приведенный ниже раздел “За кулисами: анатомия MIDI-сообщения”.) Теперь программа, инсталлированная на компьютере, например подключаемый модуль электронного пианино, должна решить, что делать с этими цифровыми данными (или не делать).

Кажется, трудно поверить в то, что простые сообщения, состоящие из чисел, количество которых так невелико (их всего 256), способны описать музыкальные исполнения. Но комбинирование разных сообщений для разных событий (сообщения одного типа — для описания нот, другого типа — для описания поворота определенного функционального регулятора и так далее) обеспечивает MIDI-технологии достаточную универсальность для удивительно широкого круга применений в музыке. К тому же такая простая структура сообщения позволяет легко читать и понимать MIDI-сообщения, и манипулировать ими как угодно. У большинства тех, кто использует MIDI-технологию, очень редко возникает необходимость в “общении” с этими числами. За исключением немногих специфических ситуаций, эти числовые данные скрыты от глаз пользователей, чтобы не мозолить зря глаза. Самые важные вопросы по данной теме рассмотрены далее в этой главе.

Спецификация и реализации стандарта MIDI

MIDI-технология в цифровой звукозаписи — это в определенном смысле то же самое, что HTML-технология в Web-страницах: полная унификация технологических приемов, но длина технологического цикла зависит от сложности обработки. Одни элементы неизменяемы (ноты и изменение высоты тона стандартизованы), а другие отличаются определенной изменчивостью. Собственно спецификация MIDI Specification публикуется ассоциацией производителей MIDI-оборудования и программного обеспечения (MIDI Manufacturers Association). Под словом "MIDI", как правило, понимается спецификация MIDI 1.0 Specification. Производители соблюдают технические требования этой спецификации для гарантированного обеспечения совместимости выпускаемого ими аппаратного и программного обеспечения с изделиями других производителей и их совместной работы без малейших сбоев.

Набор инструментов первой необходимости для работы с MIDI

Структура MIDI-данных достаточно проста, и стоит вам привыкнуть к языку MIDI-сообщений, как вы увидите, что проще всего находить причину сбоев, читая сами MIDI-сообщения. В дополнение к перечню сообщений секвенсера, в котором записанная MIDI-информация отображается в виде названий событий на английском языке (с числовыми значениями, если это необходимо), с помощью определенных утилит вы имеете возможность просматривать MIDI-сообщения и вносить в них изменения в процессе передачи. Утилиты для Windows и Mac выводят поступающие данные в режиме реального времени и даже модифицируют их по пути в программу — от простейших операций, например быстрого транспонирования, до сложнейших, таких как разделение и преобразование MIDI-данных. Даже новичкам полезно иметь такие (бесплатные или практически бесплатные) утилиты на своем жестком диске. Ниже приведены описания четырех утилит для обеих операционных платформ — Mac и Windows. Все они записаны на DVD, прилагаемом к книге.

Mac OS X

MidiPipe компании *Nico Wald* (`http://homepage.mac.com/nicowald/SubtleSoft`) предоставляет набор простых инструментов для модификации MIDI-данных в режиме реального времени. В этой программе вы можете создавать пользовательские конвейеры инструментов, перетаскивая мышью разнообразные инструменты (фильтры, разветвители, модификаторы, проигрыватели и др.) в "pipe" (конвейер) (**рис. 8.14**).

MIDI Monitor компании *Snoize* (`www.snoize.com/MIDIMonitor`) идеально подходит для отслеживания странных проблем в работе MIDI-комплексов и тестирования оборудования. Эта программа просто выводит на экран и фильтрует поступающие MIDI-сообщения.

Windows

MIDI-OX (`www.midiox.com`) — универсальная утилита для работы с MIDI-данными. Она осуществляет диагностику, выводит MIDI-сообщения, выполняет фильтрацию, отображение, выполнение сценариев, регистрацию и запись, а также экспортирует MIDI-данные в виде MIDI-файла. Конечно, вы можете

запустить ее в фоновом режиме, чтобы она не мешала посетившему вас вдохновению (**рис. 8.15**). Ее дополняет утилита под названием "MIDI", которая дает возможность маршрутизировать MIDI-данные из одних Windows-приложений в другие (эта операция выполняется легко на операционной платформе Mac благодаря технологии Core MIDI, чего не скажешь о большинстве Windows-программ).

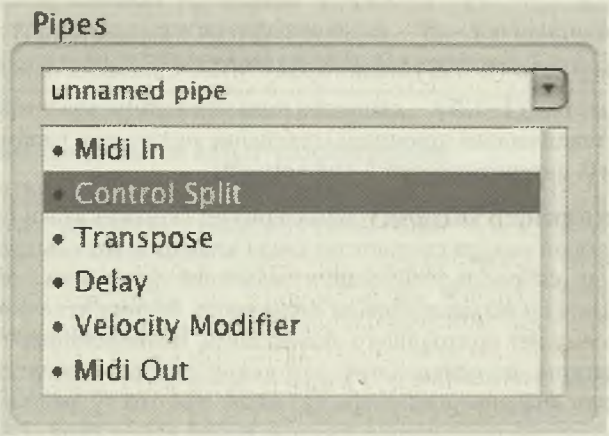


Рис. 8.14 *Утилита MidiPipe дает возможность компоновать пользовательские наборы инструментов в конвейер команд для модификации поступающих MIDI-данных в режиме реального времени. Удобно, перетаскивая мышью эти инструменты, собрать из них технологический комплект для быстрой обработки MIDI-данных*

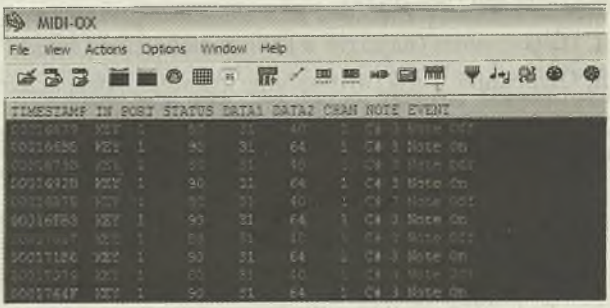


Рис. 8.15. *MIDI-OX — универсальная утилита для работы с MIDI-данными на операционной платформе Windows. Она умеет делать с MIDI-данными практически все, что только можно придумать, в режиме реального времени*

Оборудование обычно снабжается таблицей исполнения (MIDI Implementation Chart; эта таблица обычно находится на обороте руководства), в которой указано, как инструмент передает различные MIDI-сообщения и реагирует на них. К сожалению разобраться в таких таблицах не так просто. В комплектах ПО таблицы исполнения также встре-

чаются, но далеко не всегда. Если вы не смогли найти информацию в руководстве, то придется разбираться с проблемами методом проб и ошибок.

Нота, тон и скорость

Самые распространенные MIDI-сообщения, естественно, нотные. Нотное сообщение состоит из трех элементов.

- Note-on или note-off — вариант события в канале (1–16)
- Номер ноты (0–127), по которому MIDI-приемник определяет высоту тона
- `Velocity` (1–127) — скорость, показатель того, как энергично нажата клавиша (по техническим причинам сообщение `note-on` с параметром `velocity`, равным 0, интерпретируется, как note-off)

Чаще всего параметр `velocity` характеризует скорость атаки (`attack velocity`) — скорость, с которой нажата соответствующая клавиша, хотя выпускаются и клавиатуры, сообщающие о скорости отпускания клавиши (`release velocity`). Параметр `release velocity` используется не очень часто, потому что технике игры на акустическом пианино ему нет подходящего эквивалента, но он усиливает выразительность звучания. Клавиатуры, не оснащенные датчиками скорости отпускания клавиши, обязательно посылают значение параметра `release velocity`, равное 64.

События note-on и note-off

MIDI-технология разрабатывалась, в первую очередь, для клавишных инструментов, поэтому музыкантам, играющим на клавишных инструментах, легче понять логику разработчиков. Играя на клавиатуре, вы нажимаете клавишу, чтобы создать звук, и отпускаете ее, чтобы прекратить звук. Соответственно, MIDI-ноты описываются набором, состоящим из двух событий (**рис. 8.16**).

1. **Note-on.** Начало ноты (нажатие клавиши порождает звук).
2. **Note-off.** Окончание ноты (отпускание клавиши прекращает звук).

	Time	Source	Message (A)	Chan (B)	Data (C)	(D)
1	15:22:51.875	From X-Station	Note On	1	G#2	15
2	15:22:52.091	From X-Station	Note Off	1	G#2	49
	15:22:52.632	From X-Station	Note On	1	D3	56
	15:22:52.843	From X-Station	Note Off	1	D3	82

1. При нажатии на клавишу генерируется MIDI-сообщение, в котором указан номер ноты и значение параметра attack velocity, характеризующего скорость нажатия на клавишу
2. При отпускании ноты генерируется MIDI-сообщение, в котором указан номер ноты и значение параметра release velocity, характеризующего скорость отпускания клавиши

Рис. 8.16. *Две ноты, сыгранные на клавиатуре, создают четыре MIDI-сообщения: каждой ноте соответствует сообщение `note-on` или `note-off` (A), сопровождаемое номером канала (B), номером ноты (C) и значением параметра `velocity` (как резко была сыграна нота) (D) (пример в окне программы Subtlesoft MIDI Monitor)*

Оба события, note-on и note-off, сопровождаются номером ноты (таким образом, MIDI-приемник узнает, какую ноту играть) и значением параметра `velocity` (это значение дает датчик, фиксирующий силу нажатия клавиши).

Чем отличается событие note-off от события note-on с нулевым значением параметра `velocity`

Событие note-on с нулевым значением параметра `velocity` эквивалентно событию note-off, поэтому в MIDi-устройствах оно часто используется вместо формально точного note-off. Для пользователя это не играет никакой роли.

За кулисами: анатомия MIDI-сообщения

Аналогично большинству форматов представления цифровых данных MIDI-сообщения состоят из байтов. Музыканту слово "байт", в общем-то, ничего не говорит. Но тому, кто мало-мальски знаком с компьютерной техникой, покажется удивительным, как удается втиснуть так много разных типов сообщений в такие крошечные габариты? И почему в обсуждениях MIDI-технологии постоянно фигурирует число 128?

Начнем с самих основ. Компьютеры работают с битами (от "binary digit" — "двоичный знак"). Бит — это число, которое может принимать одно из двух значений: 0 или 1. Байт — это более крупная единица, он состоит из восьми битов. Таким образом, байт может принимать всего 256 значений — от 0000 0000 до 1111 1111. (256 — это 2 в степени 8).

Спецификация MIDI определяет два типа байтов: байт состояния (status byte) и байт данных (data byte). Байт состояния обязательно начинается с 1, а байт данных обязательно начинается с 0. Таким образом, из 256 возможных значений байта 128 значений относятся к байтам состояния, а остальные 128 — к байтам данных. Итак, байт данных может принимать любое значение в пределах от 0 до 127.

Любое MIDI-сообщение состоит из байта состояния, за которым следует (в большинстве случаев) один или два байта данных. Конкретное значение байтов данных целиком зависит от предшествующего им байта состояния. Таким образом, 128 разных байтов данных дают возможность описать в MIDI-формате множество разных вещей.

MIDI-сообщения в большинстве случаев состоят из трех байтов — байта состояния, за которым следуют два байта данных. Структура MIDI-сообщения имеет следующий вид.

1. **Байт состояния.** Указывает тип сообщения и канал, для которого оно предназначено. Например, байт состояния может указывать следующее: "нота, исполняемая в канале номер 14". Он не сообщает, какая именно нота.
2. **Первый байт данных.** Число, следующее за байтом состояния, принимает значения в диапазоне от 0 до 127, дает дополнительную информацию. Если байт состояния указывает событие note-on, первый байт данных указывает номер ноты, например 60 означает "до" (Middle C).
3. **Второй байт данных.** Третье и последнее число, которое, опять-таки, принимает значения в диапазоне от 0 до 127, дополняет информацию, со-

держащуюся в первом байте данных или дает иную дополнительную информацию. Если байт состояния указывает событие note-on, первый байт данных указывает номер ноты, т.е. какая клавиша была нажата, а второй байт указывает значение параметра `velocity` (скорость, с которой была нажата клавиша). Например, полное трехбайтовое сообщение может указывать, что в канале 14 исполнена нота "до" малой октавы с значением параметра `velocity`, равным 64, означающим среднюю силу удара по клавише. Заметим, что в некоторых типах MIDI-сообщений, в первую очередь, это касается channel pressure (определение этого типа сообщения дается ниже), отсутствует второй байт данных. Это — двухбайтовые сообщения (байт состояния и один байт данных).

В реальном MIDI-сообщении все три байта представляют собой числа в двоичном формате (последовательности нулей и единиц). Поскольку длинные строки двоичных знаков неудобочитаемы, программисты обычно работают с такими данными, представленными в шестнадцатеричной системе счисления, в которой для записи чисел используются шесть букв (A–F) и десять цифр (0–9). Например, десятичное число 26 в шестнадцатеричной форме имеет вид 1A. Конечным пользователям нет особой нужды забивать себе голову командами в шестнадцатеричной форме. (Тем, кто пишет команды для программ или самодельной MIDI-аппаратуры, рекомендуем Web-сайт `http://en.wikipedia.org/wiki/Hexadecimal`; здесь вы найдете превосходное объяснение того, как читать команды в шестнадцатеричном формате.)

Вот пример MIDI-сообщения: "Нажмите нотную клавишу «ми» первой октавы — и клавиатура выдаст три числа: 144 52 42".

Первое число (байт состояния, 144) указывает тип сообщения — note-on, канал 1. Второе число (первый байт данных, 52) — это номер ноты, соответствующий ноте "ми" первой октавы. Третье число (второй байт данных, 42) — это значение параметра `velocity`, скорость, с которой была нажата клавиша этой ноты.

Поскольку все без исключения MIDI-сообщения обязательно начинаются с байта состояния, формально их можно разбить на типы в соответствии со значением байта состояния.

- Note-on
- Note-off
- Pitch-bend
- Key pressure (иногда называют poly aftertouch или poly pressure)
- Channel pressure (чаще называют aftertouch; давление на клавишу после того, как она нажата)
- Control change (тип сообщения CC (изменение положения регулятора) и контрольное число для одного из 128 возможных регуляторов)
- Program change (изменение настроек программы; используется для переключения инструмента с одной программы звука в другую)

Все эти MIDI-сообщения относятся к категории Channel — канальные. Это значит, что их можно использовать в общем потоке MIDI-данных одновременно для нескольких (максимум — 16-ти) каналов. Остальные сообщения относятся к категории System (системные) и используются для управления устройствами или

музыкальной системой в целом, а также для выполнения ряда специальных функций, не относящихся к созданию музыки. К ним относятся сообщения категорий system-realtime (оперативные системные), system-common (стандартные системные), MIDI Time Code (все сообщения этой категории являются синхронизирующими) и system-exclusive (нестандартные системные). Сообщения категории system-exclusive определяются разработчиками самостоятельно. (Машинные коды MIDI Machine Code [MMC] — образец системных данных.)

Сообщения категории system-exclusive могут быть не трехбайтовыми, а намного длиннее. Используя формат сообщения "В начале — системный байт start of exclusive (начало нестандартного системного сообщения), после него — байты данных и в конце — системный байт end of exclusive (конец нестандартного системного сообщения)", разработчик конкретной модели оснащения может как угодно наращивать длину сообщения категории system-exclusive.

Длительность и "залипшие" ноты

В MIDI-стандарте не предусмотрен способ непосредственного задания длительности нот: по получении сообщения note-on инструмент просто начинает генерировать звук ноты и обрывает звук сразу по получении соответствующего данной ноте сообщения note-off. Это может показаться определенной ограниченностью возможностей, но так команда получается намного короче. Поставьте себя на мгновение на место MIDI-устройства. Если вы не можете просто сказать "Я нажал клавишу «соль»", а затем, через какое-то время, "Я отпустил клавишу «соль»", используя сообщения note-on и note-off, вам придется говорить нечто в таком роде: "Я нажал клавишу «соль», я продолжаю удерживать нажатой клавишу «соль», я все еще продолжаю удерживать нажатой клавишу «соль», продолжаю удерживать нажатой клавишу «соль»...". Для этого понадобится намного больше, чем всего лишь два простых сообщения.

Если инструмент не получает по каким-либо причинам сообщения `note-off`, он продолжает генерировать звук ноты неограниченно долго (или до тех пор, пока звук не затихнет естественным путем, или просто пока инструмент не будет выключен). Это явление называется "stuck note" ("залипшая" нота). Причины, по которым MIDI-инструмент может оказаться не в состоянии отправить сообщение `note-off`, могут быть самыми разными. MIDI-последовательность может быть прервана после того, как было послано сообщение note-on, но до того, как было послано сообщение note-off. Большинство секвенсеров автоматически находят выход из такой ситуации. Но если секвенсер просто выходит из строя между сообщениями note-on и note-off, аппаратный синтезатор, принимающий сообщения секвенсора, продолжает генерировать звук "залипшей" ноты. В аппаратных и программных MIDI-синтезаторах предусмотрена команда "all notes off" ("прервать все ноты") или аварийная кнопка для сброса при возникновении такой ситуации. По команде аварийного сброса все устройства прерывают звучание всех нот по всем каналам.

Причиной "залипания" нот может быть также педаль удержания звука (правая педаль пианино — hold pedal, которую называют также sustain pedal или damper pedal), если по какой-либо причине синтезатор получил от педали сообщение `hold pedal`, но не получил сообщения `hold pedal off`. Это может произойти, например, если педаль нажата при подключении. Если ноты "залипают", попробуйте отключить педаль удержания звука.

Номер ноты

MIDI-стандарт определяет 128 номеров нот, от 0 до 127; номер ноты 60 по стандарту присвоен клавише "до" малой октавы на клавиатуре. Номера нот последовательно присваиваются следующим по порядку нотам с шагом в полтона. Таким образом, ноте "си" большой октавы соответствует номер 59, ноте "до-диез" малой октавы — 61, ноте "ре" — 62 и так далее, хотя программы будут, скорее всего, отображать на экране эти ноты, используя их музыкальные названия, а не номера. (Нота "до" малой октавы, как правило, обозначается "С3". Но в стандарте MIDI отсутствует унифицированная нумерация октав, поэтому встречается оснащение, в котором С3 соответствует ноте "до" первой октавы.)

Не впадайте в отчаяние! Запоминать расшифровку нумерации сообщений control change (CC) вовсе необязательно, но вот что действительно необходимо, так это чтобы она всегда была под рукой. Для выхода из режима "залипшей" ноты отправьте сообщение CC 123 (выключить все ноты) или CC 120 (выключить все звуки; эта команда выключает также педаль удержания звука). (Прочитайте раздел "Как усилить выразительность".)

Параметр `velocity`

Значение MIDI-параметра `velocity` характеризует силу удара по клавише. Устройства, оснащенные датчиками скорости нажатия клавиши, измеряют скорость, с которой клавиша при нажатии опускается вниз, и присваивают значение в пределах от 0 до 127 параметру `velocity`, указывая, таким образом, скорость атаки. (Некоторые инструменты реагируют также на скорость отпускания клавиши; для описания скорости отпускания клавиши используется параметр `release velocity`.)

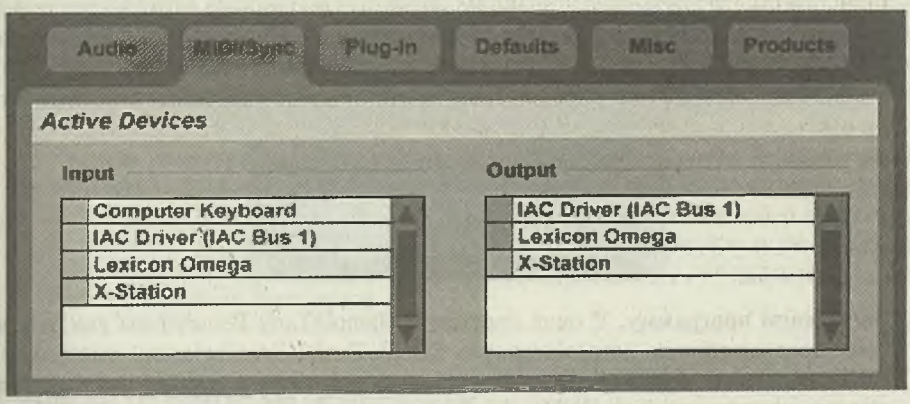
Самый явный смысл параметра `velocity` заключается в том, что его значение задает громкость звука в зависимости от силы удара по клавише. Но, поскольку в реальных инструментах при изменении силы удара по клавише изменяется не только громкость, но и спектр звука, параметр `velocity` позволяет корректировать также другие параметры звука. Например, в подключаемом модуле виртуального пианино предусмотрены аудиообразцы звука одной и той же ноты реального пианино, сыгранной по-разному, и в зависимости от значения параметра `velocity` в поступившем MIDI-сообщении подключаемый модуль выберет самый подходящий из записанных аудиообразцов, сделав звук более реалистичным. Характер и уровень реагирования инструмента на изменение параметра `velocity` зависит от конкретного инструмента, но не от MIDI-сообщения.

Параметру `velocity` присуще еще одно существенное ограничение, обусловленное тем, что MIDI-технология по своему назначению является технологией моделирования исполнения на клавишном инструменте. При игре на духовом или струнном инструменте можно изменять громкость ноты в процессе ее исполнения: музыкант, играя на струнном инструменте, может например, ослабить нажим смычка в середине исполнения ноты. Но это невозможно при игре на пианино: громкость звучания ноты задается в самом начале — исполнитель не может повлиять на громкость ноты в процессе ее звучания. Поскольку в MIDI-сообщениях нот используются только два параметра — `attack velocity` и `release velocity`, — MIDI-инструменты лучше всего моделируют характер исполнения, присущий пианино. Для усиления выразительности звучания в середине ноты нам понадобится дополнительное сообщение (об этом читайте в разделе "Как усилить выразительность).

Практика: игра на клавишном инструменте

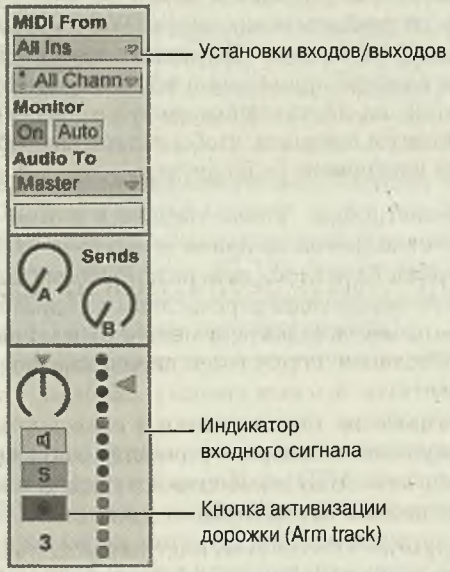
Инсталлируем программу SampleTank2 FREE в базовом приложении Ableton Live (обе программы записаны на прилагаемом к книге DVD), настроим программный инструмент и поупражняемся в игре на нем. (Вы можете инсталлировать SampleTank Free в любом имеющемся у вас базовом приложении по своему выбору, а не только в Ableton Live; подробные инструкции по инсталляции имеются на DVD.) Сначала подключим клавиатуру, настроим систему и поиграем, чтобы узнать, как работает MIDI-технология, и убедиться в том, что наш инструмент будет звучать.

1. **Проверяем MIDI-настройки.** Чтобы убедиться в том, что конфигурация программы Ableton Live настроена на прием и передачу MIDI-сообщений, откройте вкладку Active Devices (для этого выберите Preferences⇨MIDI/Sync⇨Active Devices). На вкладке Active Devices перечислены входные и выходные порты. Проверьте, и при необходимости задайте, щелкнув мышью на квадратике рядом с названием порта, необходимые порты (порт активизирован, если квадратик рядом с названием порта светится зеленым светом). Заметим, что вы не увидите каждое отдельное MIDI-устройство, подключенное к этим портам. Таким образом, если ваша MIDI-клавиатура подключена к устройству сопряжения (аудиоинтерфейсу) M-Audio, то для передачи MIDI-сообщений на нее необходимо отметить не клавиатуру, а аудиоинтерфейс M-Audio. Если у вас нет MIDI-клавиатуры для подключения к входу виртуального инструмента, но вы хотите проверить работоспособность собранной установки, выберите в меню Input строку Computer Keyboard, чтобы использовать в качестве устройства ввода клавиатуру компьютера.



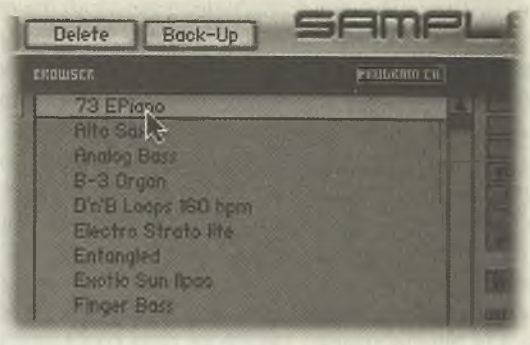
2. **Добавляем MIDI-инструмент.** В Ableton Live MIDI-инструменты добавляются точно так же, как эффекты-вставки: чтобы использовать выбранный инструмент, перетащите его из окна Device Browser на выбранную MIDI-дорожку. При отсутствии свободной MIDI-дорожки создайте новую дорожку (для этого выберите Insert⇨Insert MIDI Track). Вы можете выбрать один из встроенных инструментов из арсенала Ableton Live, но лучше попробуйте SampleTank2 FREE: перетащите этот инструмент на MIDI-дорожку. Затем разблокируйте вход, активизировав сеанс записи на этой дорожке: щелкните на кнопке активизации (для MIDI-записи она

выглядит как 5-контактный разъем MIDI-порта). Попробуйте воспроизвести MIDI-запись или поиграть на клавиатуре компьютера. Вы заметите, что, когда вы играете, показания счетчиков дорожки звукозаписи изменяются, а маленький индикатор в правом верхнем углу экрана (индикатор MIDI-входа) светится.



3. **Настраиваем конфигурацию SampleTank.** Даже если вы видите, что MIDI-индикаторы светятся, вы все равно не услышите ни единого звука до тех пор, пока не загрузите программу или вставку в программу (patch). Чтобы открыть полностью интерфейс SampleTank, щелкните мышью на кнопке Edit Plug-in Panel в строке заголовка Device (пиктограмма на этой кнопке напоминает гаечный ключ).

4. **Загружаем программу.** В окне просмотра SampleTank Browser вы увидите перечень предварительно загружаемых в SampleTank2 Free вставок, имеющихся на DVD (если нет, обратитесь к инструкции по установке и справочнику по диагностике неисправностей на DVD). Дважды щелкнув мышью на строке 73 EPiano, вы получите виртуальный электромузыкальный клавишный инструмент, своим звучанием напоминающий классический инструмент начала 1970-х годов компании *Rhode*. Программа-вставка загрузится в активную партитуру/канал автоматически (канал 1). Чтобы получить звучание акустического пианино, дважды щелкните мышью на строке HQ Free Piano mk II.



Как добиться большей реалистичности звучания

Играя на MIDI-инструментах, экспериментируйте, стараясь добиться большей реалистичности звучания (особенно если используете клавиатуру или другой MIDI-инструмент).

Сила удара по клавише. Обратите внимание на то, как изменяется звук инструмента 73 EPiano при изменении силы удара по клавише, особенно в нижних регистрах. Мягкий, сглаженный звук по мере усиления удара по клавише становится более резким, слегка искаженным.

Диапазон инструмента. Во многих инструментах, реализуемых программой SampleTank, используются разные образцы звука в зависимости от участка диапазона инструмента, что позволяет приблизить звучание виртуального инструмента к звучанию оригинального инструмента. Например, звук электрического пианино в верхних регистрах становится более звенящим. У виртуального акустического пианино этот эффект менее выражен, но звук басовых нот, несомненно, "гуще", как и должно быть. Поиграйте в разных регистрах, стараясь почувствовать разницу в тембрах.

Педаль удержания звука (hold pedal). Если у вас есть MIDI-педаль удержания звука, подключите ее к соответствующему разъему инструмента. Вы не добьетесь, чтобы звук стал точно таким же резонирующим, как у акустического пианино, но, используя педаль удержания звука, как при игре на обычном пианино, вы приблизите его к звучанию, характерному для традиционной техники исполнения пианистов.

Как усилить выразительность

"Научить" синтезатор или другой музыкальный инструмент распознавать, какую ноту играть (по MIDI-номеру ноты) и как громко ее играть (по значению MIDI-параметра `velocity`), — это азы MIDI-технологии, но для того, чтобы добиться большей выразительности звучания MIDI-инструмента, необходимы дополнительные средства управления. MIDI-технология предусматривает широкий набор средств управления. Одни из них жестко определены и неизменны (они создают стандартные музыкальные эффекты), а другие отличаются большей гибкостью. Эти эффекты можно добавлять в программу секвенсера, внося их в MIDI-партитуру или используя другие инструменты редактирования, или

используя физические регуляторы аппаратуры в процессе исполнения. Для использования этих регуляторов в процессе исполнения необходимы как аппаратный контроллер, способный передавать соответствующие MIDI-сообщения, так и инструмент (аппаратный или программный), способный принимать эти MIDI-сообщения и реагировать на них. Например, для управления эффектом вибрато можно использовать педаль громкости (expression pedal), подключенную к клавиатуре, в сочетании с подключаемым модулем, который устанавливает шкалу соответствия уровня вибрато в зависимости от силы нажатия на педаль громкости. В идеале в музыкальной установке для игры на MIDI-клавиатуре должны быть, как минимум, колесо амплитудной модуляции (mod wheel) и колесо частотной модуляции (pitch-bend wheel), расположенные слева на панели MIDI-клавиатуры, и одна или две педали, подключенные к разъемам на задней панели клавиатуры. (В MIDI-инструментах, не имеющих клавиатуры, для генерирования такого же типа сообщений могут быть использованы другие виды физических регуляторов.) Даже с таким скромным набором регуляторов можно добиться большей выразительности исполнения (**рис. 8.17**).

Рис. 8.17. *Знакомство с регуляторами, предназначенными для усиления выразительности исполнения, которой невозможно достичь с помощью только клавиатуры, начните с колеса частотной модуляции (pitch-bend wheel), которое управляет параметрами частотной модуляции звука, и колеса амплитудной модуляции (mod wheel). На фотографии показаны эти колеса в устройстве Alesis Fusion (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Alesis, Inc.*)*

Хотя регуляторы, посылающие такие типы MIDI-сообщений, как pitch-bend, control change и aftertouch, часто называют "continuous controllers" (плавно регулирующие контроллеры), в MIDI-данных нет и намека на плавность регулирования. Аппаратура генерирует последовательность дискретных чисел, которые следуют друг за другом достаточно часто и отличаются друг от друга не настолько сильно, чтобы можно было на слух уловить ступенчатый характер изменения высоты тона или другого параметра звука, создаваемого инструментом, принимающим и выполняющим эти команды.

Плавное изменение высоты тона (pitch-bend)

MIDI-сообщения типа `pitch-bend` обеспечивают плавное изменение высоты тона вверх-вниз во время звучания нот. Регулятор эффекта pitch-bend обычно выполнен в виде колеса или рукоятки (типа джойстика). При нейтральном, центральном, положении колеса или ручки высота тона не "плавает". При повороте колеса или наклоне рукоятки регулятора (колесо чаще всего поворачивается в направлении вперед от исполнителя, в то время как рукоятка наклоняется вправо-влево) высота тона плавно изменяется в заданном диапазоне (как правило, на пару полутонов). Этот эффект называется "bending" (подтягивание) по аналогии с эффектом, который получается, когда гитарист подтягивает струны, чтобы повысить высоту тона.

Грубая и тонкая настройка. Грубая настройка означает изменение настройки более широкими шагами, а тонкая — более мелкими шагами. Например, в денежном обращении ходят доллары и центы, доллар — более грубая, а цент — более тонкая единица расчета. В MIDI-технологии термины "грубая" (coarse) и "тонкая" (fine) качественно характеризуют шаг настройки, например изменение высоты тона и т.п.

Диапазон регулировки частотной модуляции составляет от 0 до 16 383, а не от 0 до 127 (прочитайте раздел "128 — это не предел"). Поскольку такой диапазон регулирования обеспечивает заведомо избыточную точность, в некоторых программных инструментах ради удобства используется "грубая" регулировка — в диапазоне от 0 до 127.

В ряде музыкальных программ график изменения параметра высоты тона отображается в диапазоне 0–127 с центром в точке 64, которой соответствует отсутствие изменения высоты тона. Чаще всего вы увидите график изменения значений этого параметра в диапазоне от –63 до +64 с центром в точке 0. Если в используемой вами программе график изменения этого параметра отображается в диапазоне 0–16 383, то максимальному сдвигу высоты тона вниз соответствует значение –8191, а максимальному сдвигу высоты тона вверх соответствует значение 8192, опять-таки, центром является точка 0 (**рис. 8.18**).

Параметр `aftertouch`

Некоторые клавиатуры оснащены датчиками, измеряющими силу, с которой исполнитель, нажав клавишу, удерживает ее. Давление на нажатую клавишу в процессе звучания ноты характеризуется параметром `aftertouch` (послекасание) (другие названия того же параметра — `key pressure` и `channel pressure`). Клавиатура генерирует MIDI-сообщения типа `aftertouch` при удерживании клавиши нажатой после того, как нота сыграна. Параметр `aftertouch` обычно используется для добавления эффекта вибрато или инициализации фильтра синтезатора, придающего звуку большую выразительность.

MIDI-сообщения `aftertouch` делятся на два типа: `channel pressure` и `polyphonic pressure`. Если клавиатура оснащена одним датчиком давления на клавиши, который проложен под всеми клавишами, клавиатура передает MIDI-сообщение типа `channel pressure`. Если все клавиши клавиатуры оснащены отдельными датчиками давления на клавишу, то клавиатура передает MIDI-сообщения типа `polyphonic pressure`. В такое сообщение наряду с информацией о силе давлении на клавишу включается и номер клавиши. Клавиатура с индивидуальными датчиками давления на клавиши сложнее и дороже,

поэтому такими датчиками оснащены далеко не все клавиатуры. Чтобы выяснить, способен ли программный или аппаратный инструмент реагировать на MIDI-сообщения типа `polyphonic pressure` (или, если на то пошло, MIDI-сообщения типа `channel pressure`), обратитесь к руководству, прилагаемому к используемому вами оснащению.

Если в вашей установке реализуется регулировка типа `polyphonic aftertouch`, вы можете при исполнении аккорда нажать одну из клавиш сильнее, чтобы добавить эффект вибрато в звучание одной из нот.

Message	Chan	Data
Pitch Wheel	1	2816
Pitch Wheel	1	2560
Pitch Wheel	1	2048
Pitch Wheel	1	1664
Pitch Wheel	1	1408
Pitch Wheel	1	1280
Pitch Wheel	1	1152
Pitch Wheel	1	1024
Pitch Wheel	1	768
Pitch Wheel	1	640
Pitch Wheel	1	512
Pitch Wheel	1	384
Pitch Wheel	1	256
Pitch Wheel	1	0

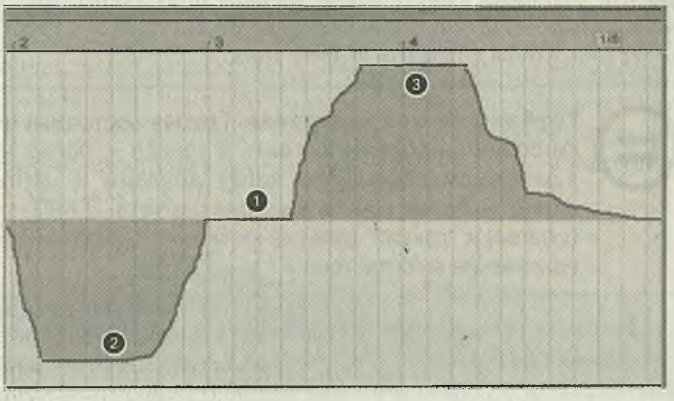


Рис. 8.18. *Изменение высоты тона ноты задается специальным MIDI-сообщением. При вращении колеса регулятора генерируется последовательность MIDI-сообщений, пример которой показан на этом рисунке в таблице слева. Когда колесо находится в нейтральном положении, высота тона не изменяется (1). Вращение колеса вниз (2) вызывает плавное снижение высоты тона, а вращение вверх (3) — плавное повышение высоты тона*

Типы MIDI-сообщения `aftertouch`

Для индивидуального регулирования звучания нот. Параметр `polyphonic aftertouch` (другие названия — `key pressure` и `polyphonic key pressure`).

Для группового регулирования звучания всех нот в канале. Параметр `channel aftertouch` (другие названия — `channel pressure` и `"mono" aftertouch/pressure`).

Сообщения типа `control change`

MIDI-технология обеспечивает дополнительные возможности регулировки посредством MIDI-сообщений типа `control change` (CC). MIDI-сообщениям `control change` присваиваются номера в диапазоне от 0 до 127 (уже знакомый нам диапазон). Назначение некоторых из этих номеров жестко закреплено. Например, педали удержания звука в стиле классического пианино обязательно присваивается номер `CC 64`, а колесу амплитудной модуляции — номер `CC 1`. Номер `CC 7` используется для главного регулятора уровня сигнала. Назначение остальных номеров CC не регламентировано жестко в спецификации MIDI-стандарта; в одних MIDI-устройствах они просто не используются, в других они имеют несовпадающее назначение (**табл. 8.1**).

Таблица 8.1. Важнейшие MIDI-сообщения типа CC

Название параметра	Номер	Назначение
Modulation (модуляция)	1	Обычно присваивается колесу амплитудной модуляции на клавиатуре, но характер изменения звука, вызываемого этим регулятором, не регламентирован. Колесо амплитудной модуляции часто используется для регулирования уровня вибрато, изменения скорости вращения громкоговорителей в имитаторе акустической системы Leslie в виртуальном органе, или управления эффектом фазовой модуляции звука (phaser effect) в виртуальном электромузыкальном инструменте (см. рис. 8.19)
Breath (дыхание)	2	Редко используется с реальными контроллерами исполнительского дыхания, которые не получили широкого распространения; иногда для генерирования этого типа сообщений используется джойстик или третье колесо слева на панели регуляторов клавиатуры. Как и в случае параметра `modulation`, характер изменения звука, регулируемый этим параметром, зависит от разработчика синтезатора и используемой звуковой программы (набора предустановок)
Volume (громкость)	7	Регулирует общую громкость музыкальной партии, присвоенной каналу. В отличие от параметра `velocity`, регулирующего атаку звука каждой ноты индивидуально и обеспечивающего возможность задания разной зависимости тембра и громкости ноты от значения этого параметра, параметр `volume` регулирует общую громкость звука в канале; по существу, это регулятор громкости инструмента (в случае монотембрового (monotimbral) инструмента) или всей мультиинструментальной (multitimbral) партии (в мультитембровом инструменте). 0 — полное отсутствие звука; 127 — максимальная громкость звука
Pan (панорамирование)	10	Параметр, регулирующий панорамирование левого и правого каналов звука в заданном канале синтезатора. MIDI-сообщение CC 10 со значением 0 задает максимальный сдвиг панорамирования в сторону левого канала звука, значению 64 соответствует панорамирование звука по центру, значению 127 — крайний сдвиг панорамирования в сторону правого канала

Окончание табл. 8.3

Название параметра	Номер	Назначение
Expression (выразительность)	11	Этот параметр используется для усиления выразительности исполнения партии, обеспечивая динамическое регулирование громкости. (Иными словами, MIDI-сообщение CC 7 регулирует положение канального регулятора уровня микшера в зависимости от присвоенного ему значения, обеспечивая увеличение или уменьшение громкости звучания ноты или аккорда в зависимости от характера его исполнения — крещендо или диминуэндо соответственно
Hold pedal (педаль удержания звука)	64	Параметр, известный также под названием "sustain pedal" или "damper pedal". Обеспечивает регулирование, похожее (более или менее) на действие право педали пианино: при нажатой педали нота продолжает звучать после того, как клавиша отпущена. В стандарте MIDI, помимо варианта CC 64, определены еще два варианта сообщения такого типа — CC 66 (sustenuto pedal) и CC 67 (soft pedal — левая педаль фортепиано). Не все инструменты поддерживают MIDI-сообщения CC 66 и CC 67, но на MIDI-сообщение CC 64 реагирует большинство инструментов

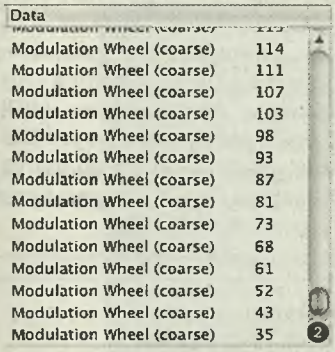
Поскольку потенциальное число регуляторов довольно велико, вы можете использовать одни из них для усиления выразительности музыкального исполнения, а другие — для управления другими элементами, например для регулирования настроек эффектов, параметров синтезатора звука, регуляторов уровня сигнала в микшере или для других целей. Наличие более ста вариантов выбора для каждого устройства обеспечивает широчайшие возможности.

Изменение положения регулятора или плавная регулировка?

Обозначение CC или control change (изменение положения регулятора) — так обозначается тип MIDI-сообщений различных регуляторов — иногда расшифровывают как "continuous controller" (регулятор плавной регулировки), но это неверно по двум причинам. Во-первых, в MIDI-технологии значения регулировочных параметров изменяются только дискретно. В MIDI-сообщении типа CC может быть указано, например, значение регулировочного параметра 5,5 или 19,327. Следовательно, "непрерывная" регулировка на самом деле является ступенчатой. Во-вторых, MIDI-сообщения типа CC генерируются также коммутаторами и выключателями. Поэтому правильнее использовать термин "control change" (изменение положения регулятора) или просто "controller" (регулятор).

Некоторые регуляторы, например педаль удержания звука, работают как простой выключатель: при нажатии на педаль генерируется сообщение **CC 64** со значением 127; при отпускании педали генерируется сообщение **CC 64** со значением 0. Другие регуляторы

называют регуляторами плавной регулировки, потому что они изменяют значение регулировочного параметра в диапазоне от 0 до 127. Это касается движковых и поворотных регуляторов (**рис. 8.19**).



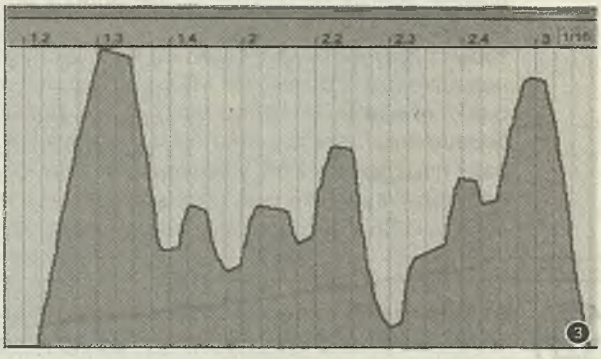


Рис. 8.19. *Колесо амплитудной модуляции — типичный пример регулятора, генерирующего при вращении поток сообщений типа control change. При вращении колеса амплитудной модуляции на клавиатуре Korg MS2000 (1) генерируется последовательность значений регулировочного параметра от 0 (нижнее) до 127 (верхнее) (2), которые отображаются в виде модуляционной огибающей (3). Эта регулировка может быть использована для управления, например, таким параметром синтезатора, как уровень вибрато (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Korg USA*)*

128 — это не предел

В ряде случаев требуется более 128 значений регулировочного MIDI-параметра. К счастью, имеется простое решение: если разрешено использовать только числа от 0 до 127, используем набор двух чисел, и вместо 128 возможных значений получим 16 384 комбинации чисел (128x128), каждое из которых, как и прежде, находится в установленном диапазоне 0–127.

Первый байт в этой двухбайтовой порции данных называется "наиболее важный байт" (Most Significant Byte (MSB) — самый старший байт). За ним следует байт, который называется "наименее важный байт" (Least Significant Byte (LSB) — самый младший байт). Стандартная компьютерная терминология, используемая для обозначения байтов, немного сбивает с толку, потому что эти названия вовсе не означают, что на самом деле один байт важнее другого; это всего лишь привычный способ обозначения положения байтов.

В стандартном MIDI-сообщении типа `pitch-bend` имеется два байта данных. (MIDI-сообщение типа `pitch-bend` начинается с байта состояния —

"приступить к регулированию высоты тона!", — за которым следуют два, а не один, байта данных.) Это обеспечивает возможность задания 16 384 уровней регулировочного параметра, хотя некоторые аппаратные и программные инструменты не поддерживают тонкую регулировку и реагируют только на старший байт данных, совершенно игнорируя младший байт данных.

В MIDI-сообщениях типа `control change` (CC) имеется только один байт данных, потому что первый байт, следующий за байтом состояния, используется для идентификации номера контроллера (регулятора), передающего это MIDI-сообщение. Для передачи двух байтов данных приходится использовать два MIDI-сообщения типа `control change`: одно — для передачи MSB-байта (грубая регулировка), другое — для передачи LSB-байта (тонкая регулировка). Два байта данных используются для более тонких регулировочных операций, например настройки. Многие инструменты не реагируют на MIDI-сообщения типа CC, в которых передается LSB-байт, но если инструмент поддерживает этот режим, то нелишне знать о том, что MIDI-сообщению типа CC, в котором передается LSB-байт, присваивается номер, на 32 больший номера, присвоенного MIDI-сообщению типа CC, в котором передается MSB-байт. Например, если MSB-байт передается в MIDI-сообщении типа CC, генерируемом колесом амплитудной модуляции (ему присвоен номер `CC 1`), то MIDI-сообщению, в котором будет передан LSB-байт, присваивается номер `CC 33` (потому что 1+32=33).

В качестве источников дополнительной информации по MIDI-спецификации рекомендуем следующие Web-сайты

`www.midi.org`
`http://users.chariot.net.au/~gmarts/midi.htm`
`www.borg.com/~jglatt/tutr/miditutr.htm`
Полная версия спецификации MIDI 1.0 имеется на сайте `www.midi.org`.

Практика: реалистичное звучание язычковых духовых инструментов с помощью амплитудной и частотной модуляции и выбора диапазона звучания

Клавишные инструменты, с которыми мы познакомились в разделе "Практика: игра на клавишном инструменте", совершенно не подходят для использования регуляторов типа колес амплитудной и частотной модуляции. Вам когда-нибудь доводилось слышать пианино со "скольжением" высоты тона? А вот такой инструмент, как саксофон, без таких эффектов, как вибрато и "скольжение" высоты тона, будет звучать нереалистично; его "голос" будет очень похож на "голос" клавишного инструмента, а не на его собственный. (На фотографиях показана клавиатура Novation X-Station, в которой, как и во многих других моделях клавиатур, используется комбинированный регулятор частотной и амплитудной модуляции, выполненный в виде двухкоординатного джойстика. Хотя по конструкции разные модели оборудования отличаются друг от друга, MIDI-сообщения регуляторов соответствуют единому стандарту.)

Чтобы использовать MIDI-регуляторы для усиления выразительности звучания, загрузите в программе SampleTank2 FREE патч Alto Sax (дважды щелкните мышью на строке Alto Sax в Browser).

- **Модуляция (modulation).** Сыграйте продолжительную монотонную ноту. Звучит как-то безжизненно, не правда ли? Теперь повторите, но плавно добавьте небольшую порцию вибрато с помощью колеса амплитудной модуляции на клавиатуре. В звучании реальных язычковых духовых инструментов интенсивность вибрато изменяется во времени, поэтому попрактикуйтесь с колесом модуляции, стараясь добиться большей достоверности и выразительности звучания. Как вы сами убедитесь, музыкальный эффект вибрато усиливается, если добавлять его к звучанию не всех, а отдельных нот или добавлять его просто в конце звучания ноты. Для вдохновения прослушайте свои любимые записи игры на саксофоне, обращая внимание на то, как музыканты используют вибрато (многие саксофонисты считают, что их инструмент по звучанию ближе всех остальных к человеческому голосу).

- **Скольжение высоты тона (pitch-bend).** Саксофонисты легко исполняют короткие портаменто, плавно "перескальзывая" с одной ноты на другую вверх-вниз, расслабляя рот во время игры. Такая техника характерна больше для джаза, чем для классической манеры игры. Для того чтобы реализовать эффект портаменто вверх в игре на MIDI-инструменте, поверните колесо частотной модуляции чуть вниз от нейтральной позиции (или чуть влево, в зависимости от конструкции регулятора частотной модуляции), сыграйте ноту и отпустите колесо. Оно возвратится в нейтральное положение самостоятельно за счет пружины возврата. Чтобы сделать портаменто короче, одновременно отпустите колесо-регулятор в момент удара по клавише. Тренируйтесь и слушайте звукозаписи исполнений саксофонистов, и вы сумеете добиться реалистичности этого звука. Для исполнения портаменто вниз используется тот же прием, но наоборот: сыграйте ноту, затем "соскользните" вниз по тону, повернув колесо частотной модуляции перед самым отпусканием клавиши. (Чтобы звук ноты в фазе отпускания (release phase) снова не "скользнул" вверх, не отпускайте колесо частотной модуляции до тех пор, пока звук не затихнет полностью).

- **Диапазон (range).** Для достижения реалистичности звучания определяющее значение имеет диапазон виртуального инструмента — он должен быть таким же, как у реального инструмента. Виртуальный саксофон alto sax звучит более естественно, если играет в диапазоне двух октав — от "фа" большой октавы до "фа" второй октавы (F2–F4).

1 Колеса частотной и амплитудной модуляции на виртуальной клавиатуре SampleTank
2 Оптимальный диапазон инструмента

Этот совет относится не только к акустическим инструментам — он носит общий характер. Создавая фантастический звук или аналог естественного звука, не упускайте из виду моменты, благодаря которым он становится музыкальным. В сущности, вы создаете новый инструмент, поэтому, если он имитирует реальный инструмент, звучать он должен более музыкально.

Программы звука и группы программ звука

Инструмент, получив сообщение об изменении программы, перестраивается в новый режим, выбрав среди программ звука, хранящихся в оперативной памяти, необходимую программу. (Напоминаем, что некоторые очень хорошие программные синтезаторы, примером может служить синтезатор из Propellerhead Reason, не реагируют на сообщения об изменении программы.) MIDI-сообщениям типа `change message`, как и любым другим, присваиваются номера в диапазоне от 0 до 127. В большинстве клавиатур команды изменения программы могут передаваться непосредственно с панели управления, что удобно для концертных выступлений. Их можно также хранить в дорожке секвенсера, гарантируя тем самым, что инструмент, проигрывая конкретную дорожку, при каждом вос-

произведении будет генерировать надлежащий звук. MIDI-сообщения program change часто вставляют в начале каждой MIDI-дорожки, как раз исходя из этих соображений.

И все же MIDI-сообщения program change — это всего лишь числа, не имеющие какого-то особого смысла. В одном синтезаторе программа под номером 12 может соответствовать звуку флейты, в то время как в другом синтезаторе программа под номером 12 может означать искаженный звук электрогитары. В результате, создав в MIDI-секвенсере дорожку и добавив в нее MIDI-сообщение типа program change, вы, по-видимому, попадете в затруднительное положение, если позже захотите воспроизвести эту дорожку на другом MIDI-инструменте. Почти наверняка звучание этой дорожки на новом инструменте будет неправильным.

Такой проблемы не возникает, если следовать спецификации General MIDI (GM). Она поддерживается многими аппаратными синтезаторами и лишь небольшой группой специальных программных синтезаторов. Если на панели инструмента имеется логотип "GM" (или его можно переключить в режим GM), то любое отосланное им MIDI-сообщение типа program change имеет четко унифицированное назначение. Например, программа звука под номером 7 однозначно означает клавесин, а программа звука под номером 36 — бас-гитару. Спецификация General MIDI, исключительную полезность которой нет нужды доказывать, тем не менее, рассчитана скорее на использование в потребительском секторе музыкальных приложений, например для исполнения записей популярных мелодий на домашней музыкальной клавиатуре, чем на профессиональное использование. Лавинообразный рост числа разнообразных моделей ПО и оборудования, а также библиотек виртуальных инструментов демонстрирует отсутствие унификации в этом вопросе — в большинстве инструментов используются отличающиеся схемы нумерации программ-вставок (патчей).

Программы звука упорядочены в группы (bank), чтобы в памяти инструмента можно было хранить больше 128 вариантов звучания и группировать патчи по тематическим категориям (например, группа инструментов (instrument bank) и группа ударных инструментов (percussion bank)).

Для изменения программы отсылается MIDI-сообщение типа program change, в котором указывается номер программы-вставки (патча), который должен находиться в пределах от 0 до 127. В начале 1980-х годов, когда MIDI-технология только разрабатывалась, невозможно было даже представить, что когда-нибудь память синтезатора будет способна вместить сотни программ звука или что музыкантам когда-нибудь понадобится так много программ звука. Поэтому число возможных вариантов MIDI-сообщений типа program change ограничено. Для того чтобы перейти из одной группы программ звука в другую, необходимо отсылать отдельное MIDI-сообщение типа bank select. MIDI-сообщение типа bank select было "имплантировано" (или "вплетено") в категорию control change MIDI-сообщений. В MIDI-сообщении CC 0 указывается старший (MSB), а в следующем за ним MIDI-сообщении CC 32 — младший байт (LSB) двухбайтового адреса группы программ звука. Таким образом, становится возможным использование 16 384 групп по 128 программам звука — этого должно быть достаточно кому угодно для полного счастья. К сожалению, многообразные инструменты реагируют на сообщения CC 0 и CC 32 по-разному. Возможно, чтобы отыскать нужную программу звука, придется поэкспериментировать и покопаться в руководстве пользователя, прилагаемом к используемому синтезатору. Например, для того чтобы добраться до группы H программ звука, в одном синтезаторе необходимо использовать MIDI-сообщение CC 0

со значением 7, в то время как в другом — MIDI-сообщение `CC 0` со значением 0, после которого должно идти MIDI-сообщение `CC 32` с значением 7.

Для того чтобы загрузить вместо программы-вставки, взятой из текущей группы программ звука, программу звука из другой группы, необходимо отослать два MIDI-сообщения: первое — MIDI-сообщение типа `bank select` и за ним — MIDI-сообщение типа `program change`. (MIDI-сообщения необходимо отсылать именно в такой последовательности, потому что инструмент ждет сообщение с указанием группы программ звука до сообщения номера следующей программы звука. Поэтому, даже в том случае, если необходимо заменить текущий патч (программу-вставку) 1 из группы 1 патчем 1 из группы 2, для большинства инструментов необходимо отослать MIDI-сообщение с указанием номера выбранной группы программ звука и вслед за ним — MIDI-сообщение с указанием номера выбранного патча.)

Нумерация программ звука

127 или 128? Удивительно, но некоторые разработчики вносят путаницу, нумеруя MIDI-сообщения в диапазоне номеров 1–128, а не в общепринятом диапазоне номеров 0–127.

Системные сообщения

В MIDI-технологии используются также системные сообщения. Эти сообщения предназначены не для отдельных инструментов, а для всей музыкальной системы, в которой связь между различными инструментами осуществляется по стандарту MIDI. Используются три типа системных MIDI-сообщений — оперативные системные (`system-realtime`), стандартные системные (`system-common`) и нестандартные системные (`system-exclusive`).

Оперативные системные (`system-realtime`) MIDI-сообщения являются наиболее важной категорией системных сообщений. Они используются для синхронизации работы инструментов, объединенных в систему (например, секвенсеров), которые совместно участвуют в процессе звукозаписи или воспроизведения. В эту категорию входят тактовые (`clock`) сообщения (отсылаются 24 раза за четвертной интервал), "старт" (`start`), "стоп" (`stop`) и "продолжить" (`continue`). Можно использовать синхронизирующие MIDI-сообщения даже для синхронизации секвенсеров, работающих на нескольких компьютерах, связав их по MIDI-интерфейсу (более подробно этот вопрос рассматривается в главе 12).

В категорию стандартных системных сообщений (`system-common`) входят MIDI-сообщения `song select` и `song position pointer` (они, опять-таки, предназначены для секвенсеров) и сообщения некоторых других типов. Но самой известной и самой загадочной категорией системных сообщений является категория `system-exclusive` (нестандартные системные), известная также под названием `sys-ex` или `SysEx`.

Сообщения типа `SysEx`

Нестандартные системные MIDI-сообщения адресуются определенным аппаратным инструментам. Эти сообщения представляют собой некий "черный ход", предусмотренный разработчиком для обслуживания конкретного инструмента. В начале MIDI-сообщения типа `SysEx` указывается, что отосланная информация предназначена для конкретной модели конкретного производителя. Все остальные MIDI-устройства, объединенные в систе-

му, игнорируют MIDI-сообщения SysEx, адресованные не им. Цель, для которой используются MIDI-сообщения SysEx, целиком определяется разработчиком оборудования.

Достоинство MIDI-сообщений типа SysEx заключается в том, что их длина не ограничена, поэтому их окончание маркируется просто — с помощью MIDI-сообщения stop (другие названия — EOX и end-of-exclusive (конец нестандартного системного сообщения)), сигнализирующего о том, что сообщение закончено. Поскольку в MIDI-сообщение типа SysEx можно включать массу данных, этот тип сообщения используется обычно для инициализации устройства, загрузки обновленной операционной системы с компьютера в аппарат или пересылки больших порций данных. Посредством MIDI-сообщения типа SysEx данные загружаются в аппарат "валом" — одной большой порцией, а не так, как при передаче MIDI-сообщениями нот или регулировок, когда в процессе исполнения отсылаются значения отдельных параметров. Разработчики нередко используют MIDI-сообщения типа SysEx вместо штатных типов MIDI-сообщений для пересылки данных оперативных регулировок, а особые разновидности MIDI-сообщений типа SysEx под названием MIDI Machine Control и Show Control (об этом читайте ниже, в разделе "Сообщения MIDI Machine Control и MIDI Show Control") обеспечивают возможность пересылки оперативных команд, которые нельзя переслать с помощью MIDI-сообщений канального уровня.

MIDI-сообщения типа Time Code и clock

Тактовая информация крайне необходима для синхронизации систем воспроизведения звука, например, объединенных в систему секвенверов, работающих на нескольких компьютерах, и аппаратных инструментов. В синхронизируемой системе одно из устройств (аппаратное или программное) выступает в роли задающего генератора тактовой синхронизации (**рис. 8.20**), а все остальные устройства синхронизируются по сигналу тактовой синхронизации, поступающему от задающего устройства (остальные устройства в просторечии называют рабами — "slaves"). В MIDI-технологии предусмотрены два метода синхронизации: MIDI-сообщения типа clock и MIDI Time Code (MTC).

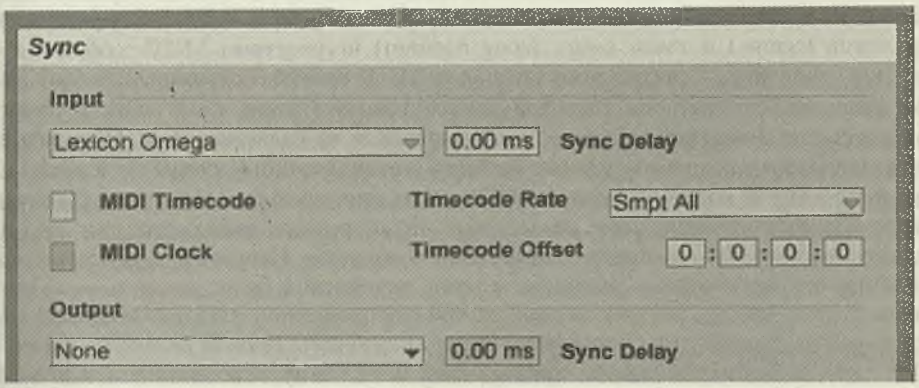


Рис. 8.20. *Настройки синхронизации MIDI-системы в программе Ableton Live обеспечивают синхронизацию темпа работы и старта/остановки множества устройств*

Сообщения MIDI Machine Control и MIDI Show Control

Особая разновидность MIDI-сообщения типа SysEx, MIDI Machine Control (MMC), предназначена для дистанционного управления системами записи-воспроизведения и используется в системах звукозаписи, например в Tascam DA-88. В категорию MMC входят более изощренные команды, чем стандартные команды синхронизации start/stop/continue. Команды MMC превратились в протокол под названием MIDI Show Control (MSC), предназначенный для использования дополнительного оборудования, например оборудования цветомузыкальных установок и спецэффектов. Протокол MSC используется даже в приводе мультимедийных аттракционов в Диснейлэнде (Disney World).

Из указанных двух типов MIDI-сообщений clock (тактовый сигнал) — самый простой тип. Это регулярно повторяющееся MIDI-сообщение отсылается 24 раза каждую четверть такта генератора синхронизации; таким образом, оно работает, как виртуальный метроном. Устройства-приемники считают поступающие сообщения типа clock. Полученные 24 MIDI-сообщения типа clock должны начать следующую четвертную долю такта. При уменьшении или увеличении тактовой частоты задающего (master) устройства тактовой синхронизации все устройства, синхронизируемые по MIDI-сообщениям типа должны синхронно уменьшить или увеличить собственную тактовую частоту. MIDI-сообщения тактовой синхронизации (clock) обеспечивают синхронизацию с привязкой к темпу исполнения.

Если воспроизведение начинается не с первого такта песни, а с какого-то другого такта, задающее (master) устройство тактовой синхронизации должно также отослать специальное MIDI-сообщение, так называемый указатель такта песни (SPP — song position pointer), которое сообщает синхронизируемым (slave) устройствам, с какого такта начать воспроизведение. Синхронизируемое устройство "протянет" запись до места, указанного в MIDI-сообщении SPP, и будет ожидать MIDI-сообщения start, чтобы начать воспроизведение.

MIDI-сообщение типа clock можно использовать для синхронизации приложений, работающих на нескольких компьютерах. Поскольку в секвенсерах предусмотрена синхронизация темпа (tempo) и такта песни (song position) посредством MIDI-сообщения типа clock, все что нужно, — связать компьютеры по MIDI-интерфейсу, назначить одну из программ задающим генератором тактовой синхронизации (master clock source), убедиться, что она отсылает синхронизирующие MIDI-сообщения на надлежащий MIDI-выход, переключить остальные программы в режим внешней синхронизации (external clock mode) и убедиться в том, что на соответствующие MIDI-входы этих программ поступают синхронизирующие MIDI-сообщения. Для реализации этого способа синхронизации не нужно использовать какие-либо дополнительные MIDI-сообщения. Например, процессоры эффектов, в которых предусмотрена "привязка" к темпу исполнения, будут автоматически синхронизировать свою работу, поэтому данный способ синхронизации идеально подходит для совместной работы и концертных исполнений (более подробно эта тема обсуждается в главе 13).

Для тактовой синхронизации, привязанной не к темпу исполнения, а к реальному времени в минутах и секундах и к кадрам видеозаписи/фильма, предназначены MIDI-сообщения типа MIDI Time Code (MTC). MIDI-сообщения MTC реализуют тактовую синхронизацию по стандарту SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) с привязкой к реальному времени, отсчитываемому в часах, минутах, секундах и кадрах, и настройкой конфигурации на различную частоту кадров (фильм, видео и т.п.). (Под-

робно работа с кино- и видеозаписями обсуждается в главе 12.) Даже в том случае, если, например, фильмы и видеозаписи к вам не имеют никакого отношения, вариант синхронизации с использованием MIDI-сообщений типа MTC пригодится для управления не музыкальным оборудованием.

Запись исполнения

MIDI-технология не универсальна. Но запись, воспроизведение и редактирование — это именно те задачи, в которых ее возможности раскрываются во всей своей красе. Вы сбились с ритма? Нажмите кнопку quantize (оцифровать) — и ваше исполнение как по мановению волшебной палочки будет точно привязано к ритму. Вам нужно сдвинуть тональность мелодии, потому что певец, с которым вы потратили много времени, разучивая вашу песню, не в состоянии исполнить ее в той тональности, в которой вы записали инструментальное сопровождение? Нажали кнопку — и инструменты уже играют в нужной тональности. Кажется, что партия бас-гитары звучит как-то механически, с неестественно идеальным ритмом? Достаточно одной команды, чтобы слегка сдвинуть привязанные к темпу исполнения MIDI-образцы, из которых составлена партия бас-гитары. Хотите попробовать другую оркестровку, ритмический рисунок или аранжировку или всего лишь изменить некоторые ноты? Исполнение в формате MIDI, коль уж оно записано секвенсером, можно редактировать как угодно. Если бы это исполнение было записано в формате аудио, то подобное редактирование стало бы практически невозможным. С помощью MIDI-технологии можно реализовать фантастические идеи, например фортепианные аккорды из двадцати нот, или исполнить сложнейшую партию в бешеном темпе, недоступном никому.

MIDI-секвенсер обеспечивает возможность записи исполнения в таком формате, в котором оно не стареет и остается открытым для редактирования и воспроизведения до тех пор, пока у вас есть встраиваемые модули и/или аппаратура, которые использовались при создании этой MIDI-записи. Многие из этих технологий используются также для воспроизведения музыки в нотных программах (вопросы нотной записи подробно рассматриваются в главе 11).

Синхронизация темпа исполнения

Одним из достоинств MIDI-технологии является возможность записи исполнения в одном темпе, а воспроизведения — в другом. Например, если партия сложная, темп исполнения при записи можно вдвое замедлить, а затем воспроизводить ее в ускоренном темпе.

Соблюдение темпа исполнения имеет принципиальное значение для синхронизации партий и обеспечения возможности оцифровки ритма, о чем мы поговорим далее в этой главе. Часто, чтобы сделать запись в заданном темпе, просто не обойтись без метронома (если вам неприятен монотонный стук метронома, воспользуйтесь возможностями ПО звукозаписи и играйте, например, под барабанный аккомпанемент или другой ритмический аккомпанемент, задающий необходимый темп). Чтобы добиться синхронности исполнения с тиканьем метронома, сначала необходимо установить контролируемый темп. Для исполнения под аккомпанемент предварительно записанной аудиодорожки этот способ, к сожалению, не подходит.

Настроиться, чтобы начать запись точно в нужный момент и в нужном темпе, помогут несколько тактов, предшествующих началу записи (музыканты называют их “пустыми”); это просто такты, отсчитываемые до начала исполнения. (Эти такты дают возможность “разогреться” перед началом игры. Итак, “пять, шесть, семь, восемь”!)

А что делать в том случае, если мелодия имеет переменный темп и он меняется в процессе игры? Есть два варианта: первый — играть строго в одном темпе и затем внести изме-

нения темпа уже в записанное исполнение, второй — при записи играть в переменном темпе (так, как нужно). В последнем случае вы можете убрать метроном и не следить за тем, чтобы попадать в такт, или, если используемая программа предусматривает такую возможность, отбивать ритм своей игры (обычно для этого используется ножная педаль), заставив метроном подстраиваться под вашу игру, а не наоборот. (Прочитайте раздел "Отбиваем такт".)

В большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) имеется отдельная дорожка, на которой записываются изменения музыкального размера и чередования темпа. Ее часто называют дирижерской дорожкой (conductor track), потому что она выполняет ту же роль — отбивает такт.

Функции `Overwrite` (перезапись) и `Merge` (наложение)

MIDI-записи можно накладывать друг на друга точно так же, как и аудиозаписи, — добавляя новые дорожки в свою аранжировку и используя разные инструменты или MIDI-каналы для "наслоения" (layer) данных. Поскольку в MIDI-записи хранятся не звуки, а события, в MIDI-запись исполнения можно вносить новые MIDI-данные на уже записанную дорожку. Например, если вы не очень уверенно играете на клавиатуре, то можете сначала записать партию, исполняемую правой рукой, затем "перемотать" MIDI-запись в начало и записать партию, исполняемую левой рукой, слушая партию, исполненную правой рукой, или наложить на записанную дорожку эффект амплитудной модуляции.

Отбиваем такт

Механизм Tap Tempo (отбивание ритма) дает возможность задавать ритм в режиме реального времени в процессе записи или воспроизведения. Управляемые MIDI-устройства будут автоматически следовать задаваемому ритму, ускоряя или замедляя работу. Вы можете использовать функцию tap tempo для синхронизации MIDI-инструментов с ритмом "живого" исполнения на акустических инструментах, задания органически меняющихся ритмов или, если хотите "дирижировать" своими MIDI-устройствами, чтобы заставить их "слушаться" вас. (Видеоджеи, вы можете использовать функцию tap tempo даже для того, чтобы "привязать" ритм визуальных эффектов к игре ансамбля; об этом подробнее читайте в главе 12.)

Функцию tap tempo можно использовать двумя способами.

- Использовать аппаратуру, оснащенную встроенными типовыми средствами реализации функции tap tempo, которые отсылают синхронизирующие MIDI-сообщения типа `clock` остальным синхронизируемым устройствам.
- Использовать программу, в которой предусмотрена реализация функции tap tempo посредством MIDI-регулятора, что дает возможность использовать регулятор по усмотрению пользователя (например, педаль удержания звука (hold pedal)).

В Ableton Live, в программе, обеспечивающей возможность реализации функции tap tempo, имеется настройка tap, которую можно присвоить любому MIDI-регулятору (**рис. 8.21**). Вы можете выбрать в качестве такого регулятора ножную педаль и во время игры отбивать с ее помощью такт. В случае отсутствия педали можно присвоить эту функцию беззвучной клавише на клавиатуре или даже отбивать такт, щелкая кнопкой мыши, хотя это не лучшие варианты — это усложнит игру на клавиатуре.

Рис. 8.21. *Механизм Tap Tempo (отбивание ритма) дает возможность задавать ритм исполнения в режиме реального времени, отбивая такт; с его помощью можно "дирижировать" оркестром MIDI-устройств*

В режиме перезаписи (`overwrite`) программа сотрет предыдущую запись на данной дорожке и заменит ее новой записью, — это удобно, если вы хотите заменить неудачную запись. Если вы хотите вносить новые ноты в имеющуюся дорожку звукозаписи, перейдите в режим объединения (`merge`) — и новые данные будут объединены с уже записанными. Только помните, что MIDI-сообщения оказывают влияние на весь канал, поэтому, если в первой записи зафиксированы, например, такие MIDI-сообщения, как нажатия на педаль или "вытягивание" высоты тона, они распространятся и на новую запись.

В некоторых рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возможность многократной безостановочной записи. В этом случае вы можете задать режим циклически повторяемого (loop) воспроизведения аккомпанемента и многократно повторить запись исполнения, а затем выбрать среди полученных дублей лучший.

Функция Split (разделение)

У вас есть две руки, так почему бы этим не воспользоваться? С помощью функции split вы можете разделить клавиатуру на зоны, присвоив им разные программы звука. Например, нижнюю половину клавиатуры вы можете превратить в настоящую акустическую бас-гитару, а верхнюю — в пианино (это один из наиболее распространенных вариантов настройки режима split).

Режим split можно использовать как в инструменте, отсылающем MIDI-сообщения, так и в инструменте, принимающем MIDI-сообщения, если только инструмент поддерживает такую функцию (а такая возможность предусмотрена не во всех инструментах). Например, можно присвоить одну половину MIDI-клавиатуры одному каналу, а другую половину — другому каналу и настроить две дорожки на одновременную запись MIDI-исполнения, присвоив по одной дорожке каждому из каналов. При реализации режима split в устройстве-приемнике MIDI-сообщений необходимости в использовании отдельных каналов нет — достаточно просто настроить это устройство на воспроизведение MIDI-данных, поступающих от каждой половины клавиатуры по разным программам звука.

Функция Step Entry (пошаговый ввод)

В ряде случаев предпочтительнее вводить ноты сами по себе, а не исполнять их. Режим Step Entry — его называют режимом пошаговой записи — реализует способ ввода данных путем записи нот по одной ("step" — "пошагово"). В некоторых рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) для режима step entry предусмотрены особые интерфейсы, обеспечивающие возможность точного задания ритмов, тонов силы удара по клавише (velocity) и других параметров исполнения ноты; многие используют исключительно режим записи step entry для точной записи исполнения партий ударных инструментов и других элементов исполнения (**рис. 8.22**). Даже если в вашей программе отсутствует особое окно для режима пошаговой записи step entry, то обязательно должна быть возможность последовательного ввода нот с помощью виртуального карандаша (pencil tool), т.е. пошаговой записи. Функция step entry аналогична инструментам записи нот в программах нотной записи и музыкальных редакторах, отображающих нотную запись в виде развертки во времени (piano roll editor), и функции data entry, используемой в редакторах ритмов (pattern editor) (об этом читайте в разделе "Редакторы ритмов", приведенном далее в этой главе).

Компьютерные (QWERTY) и виртуальные клавиатуры

Что делать, если под рукой нет MIDI-клавиатуры? В некоторых программах предусмотрена возможность превращения компьютерной (QWERTY) клавиатуры в MIDI-клавиатуру, что дает возможность, например, поиграть на виртуальном инструменте или записать набросок партии бас-гитары. В Apple Logic Pro, например, для переключения клавиатуры в режим MIDI необходимо просто нажать клавишу <Caps Lock>, а Ableton Live будет автоматически реагировать на компьютерную клавиатуру при наличии MIDI-дорожки, настроенной для записи. Конечно, клавиши компьютерных клавиатур не оснащены датчиками скорости нажатия, но в вашей программе может быть предусмотрена комбинация клавиш для редактирования параметра velocity при вводе нот. Если такая возможность отсутствует, то вы в любом случае сможете ввести значения параметра

Рис. 8.22. *В режиме пошагового ввода (в качестве примера показано окно пошаговой записи в программе MOTU Digital Performer) вы можете записывать исполнение, не играя на инструменте, а поочередно, одна за другой, вводя в секвенсер ноты композиции*

velocity после ввода нот. Во многих программах также предусмотрены экранные клавиатуры, на которых можно играть, щелкая мышью. Такие клавиатуры либо встраиваются в панели виртуальных инструментов (как, например, в синтезаторах компаний *IK Multimedia* и *Native Instruments*), либо отображаются в окне секвенсера и управляются мышью (примером может служить Keyboard в программе Garage-Band).

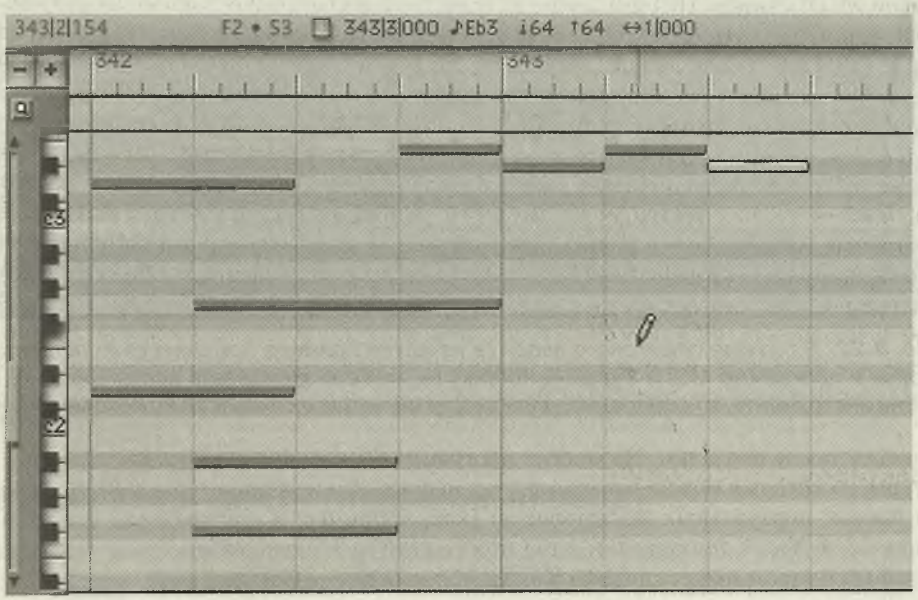
Редактирование MIDI-исполнений и манипулирование ими

Поскольку MIDI-данные — это всего лишь последовательность чисел, описывающих музыкальные события, редактирование сводится буквально к простым арифметическим операциям (в противоположность математическим методам обработки аудиоданных, которые требуют огромных вычислительных ресурсов). В действительности секвенсер освобождает вас от выполнения каких-либо арифметических операций, автоматически выполняя их. Редактировать MIDI-данные очень легко. Вы можете передвигать ноты во времени вперед-назад по одной либо по нескольку или даже целиком всю дорожку, изменять высоту тона отдельных нот и транспонировать целые фрагменты, а также переделывать композицию как угодно.

Способы отображения и редактирования MIDI-записи

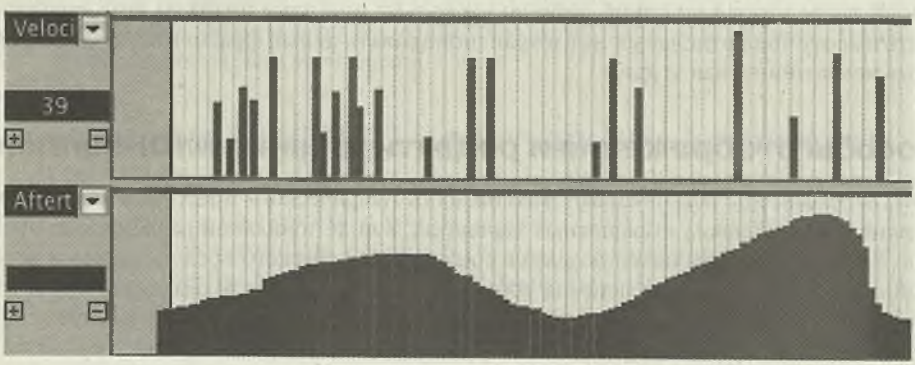
MIDI-секвенсеры обеспечивают возможность графического представления музыкальной записи в нескольких стандартных вариантах: в виде тональной развертки во времени (piano roll) (сюда же обычно включаются средства графического представления и редактирования регулировок в виде перечня событий с фактическими MIDI-данными) и в виде ритма (этот вариант отображения MIDI-данных используется в редакторах ритмов (pattern editors), предназначенных для редактирования MIDI-записей, "привязанных" к определенному ритму).

Нотация в виде тональной развертки во времени (piano roll)



При представлении MIDI-записи в виде тональной развертки во времени (piano roll) высота тона отсчитывается по оси y координатной сетки. Как правило, слева вдоль оси y изображается клавиатура пианино, чтобы было легче определять, какой ноте соответствует та или иная тональная линия. Время отсчитывается по оси x. В таком редакторе можно вводить ноты с помощью виртуального карандаша (pencil tool), перетаскивать, копировать и вставлять их, увеличивать или уменьшать длительность как отдельных нот, так и целых фрагментов. (Пример на фотографии: MOTU Digital Performer.)

Графическое редактирование регулировок



Представление регулировок в графическом виде обеспечивает широкие возможности их редактирования с помощью графических инструментов, аналогичных тем, которые используются во многих графических программах. Регулировки, как правило, представ-

ляются в виде графика (так называемой ленты — strip) под тональной разверткой во времени MIDI-записи. На этой ленте вы можете вывести график таких регулировок, как "скольжение" высоты тона (pitch-bend), длительность звучания нот после отпускания клавиш (aftertouch) или данных категории `control change`. Вы можете, например, дорисовав на графике гладкий нарастающий скат, внести с помощью модуляции плавно нарастающее вибрато в партию органа.

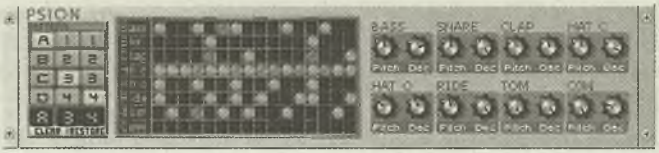
Используя опцию привязки к координатной сетке (snap-to-grid option), вы можете "привязать" вносимые изменения к ритму музыки. Благодаря опциям привязки к координатной сетке между графическими редакторами типа редактора MIDI-клипов в программе Ableton Live и редакторами ритмов (pattern editors) типа степ-секвенсера Matrix в программе Propellerhead Reason есть определенная общность. Но степ-секвенсер обязательно "привязывает" ноты и команды регулировок к фиксированной ритмической сетке. Отключив сетку привязки в графическом редакторе (piano-roll или graphic controller), вы получаете возможность привязывать события к любой точке во времени (пример на фотографии: Stemberg Cubase SX).

Редактирование событий

Position				Status	Cha	Num	Val	Length/Info			
---------- Start of List ----------											
2	3	2	150	Note	1	C3	81	.	.	2	100
2	3	2	151	Note	1	C2	81	.	.	2	56
2	3	3	76	Control	1	64	127	EXS24#1			
3	1	1	28	Note	1	C4	56	.	.	3	96
3	1	1	30	Note	1	G3	82	.	.	3	117
3	1	1	31	Note	1	E3	83	.	.	3	138
3	1	1	46	Note	1	C#4	82	.	2	1	209
3	1	1	53	Note	1	C5	81	.	3	1	23
3	1	1	102	Control	1	64	0	EXS24#1			
3	1	3	56	Control	1	64	127	EXS24#1			
3	2	3	233	Note	1	A#2	81	.	.	2	117
3	2	3	235	Note	1	A#1	82	.	.	2	61

Графическое представление — вещь удобная, но время от времени возникает необходимость в работе непосредственного с MIDI-данными (особенно в тех случаях, когда необходимо точно скорректировать значение одного параметра или просмотреть данные, которые не отображаются в графическом редакторе). В перечне событий выводятся фактические MIDI-сообщения с указанием времени, типа сообщения и точного значения параметра (пример на фотографии: Apple Logic Pro). Как исключение указывается длительность MIDI-нот, хотя такого параметра нет среди типов MIDI-сообщений: дело в том, что редко в каком редакторе выводятся сообщения типа `note-off`.

Редакторы ритмов



Редакторы ритмов (pattern editors), их еще называют drum editors, редакторы барабанных ритмов, обязательно "привязывают" музыкальные события к ритмической сетке. Одни из них имитируют аппаратные ритм-машинки или аппаратные аналоговые синтезаторы, создавая заведомо механические ритмические трафареты, популярные в стиле "электроника" и в других стилях. Другие предназначены для создания барабанных ритмов.

Создать барабанный ритм в редакторе ритмов можно постепенно, инструмент за инструментом. Например, начинаем с большого барабана, затем добавляем педальную тарелку, малый барабан, тамтам и тарелки, пока не получим сложный ритм, который нас устраивает. Наращивая этот ритм во времени (прочитайте учебный курс по работе в программе Kinetic, приведенный в главе 5), создаем сначала структуру музыкальной композиции, а затем — варианты для брейка и варьете.

Редакторы ритмов (pattern editors) справляются также с партиями басовых инструментов и синтезированными ритмами. Поскольку в такие редакторы закладываются возможности управления разными параметрами, они могут использоваться для ритмических изменений тембра, фильтрации и реализации других эффектов (пример на фотографии: модуль барабанных ритмов на основе ритмических трафаретов в программе Arturia Storm).

Квантование

Квантование (quantization) — это, по существу, ни что иное, как инструмент "привязки" нот к координатной сетке. Если запись не очень точно выдерживает ритм, квантование обеспечит сдвиг нот в начало ближайшей доли такта (**рис. 8.23**). Основные варианты применения квантования таковы.

- **Note-on only (только начало ноты).** С координатной сеткой (началом ближайшей доли такта) совмещается только начало всех нот с сохранением длительности нот.
- **Note-on and duration (начало ноты и длительность).** С координатной сеткой совмещается как начало, так и конец всех нот.
- **Percentage (приближенное совмещение).** Ноты сдвигаются ближе к координатной сетке, но не до совмещения с ней. За счет этого ритм становится четче, но не превращается в искусственный, идеально точный.
- **Random (случайные отклонения от ритма).** Как утверждается, незначительная рандомизация "облагораживает" операцию квантования, устраняя слишком неестественную точность ритма. Но на самом деле после такой обработки характер записи меняется таким образом, как будто ее исполнял генератор случайных чисел. Для хорошего качества облагораживания ритма нужны более сложные алгоритмы обработки.
- **Swing/shuffle.** Создает небольшую задержку слабых долей такта, придавая музыке плавающий ритм, характерный для джаза, хип-хопа и отчасти рок-музыки.

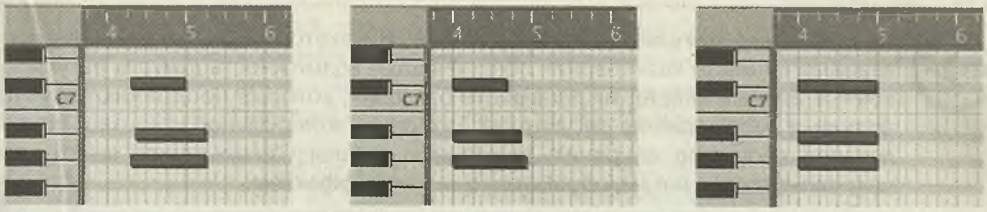


Рис. 8.23. *Квантование (quantization) заключается в том, что каждая нота, сыгранная не точно в такт (рисунок слева), сдвигается до совмещения ее начала с началом ближайшей доли такта (рисунок в центре) в заданной пользователем координатной сетке (стандартные значения шага сетки — одна восьмая, одна шестнадцатая, триплет длительностью одна восьмая и другие ритмические интервалы). Если выбран вариант квантования длительности (квантование не только MIDI-сообщений типа note-on, но и note-off), концы нот также выравниваются по координатной сетке (рисунок справа)*

Основной параметр операции квантования — шаг координатной сетки, по которой выполняется квантование. Необходимо выбрать наименьший музыкальный интервал в записанной музыке. Например, если самый короткий интервал — одна шестнадцатая, то и шаг координатной сетки задается равным одной шестнадцатой. Если в дорожке записи имеются дуоли и триоли, то выбор для квантования интервала, соответствующего дуоли, приведет к тому, что триоли будут уничтожены. К счастью, предусмотрена возможность квантования групп нот, а не целиком дорожки MIDI-записи, что дает возможность выполнить квантование диолей и триолей индивидуально.

Редактор, реализующий квантование, не может, конечно, читать ваши мысли. Нота будет сдвинута к началу той доли такта, к которой она находится ближе всего. Поэтому, если оригинальная запись преднамеренно имеет неровный ритм, квантование может привести к тому, что музыка станет очень чудной и на себя не похожей. С другой стороны, можно использовать принудительное квантование в процессе аранжировки, превращая мелодические линии в аккорды (например, задав полное квантование всех нот) и создавая другие эффекты.

Квантование можно реализовать в виде эффекта при воспроизведении MIDI-записи, воспользовавшись соответствующим встраиваемым MIDI-модулем или инструментом playback quantization (квантование при воспроизведении) секвенсера. Квантование при воспроизведении дает возможность прослушать получающийся в результате эффект, не сдвигая в действительности ноты в записи — они как были, так и останутся при этом на своих первоначальных местах. Это дает возможность предварительно оценить, стоит ли использовать квантование, и сравнить варианты квантования (в программах нотной записи, как правило, используется квантование при воспроизведении).

В целом, операция квантования полезна не только для исправления нарушений ритма. Она также подходит для придания музыке большей ритмичности. Квантование — это своего рода ритмическая фильтрация записи. Такая аналогия особенно удачна в том случае, когда вы используете настройки свинга или квантование по заданному ритмическому рисунку (groove quantization); об этом читайте в следующем разделе. Можно использовать квантование для придания музыке "механичности", но этого же можно добиться, использовав стиль свинга. Оба эффекта создают характерное звучание, поэтому выбор зависит от того, какого результата вы хотите добиться. Например, в танцевальной музыке часто используется строгое квантование, в то время как для ритмической обработки джазовой, поп-музыки и музыки в латиноамериканском стиле можно использовать менее строгие настройки квантования для придания ей большей натуральности.

Квантование регулировочных данных. В некоторых (но не во всех) программах команды квантования обеспечивают возможность двигать регулировочные данные вперед-назад вместе с нотами, которые продолжают звучать во время перемещения регулятора. Это очень желательное качество, позволяющее, например, сохранить временную привязку "скольжений" высоты тона (pitch-bends) к нотам, обработанным этим эффектом.

Квантование используется не только в обработке MIDI-данных

Термин "квантование" означает любую процедуру округления значений непрерывно изменяющегося параметра, их преобразования в дискретные значения. В процессе записи аналогового сигнала и его преобразования в цифровую форму выполняется квантование непрерывно меняющихся значений параметров в цифровые значения, поэтому квантование — это также стандартный термин, широко используемый в технологии цифровой звукозаписи.

Квантование по заданному ритмическому трафарету (groove quantization)

Квантование по заданному ритмическому трафарету (groove quantization) представляет собой особый вариант квантования, обеспечивающий привязку исполнения к более сложному и, надеемся, более "музыкальному" ритмическому трафарету — координатной сетке, которая несет на себе отпечаток музыкального ритма, характерного для стиля исполнения музыканта-мастера. Например, вместо обычной координатной сетки с постоянным шагом в одну четвертную ноты можно задать сложную, аритмическую сетку. Квантование по заданному ритмическому трафарету (groove quantization) изменяет также значения параметра `velocity`, поскольку ритмический трафарет (groove) описывает не только ритм, но и акценты, которые исполнитель делает на отдельных долях такта. Квантование MIDI-записи по заданному ритмическому трафарету осуществляется точно так же, как и любой другой вариант квантования, но результат часто получается более "музыкальным". В вашем секвенсере могут быть предусмотрены коллекция ритмических трафаретов (grooves) и возможность создавать авторские ритмические трафареты.

Квантование аудиозаписей

Квантование обычно считается атрибутом MIDI-технологии, но дальнейшее развитие технологии цифровой звукозаписи ведет к постепенному стиранию границ между технологиями обработки MIDI- и аудиоданных. Такие программы, как MOTU Digital Performer и Stemberg Cubase, обеспечивают возможность разбиения аудиозаписи на ритмические сегменты в соответствии с ритмом музыки (например, разделение записанного ритмического рисунка ударных инструментов на сегменты по отдельным ударам барабана) и индивидуального квантования этих сегментов или выделения из аудиозаписи ритмического трафарета (с сохранением не только ритмического, но и динамического стиля исполнения, т.е. акцентов) для обработки по нему MIDI- или другой аудиозаписи.

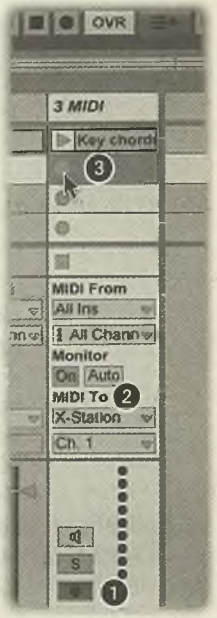
Квантование по заданному ритмическому трафарету станет куда более интересным, как только вы начнете выделять ритмические трафареты из аудиозаписей и переносить их из одной партии в другую: это дает возможность экстрагировать "запах" ритма из одного звучания и наполнить им другое, будь то из одной MIDI-записи в другую или из

MIDI-записи в аудиозапись, или наоборот, или из аудиозаписи в аудиозапись. Например, у вас есть запись джазовой мелодии с потрясающей игрой ударных инструментов. Выделите из записи ритмический трафарет ударных инструментов, обработайте по нему запись своего исполнения органной музыки на клавиатуре и послушайте, как она зазвучит.

Практика: запись и редактирование MIDI-клипов

Приемы работы с MIDI-клипами в программе Ableton Live во многом аналогичны приемам работы с аудиоклипами: вы можете записывать клипы, перетаскивать их мышью в окошки клипов в окне Session View или в дорожки в окне Arrange View, можете циклически повторять их, монтировать их в эпизоды, создавать плавные переходы (crossfade) от одного клипа к другому и делать практически все то, что вы делаете с аудиозаписями. Программируете ли вы дорожку партии ударных инструментов или записываете сольную партию фортепиано для нового концерта, простейший способ освоить запись и редактирование MIDI-клипов в программе Ableton Live — это научиться пользоваться интерфейсом редактора клипов. Для этого упражнения вы можете использовать любой MIDI-инструмент по своему усмотрению; это может быть аппаратный инструмент или виртуальный инструмент SampleTank, или один из встроенных инструментов Ableton Live — Impulse, Simpler и Operator.

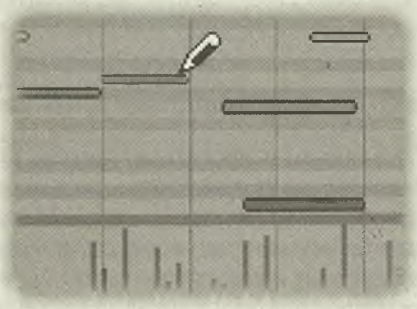
1. **Записываем клип.** Выбираем вход контроллера, с которого нужно произвести запись, и настраиваем на запись выбранную дорожку (1). Если записываем виртуальный инструмент, просто перетаскиваем мышью подключаемый модуль этого инструмента на дорожку записи — и Ableton Live автоматически использует его. В случае аппаратного инструмента или инструмента, базирующегося на технологии Re Wire (например, Propellerhead Reason), выбираем в меню MIDI To устройство и канал, которые хотим использовать (2). Завершив настройку, щелкаем мышью на кнопке Record в окошке клипа (3), чтобы записать клип в окне Session View, или переходим в окно Arrange View для записи клипа в имеющуюся аранжировку. Чтобы наложить MIDI-данные на существующую дорожку аранжировки (arrangement track) или ранее записанный сеансовый клип (session clip), убедитесь, что кнопка OVR ("overdub" — "наложить на существующую запись") в верхней части экрана нажата.



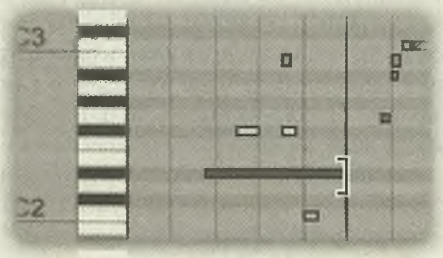
2. **Редактируем клип.** Для редактирования MIDI-клипа, записанного в окне Session View или Arrange View, дважды щелкните на нем мышью (или, если вы предпочитаете вводить ноты вручную, дважды щелкните в пустом окошке MIDI-клипа в окне Session View, чтобы создать новый, пустой клип). Перейдя в окно Clip View, вы получаете доступ к разнообразным инструментам редактирования.

   - **Draw Mode (Режим письма).** Для перехода в режим Draw Mode (при этом указатель мыши принимает вид карандаша, которым вы можете записывать новые ноты, регулировки и огибающие)

и выхода из него используется комбинация клавиш <Ctrl+B> (PC-компьютеры) или <Cmd+B> (Mac-компьютеры). Инструмент Draw будет использовать активные настройки координатной сетки.

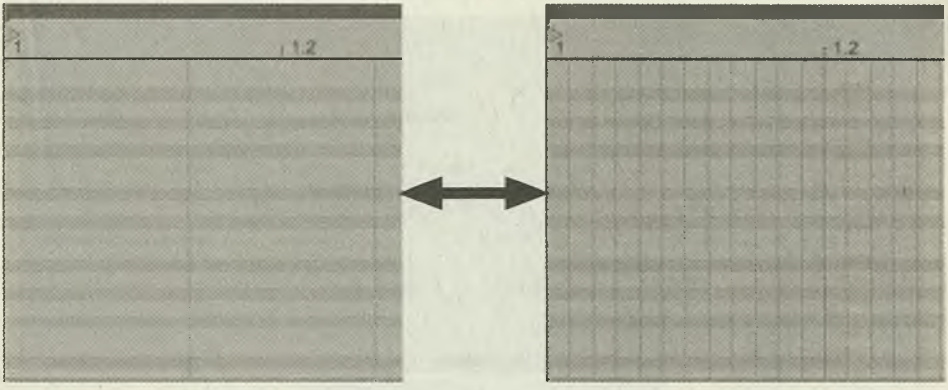


- **Editing (Режим редактирования).** При выходе из режима Draw Mode указатель принимает вид стрелки. Чтобы передвинуть ноту целиком, тащите мышью за середину ее линии, чтобы скорректировать начало и конец ноты, тащите мышью за соответствующий конец ее линии, растягивая или сжимая ноту. Чтобы изменить высоту тона, тащите ноту вверх или вниз. Чтобы изменить значение параметра `velocity`, тащите ноту мышью по вертикали при нажатой клавише <Alt> (PC-компьютеры) или <Cmd> (Mac-компьютеры): чем выше будет значение параметра `velocity`, тем темнее будет линия ноты, и наоборот, а маркер параметра `velocity` (`Velocity` Marker — вертикальные линии в нижней части окна Clip view) будет расти или уменьшаться в зависимости от характера изменения параметра `velocity`.



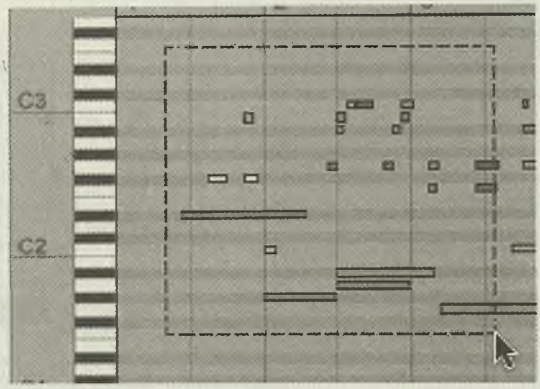
- **Grid (координатная сетка).** Инструменты письма и редактирования привязаны к видимой координатной сетке (тонкие вертикальные линии в окне Clip view). Для изменения параметров координатной сетки воспользуйтесь меню Option. Координатная сетка облегчает создание с помощью инструмента Draw tool (виртуального карандаша) MIDI-образцов ритмов, например, партии ударных инструментов или басов. Чтобы отключить автоматическую привязку к координатной сетке для более тонкого редактирования, тащите ноту по горизонтали при нажатой клавише <Alt> (PC-компьютеры) или <Cmd> (Mac-компьютеры): начните тащить, а потом нажмите и удерживайте модифицирующую

клавишу или отключите координатную сетку, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+4> (PC-компьютеры) или <Cmd+4> (Mac-компьютеры).



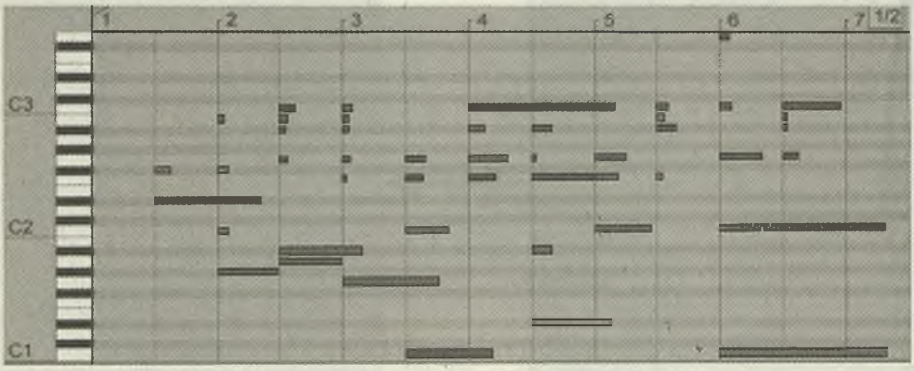
3. **Выполняем квантование нот.** В Ableton Live инструмент квантования действует только в том случае, если координатная сетка видна.

   - **Select.** Выберите ноты для квантования. Для того чтобы выбрать весь клип, выполните команду Edit⇨Select all; для того чтобы выбрать конкретные ноты, обведите их контуром. Для этого выйдите из режима Draw Mode, щелкните мышью на пустом участке клипа и обведите (drag) контуром нужные ноты. Вы можете добавлять ноты по одной в группу для квантования, щелкая на их линиях мышью при нажатой клавише <Shift>. (Полезный прием: щелкните мышью на нужной клавише виртуальной клавиатуры, изображенной слева в окне редактора, или на клавише виртуальной клавиатуры при нажатой клавише <Shift> на компьютерной клавиатуре, чтобы выбрать все ноты данного тона.)

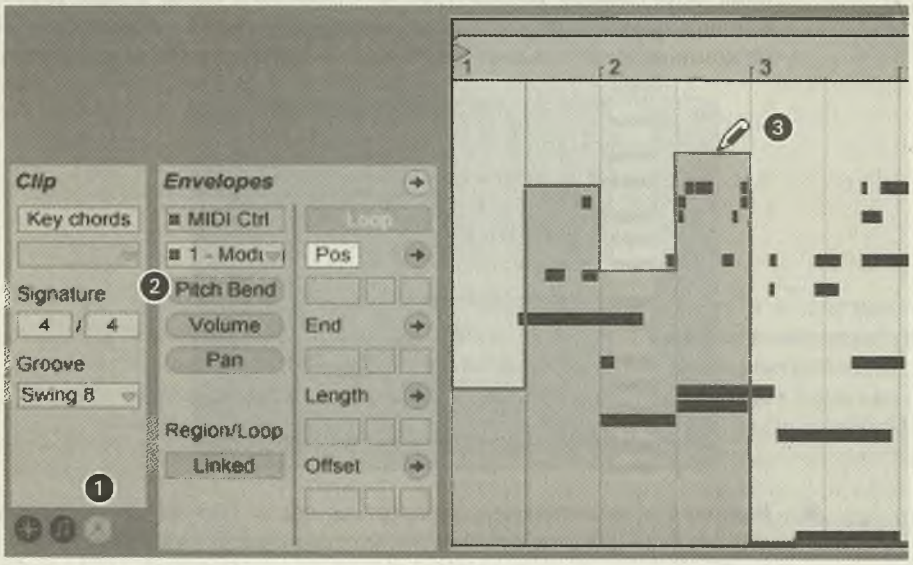


   - **Выполняем квантование.** Проверяем, соответствует ли координатная сетка в окне редактора той сетке, которая нужна для квантования (при необходимости измените ее с помощью меню Options), затем выбираем Edit⇨Quantize (комбинация клавиш <Ctrl+U> на PC-компьютерах,

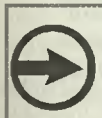
<Cmd+U> — на Mac-компьютерах). Заметим, что программа Ableton Live выполняет квантование только событий типа `note-on` (начало ноты), но не длительности звучания нот.



4. **Корректируем регулировки с помощью инструмента Envelopes (огибающие).** С помощью инструмента Envelopes в программе Ableton Live можно "наносить" на записанный MIDI-клип регулировки — начиная с "качания" высоты тона (pitch-bend) и заканчивая любым из заложенных в MIDI-технологию сообщений типа `control change` (программа Ableton Live автоматически игнорирует сообщения типа `bank select`, поскольку они к этому не имеют никакого отношения). Переходим в окно Envelopes view (1) и выбираем нужный тип данных (2). Затем для привязки вносимых изменений к ритмическому рисунку музыки входим в режим Draw Mode (комбинация клавиш <Ctrl+B> или <Cmd+B>). Наносим изменения (3) в нужных местах записи, а программа Ableton Live привязывает их к заданной координатной сетке.



5. **Выполняем плавные изменения.** Для того чтобы изменения регулировок носили не ступенчатый, строго синхронизированный, а плавный характер, выходим из режима Draw Mode и двойным щелчком мыши добавляем или удаляем контрольные точки на ступенчатой линии регулировки. Перетаскиваем контрольные точки вверх-вниз, а Ableton Live автоматически создает плавные переходы между ними (контрольные точки (breakpoints) выполняют роль, аналогичную роли ключевых кадров (keyframes) в цифровом видео и мультипликации).



Не удается создать нужную координатную сетку? Программа Ableton Live строит координатную сетку для MIDI-клипов точно так же, как для аудиоклипов, базируясь на настройках, заданных для конкретного клипа. Поэтому, если координатная сетка не соответствует тому, что вам нужно, попробуйте изменить размер (в Launch Box) и темп (в Notes Box).

MIDI-эффекты

Обычно такие термины, как "эффект" и "подключаемый модуль", ассоциируются с форматом аудио, а не MIDI, но разработчикам ПО манипулировать в режиме реального времени MIDI-данными действительно намного проще, чем аудиоданными. Поскольку MIDI-запись — это просто последовательность чисел, описывающих механизм исполнения, добавлять, удалять и изменять такие параметры, как номер тона, скорость нажатия клавиши (атака звука) и другие данные, совсем несложно. Большинство рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), работающих с MIDI-данными, оснащено большим арсеналом MIDI-эффектов, которые можно реализовать с помощью механизма канальной вставки (channel insert), точно так, как это делается с подключаемыми модулями для обработки аудиозаписи.

- **Split (разделить).** Автоматически разделяет тоны по разным каналам для инструментов, не имеющих собственного инструмента разделения.
- **Echo (эхо).** Создает эффект эха, повторяя ноту несколько раз.
- **Quantize/groove quantize (квантование/квантование по заданному ритмическому рисунку).** Выполняет квантование в процессе исполнения произведения (или выполняет квантование в процессе записи дорожек).
- **Arpeggiate (арпеджио).** Автоматически преобразует исполняемую ноту или аккорд в мелодическую или гармоническую группу нот — арпеджио (**рис. 8.24**).

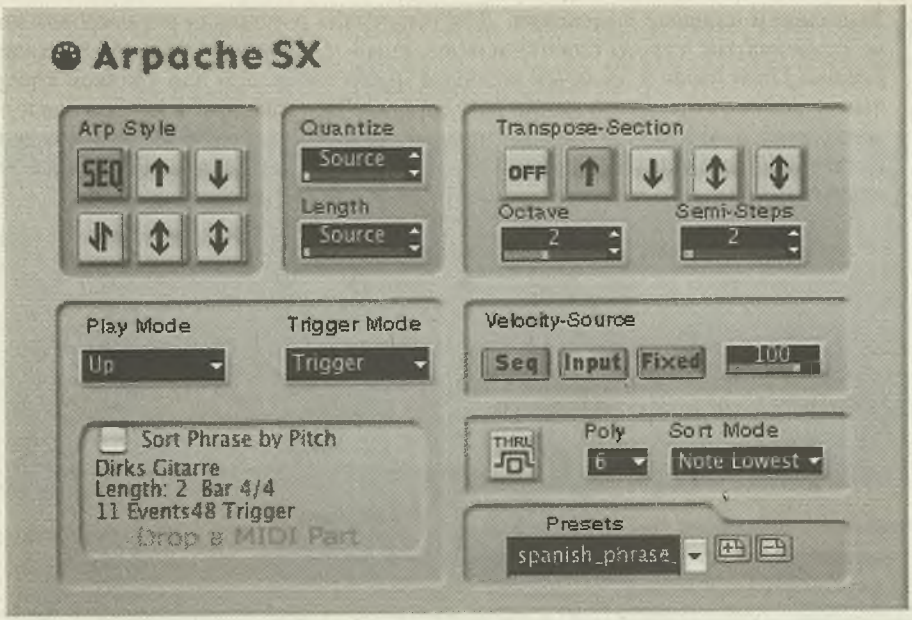


Рис. 8.24. *Арпеджиаторы, например мощный инструмент Arpache SX, который входит в состав Cubase SX, автоматически преобразуют вводимые ноты в арпеджио (мелодические группы нот) в такт с музыкой, создавая разнообразные музыкальные эффекты*

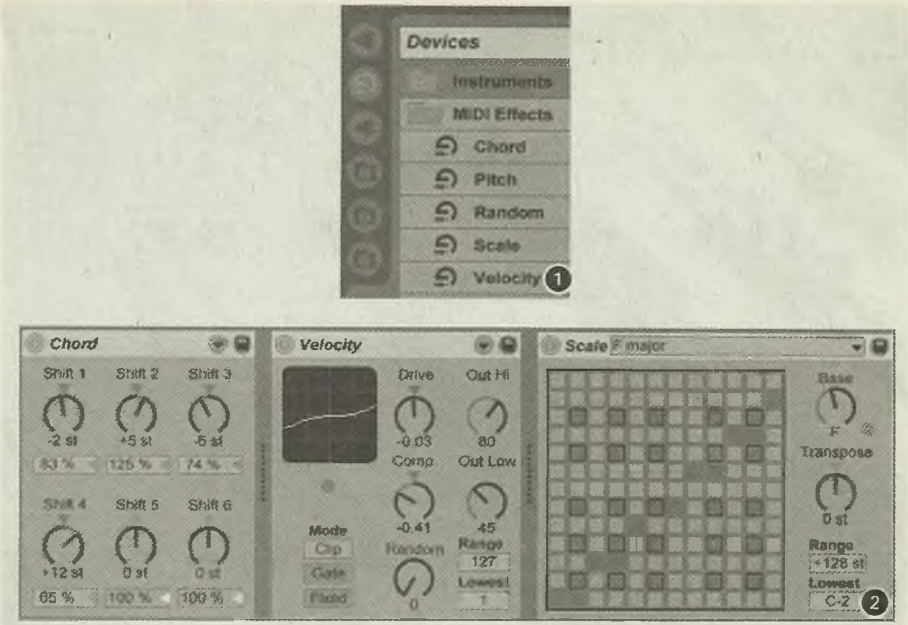
Конечно, это только начало. С помощью таких программируемых пользователем инструментов, как Max/MSP, Pd и Plogue Bidule, можно внести в MIDI-данные практически любые преобразования. Эти программы также пригодны для обработки аудиозаписей, но для манипулирования MIDI-данными достаточно простых арифметических операций, поэтому "поупражняйтесь" как следует на MIDI-данных — это прекрасный способ научиться работать в программах такого рода. Дополнительная информация и новые идеи приведены в главе 12.

MIDI-эффекты в "живом" исполнении

В программе Ableton Live MIDI-эффекты применяются так же, как аудиоэффекты: откройте окно Live Device Browser (1) и перетащите нужные эффекты на MIDI-дорожку (2).

В Ableton Live вы можете использовать следующие эффекты.

- **Chord (аккорд).** Преобразует исполняемую ноту в аккорд, добавляя до шести тонов (транспонируя исполняемую ноту).
- **Pitch (тональность).** Транспонирует тональность; вещь незаменимая, если, например, гитарист заартачится, отказываясь исполнять мелодию в заданной тональности.
- **Random (рандомизация).** Рандомизирует указанное число тонов.
- **Scale (звукоряд).** Следит за тем, чтобы исполняемые ноты укладывались в заданный звукоряд, например пентатонный или "фа мажор".
- `Velocity` **(скорость).** Работает как виртуальный компрессор/пороговый элемент или генератор случайных чисел, изменяя значения параметра `velocity`.



Поэкспериментируйте с предустановками, чтобы почувствовать, на что они способны: обработка MIDI-данных в "живом" исполнении может оказаться настоящей находкой как для партий музыкальных инструментов, так и для партии ударных инструментов. Чтобы послушать нечто совершенно удивительное, попробуйте импортировать MIDI-файлы — вы можете себе представить, как зазвучит музыка Баха при обработке эффектом рандомизации высоты тонов?

Использование режиссерских пультов

Еще одной типичной функцией MIDI-технологии, помимо записи и воспроизведения музыкальных партий, является регистрация параметров синтезаторов и микшеров и управление ими. Присвоив устройству роль режиссерского пульта, как это описано в главе 2, вы можете манипулировать параметрами программного и аппаратного оснащения с помощью физических органов регулировки (**рис. 8.25**). Режиссерский пульт можно использовать для управления как микшером, так и инструментами.

Конфигурации некоторых режиссерских пультов и MIDI-инструментов настроены для работы с определенными программами, и в этом случае задача сводится к тому, чтобы включить оборудование и начать работу. При необходимости изменения процедуры взаимодействия аппаратных и программных средств придется изменить назначения MIDI-сообщений типа `control change`.

Шаблоны конфигурации

Простейший способ связать режиссерский пульт с экранными органами регулировки — использовать **шаблоны конфигурации (template)**, которые избавляют от необходимости ручного конфигурирования регулятора (контроллера) и приемника для согласования друг с другом. (Назначения практически всех MIDI-сообщений типа `control`

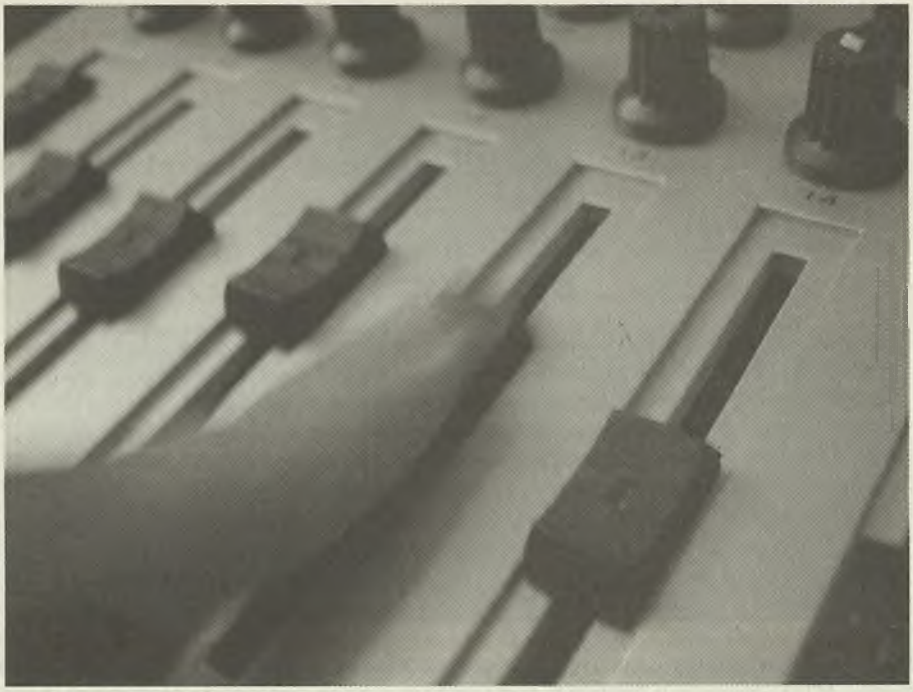


Рис. 8.25. *Режиссерский пульт связывает реальную и виртуальную студии. Двигая ползунок регулятора, который генерирует MIDI-сообщение, вы управляете одним или несколькими параметрами, сконфигурированными так, чтобы реагировать на это сообщение. Например, группу из восьми движковых регуляторов можно запрограммировать на генерирование MIDI-сообщений с номера* `CC 9` *по номер* `CC 16` *и с их помощью управлять регуляторами уровня сигнала в программном микшере*

change, за редким исключением, от производителя к производителю меняются.) В крайнем случае хватит и одного шаблона конфигурации — или для контроллера, или для приемника, — чтобы согласовать их. Но для того, чтобы добиться оптимальных характеристик работы, лучше, все-таки, два шаблона конфигурации — как для контроллера, так и для приемника, — чтобы контроллер был оптимально настроен на отправку MIDI-сообщений, необходимых для управления параметрами MIDI-приемника, а MIDI-приемник (программный или аппаратный) был настроен так, чтобы правильно реагировать на поступающие MIDI-сообщения и надлежащим образом изменять указанные параметры режима работы. К счастью, многие режиссерские пульты и музыкальные клавиатуры, предназначенные для использования в качестве компьютерных контроллеров, в настоящее время выпускаются в комплекте с шаблонами конфигурации, и для многих моделей оснащения шаблоны конфигурации можно загрузить из Интернета. В некоторых пакетах программ, например в Propeller-head Reason, заложены средства автоматического распознавания ряда серийных моделей устройств; такое приложение автоматически настраивает и аппаратное, и программное оснащение без участия пользователя (**рис. 8.26**).

Если подходящий шаблон конфигурации отсутствует, остается еще одна возможность настройки программы на выполнение MIDI-сообщений, отсылаемых режиссерским пультом, — коррекция назначений MIDI-команд на обеих сторонах (передатчика и приемника). Но прежде всего необходимо найти в документации и таблицах исполне-

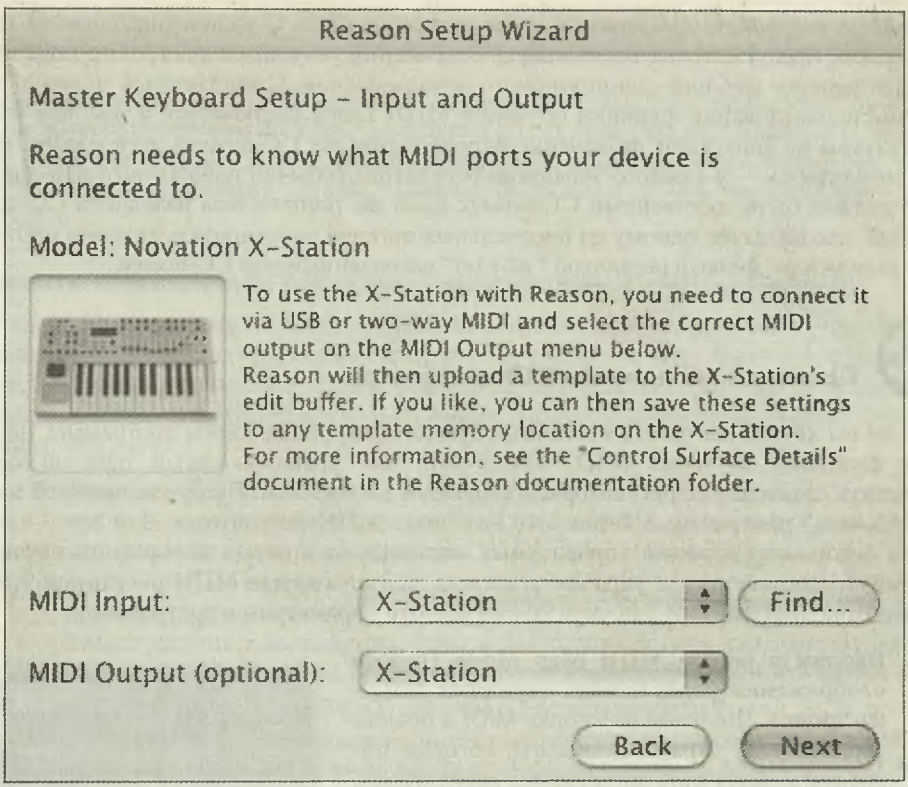


Рис. 8.26. *Программа Propellerhead Reason автоматически распознает многие клавиатуры и режиссерские пульты и автоматически настраивает как собственную конфигурацию, так и конфигурацию подключенного оборудования для использования в типовых вариантах соединения*

ния используемого MIDI-оснащения подробные сведения о том, какие данные отсылает и какие данные принимает ваше устройство и как эти данные конфигурируются и маршрутизируются. Обычно для управления чем угодно достаточно базовых MIDI-сообщений и MIDI-сообщений типа `control change`, хотя в некоторых случаях могут потребоваться специальные MIDI-сообщения типа `SysEx`.

Функция обучения (MIDI Learn)

Для того чтобы заставить программу реагировать на MIDI-данные надлежащим образом, можно воспользоваться функцией обучения MIDI Learn, если она есть в используемом ПО. Эта функция, закладываемая в большинство программных инструментов, дает пользователю возможность указать параметр, которым он хочет управлять (например, экранный регулятор уровня сигнала), и подвигать физический регулятор, с помощью которого пользователь хотел бы управлять виртуальным регулятором. Программа отслеживает отсылаемые MIDI-сообщения типа `control change` и запоминает CC-номер, после чего выполняет MIDI-сообщения под этим CC-номером. Настройка системы с помощью функции обучения MIDI Learn может показаться не такой быстрой, особенно в том случае, если необходимо назначить регуляторы для массы параметров, но

этот метод настройки практически избавляет от ошибок. В вашем инструменте может быть также предусмотрена возможность сохранения результата настройки конфигурации в отдельном шаблоне для повторного использования. Единственный "прокол" в механизме использования функции обучения MIDI Learn заключается в том, что многие синтезаторы не допускают назначение одного и того же CC-номера нескольким экранным регуляторам — у каждого экранного регулятора (обычно поворотного иди движкового) должен быть собственный CC-номер. Если вы попытаетесь назначить CC-номер, который уже назначен одному из виртуальных органов регулировки, другому виртуальному регулятору, первый регулятор "забудет" назначенный ему CC-номер.

Практика: назначаем MIDI-регулятор

Если вы хотите настроить нестандартную конфигурацию своей программы, используйте функцию обучения MIDI Learn: это, как правило, самый простой способ "привязать" физические регуляторы к экранным настройкам. В данном примере мы будем "обучать" программу Ableton Live назначать MIDI-регуляторы. Для этого предназначен режим отображения управляемых экранных настроек, в котором вы выбираете настройку, которой хотите управлять, и затем манипулируете MIDI-регулятором, который будет использоваться для управления данным параметром в программе.

1. **Входим в режим MIDI Map Mode (режим отображения управляемых экранных MIDI-настроек).** Щелкаем на кнопке MIDI в правом верхнем углу экрана. Элементы, которые могут быть назначены физическим регуляторам, изменят при этом цвет, сигнализируя о входе в режим MIDI Map Mode (соседняя кнопка KEY работает точно так же для назначения кнопок компьютерной клавиатуры).

2. **Щелкаем мышью на настройке, которой хотим управлять.** Это может быть переключатель, движковый или поворотный регулятор, кроссфедер, параметр фильтра — все что угодно. Обычно коммутируемым параметром лучше управлять с помощью нотной клавиши, а перестраиваемым — с помощью поворотного или движкового регулятора (например, колеса модуляции или педали громкости.

3. **Выбираем орган управления, с помощью которого хотим управлять выбранной в программе настройкой.** В аппаратном MIDI-устройстве нажимаем клавишу или щелкаем на кнопке, или двигаем аналоговый регулятор, или нажимаем педаль, или двигаем рукоятку двухкоординатного манипулятора, или заставляем работать инфракрасный датчик. Короче, используем тот физический орган управления, с помощью которого хотим управлять выбранной в программе настройкой.

Программа Ableton Live, приняв от этого регулятора MIDI-сообщение, опознает его тип и номер и назначает эту команду управляемому элементу программы.

Оставаясь в режиме MIDI Map Mode, вы можете продолжать назначение программных настроек физическим органам управления до тех пор, пока не сделаете все, что задумали. Закончив эту работу, выйдите из режима MIDI Map Mode и проверьте, как работает управление: аппаратные органы управления должны влиять на экранные органы настройки.

Варианты применения: работаем с микшерами и инструментами

Благодаря открытому характеру MIDI-технологии режиссерский MIDI-пульт можно использовать как для регулирования какого-либо параметра инструмента в ходе выступления, так и для управления целым осветительным комплексом с пиротехническими эффектами. Хотя существует несколько самых распространенных вариантов функционального назначения.

- **Микшер.** Двигать регуляторы уровня сигнала и панорамы звука с помощью мыши — занятие неблагодарное. Куда удобнее использовать для этого регуляторы клавиатуры или специальный режиссерский пульт. Это не только облегчит работу; в отличие от мыши режиссерская панель дает возможность одновременно делать несколько регулировок. В случае использования контроллера с электрифицированным приводом и двусторонней связью с программным инструментом физические регуляторы будут в процессе воспроизведения MIDI-записи синхронно двигаться, занимая нужные положения.
- **Виртуальный орган.** Назначение восьми регуляторов уровня параметров органа — обеспечить управление программным имитатором органа в стиле, характерном для реального органа Hammond. Существенным элементом техники исполнения на органе является перемещение тяговых приводов мехов.
- **Редактирование синтезируемого звука.** Для управления огибающими, фильтрами и другими тембровыми характеристиками инструмента назначайте движковые, поворотные регуляторы, колеса модуляции, двухкоординатные сенсорные площадки, инфракрасные датчики — все, что сочтете нужным, чтобы обеспечить возможности обработки звука в режиме реального времени.
- **Гитарный стомпбокс.** Используйте для управления в режиме реального времени эффектами ножные переключатели, а для регулирования уровня сигнала и других плавно регулируемых параметров — педали аналоговых регулировок, например педаль громкости. На самом деле это касается не только гитаристов — большинству музыкантов есть сейчас чем занять свои руки во время игры (**рис. 8.27**).
- **Барабанная/сенсорная подушка.** Если у вас есть барабанные триггеры, цифровые ударные инструменты или барабанная подушка (некоторые клавиатуры даже оснащаются встроенными барабанными подушками), попробуйте управлять барабанным ритмом с помощью пальцев. Еще один вариант, если вы работаете в одной из таких программ, как Ableton Live, Max/MSP и VJ, в которых предусмотрена возможность манипулирования аранжировками в режиме реального времени, — использовать сенсорные подушки для запуска клипов или сцен.

Рис. 8.27. *Не забывайте работать ногами! Гитаристы уже многие годы используют ножные регуляторы для включения и выключения эффектов, "вытягивания" звука, запуска и остановки записи и т.п. Музыканты, играющие на клавишных инструментах, флейтисты, виртуозы пластинок и волынок делают то же самое, освобождая руки для игры на инструменте*

Использование формата SMF

Протокол обмена данными, заложенный в MIDI-технологию, предназначен не только для управления, но и для совместного использования MIDI-файлов. MIDI-данные записываются в формате SMF (Standard MIDI File — стандартный формат MIDI-файлов), файлы в этом формате могут быть импортированы в большинство MIDI-совместимых приложений (так же, как и в ряд аппаратных инструментов). SMF-файл содержит информацию о нотах, регулировках и всех остальных параметрах MIDI-исполнения; в него могут быть включены и нестандартные системные сообщения. Формат SMF предусматривает возможность сохранения также либретто, что немаловажно для экспорта в нотные программы и, конечно, для караоке (коммерческие SMF-файлы популярных песен используются во многих музыкальных системах, оснащенных функцией караоке). Что недоступно формату SMF, так это хранение других данных, которые хранятся в рабочем файле в вашей станции цифровой звукозаписи, в ее фирменном файловом формате: в формате SMF невозможно сохранить аудиоданные, данные микширования и аранжировки — в нем может храниться только та информация, которая записана в MIDI-дорожках. (Об альтернативных вариантах форматов читайте в главе 11.)

В формате SMF можно сохранять многодорожечные MIDI-композиции для экспорта в различные приложения. Любая аудиоинформация и специфические данные, относящиеся к приложению, в котором создавалась MIDI-композиция, будет потеряна, но

формат SMF можно использовать для импорта информации из аранжировки, созданной в секвенсере, в нотную программу с целью создания нотной записи партитуры. В соответствии с законодательством США можно даже регистрировать права интеллектуальной собственности на созданные SMF-файлы для их коммерческой реализации (www.copyright.gov).

Файлы с расширением .MID. Как правило, файлы в формате SMF имеют расширение .MID; иногда встречаются файлы с расширением .SMF, но это расширение не является стандартным.

Формат SMF можно использовать не только для хранения записей законченных произведений, но и для хранения записей коротких MIDI-клипов (например, MIDI-образцов ритмов ударных и басовых инструментов или коротких музыкальных фраз) и для обмена между программами, в которых предусмотрены инструменты для работы с клипами, такими, например, как Ableton Live, Kinetic/Project 5, GarageBand и др. В определенных отношениях формат SMF лучше подходит для хранения коротких клипов, чем объемных музыкальных композиций, поскольку для сохранения в этом формате клипа не нужна вся дополнительная информация, собранная в рабочем файле станции цифровой звукозаписи (DAW).

Иногда вам будут встречаться следующие ссылки: SMF Type 1 и SMF Type 0. В формате SMF Type 0 многодорожечная MIDI-запись объединяется в одну MIDI-дорожку; при загрузке в секвенсер воспроизведение этой дорожки будет мультитембровым, потому что в нотах остается сохранной канальная информация. Но потеря информации, относящейся к дорожкам MIDI-записи, иногда вызывает сложности при определении, какому инструменту принадлежит та или иная партия, особенно в программах нотной записи. В формате SMF Type 1 сохраняются отдельные дорожки, что удобнее с точки зрения возможности редактирования. Единственный довод в пользу необходимости использования однодорожечного формата — это то, что он обеспечивает обратную совместимость с устаревшим программным и аппаратным оснащением цифровой звукозаписи.

Для экспорта MIDI-данных из секвенсера в общем случае следует выбирать формат SMF Type 1; коль скоро программа, в которую предполагается импортировать эти данные, поддерживает формат SMF, она почти наверняка поддерживает формат SMF Type 1.

OSC: наследница MIDI?

MIDI-технология имеет множество достоинств: это простая технология, ставшая стандартом, закладываемым в программное и аппаратное обеспечение на протяжении двух прошедших десятилетий, и обладающая поразительно широкими возможностями. Но эта технология не лишена недостатков. Стоит выйти за рамки педалей, клавиатур и микшеров, и "негибкость" способа описания музыкального исполнения, заложенного в эту технологию, быстро дает о себе знать, создавая массу неудобств. Технические требования стандарта MIDI по большей части, с одной стороны, слишком неопределенны, что затрудняет согласование между собой аппаратного и программного оснащения, а с другой стороны — слишком сужены для того, чтобы можно было удовлетворить разнообразные запросы пользователей. Но, что самое важное, пропускная способность MIDI-каналов связи слишком мала: в MIDI-технологии используются абсурдно крохотные, жестко ограниченные порции

данных. Практически с момента появления MIDI-технологии начались дискуссии о необходимости ее замены. Например, еще в 1983 году те, кто работали с этой технологией, высказывали недовольство чрезвычайно низкой номинальной пропускной способностью MIDI-каналов связи (которая находится на уровне 31 000 бит/с). Но годы шли, а ни одной достойной альтернативы так и не появилось.

Так что и сейчас у MIDI-технологии конкурентов нет? Есть одна многообещающая новинка, родившаяся, как и сама электронная музыка, в университетской среде. Технология, получившая название OpenSound Control (OSC), была разработана в Беркли (Berkeley) — в центре новых музыкальных и аудиотехнологий (Center for New Music and Audio Technologies — CNMAT или "senn-mat") Калифорнийского университета (University of California) (`www.cnmat.berkeley.edu/OpenSoundControl`).

OSC-технология, в отличие от MIDI-технологии, базируется на современных сетевых протоколах и сетевом оборудовании, поэтому легко справляется с передачей данных по локальным сетям, беспроводным каналам связи и через Интернет. Используя такие концепции, как клиент/серверная архитектура и пакетная коммутация — те самые идеи, которые обеспечивают жизнеспособность Интернета, OCS-технология предоставляет возможности коллективной работы в режиме реального времени, т.е. то, что в мире MIDI-технологии, зажатом в жесткие рамки, реализовать сложно.

OSC-сообщения не ограничены жесткими рамками раз и навсегда установленной структуры, как MIDI-сообщения (например, как в случае номеров MIDI-сообщений типа `control change`). Наоборот, синтезаторы и остальные устройства, исходя из того, что им нужно, задают собственные структуры данных, используя механизм, отдаленно напоминающий симбиоз технологий объектно-ориентированного программирования и Web-адресации. Элементы, регламентируемые стандартом OSC, на самом деле имеют адреса, как Web-страницы.

В реальности самое серьезное преимущество OSC-технологии — то, чего и в помине нет у MIDI-технологии — представляет собой, по-видимому, одновременно и наибольшее препятствие для ее широкого распространения, ведь целые поколения музыкантов, программистов и электронщиков выросли, привыкнув к необременительному своеобразию MIDI-технологии. Но это не помешало реализации OSC-технологии в таких популярных программах, как, например, Cycling' 74 Max/MSP, Native Instruments Reaktor и Traktor DJ, Macromedia Flash, и бесплатном приложении Pd для Mac/Linux/Windows (`www.puredata.org`).

Если вы новичок в технологиях синтеза и обмена данными, то вы, по-видимому, не готовы к использованию OSC-технологии: для этого требуются определенные знания в области разработки программного обеспечения и сетевых протоколов. Но это не означает, что вам заказано иметь дело с устройствами, в которых используется OSC-технология, например с гаммой новых сенсорных интерфейсов, предназначенных для создания новых инструментов, и даже сетевыми проектами фанов, превращающих с помощью OSC-технологии графические планшеты и игровые приставки в музыкальные инструменты. Одним из наиболее перспективных устройств является мультисенсорная тактильная ЖК-панель Lemur, штуковина, выполненная в стиле Star Trek, которая подключается к компьютеру через адаптер сетевого интер-

фейса стандарта 100-Base-T Ethernet и с помощью OSC-технологии дает возможность управлять программами (**рис. 8.28**).

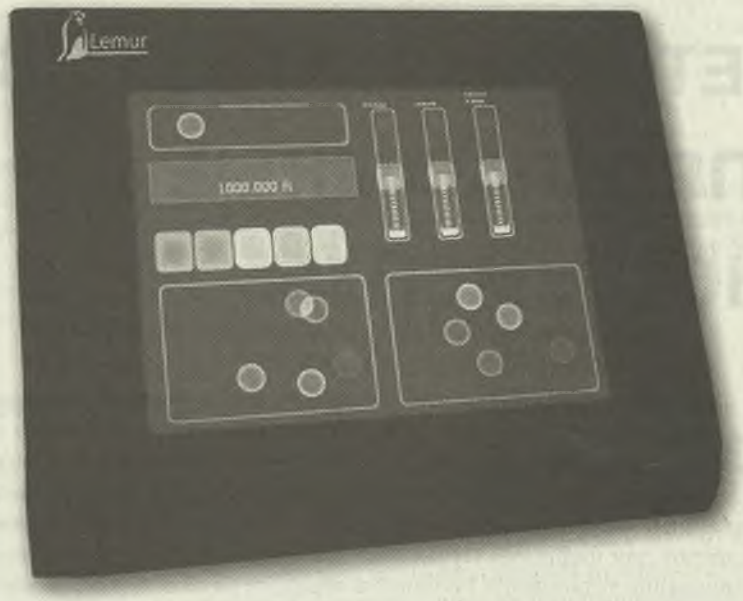


Рис. 8.28. *Тактильная ЖК-панель Lemur, разработанная компанией* Jazz Mutant *(`www.jazzmutant.com`) и распространяемая компанией* Cycling' 74 *(`www.cycling74.com`), дает представление о возможностях OSC-технологии. Панель Lemur отличают: всего один соединительный кабель, большая пропускная способность канала связи и простота конфигурирования, недоступные MIDI-технологии. Панель Lemur, которая выглядит, как гостья из далекого будущего, позволяет выбирать параметры, присваиваемые экранным органам регулировки, и манипулировать регуляторами одновременно несколькими пальцами (вытворять такое с помощью карманных компьютеров и традиционных тактильных экранов до сих пор было невозможно). Панель Lemur — это всего один из множества примеров передового аппаратного и программного оснащения, созданного теми, кто экспериментирует с возможностями OSC-технологии (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Cycling' 74*)*

В свою очередь, MIDI-технология укоренилась навечно. Но сегодня мы можем дополнить MIDI-технологию другими средствами передачи данных, которые лучше подходят для решения сложных задач. Не исключено, что нечто, подобное OSC-технологии, превратится, в конце концов, в новый стандарт.

OSC-технология быстро развивается. Новости о новшествах OSC-технологии вы найдете на сайте CNMAT OSC и на сайте `realworlddigitalaudio.com`.

ГЛАВА 9

Методы синтеза звука и программные инструменты

Вам необходимо овладеть программными инструментами, если только вы не ограничиваетесь исключительно звукозаписью. Мы начнем со знакомства с существующими методами синтеза звука — как с теми, которые базируются на использовании оцифрованных записей образцов реальных звуков, так и с теми, которые создают по-настоящему "искусственный" звук. Затем мы основательно разберемся, какое значение эти методы синтеза имеют для цифровой музыки на практике — будь то всего лишь использование и редактирование установок и библиотек образцов звуков или создание собственных самодельных патчей звука.

Ключевые вопросы

Методы синтеза звука и программные инструменты

Мы рассмотрим теорию синтеза звука и ее применение на практике.

- Как с помощью синтезаторов создавать и настраивать звучание
- Различные методы синтеза: что они собой представляют, какие по характеру звучания звуки они создают и какие из них лучше всего подходят для решения разных музыкальных задач
- Работа с готовыми вариантами звучания (библиотеки звуков)
- Как сделать раскладку по клавиатуре сэмплов и наборов ударных инструментов для выразительного, реалистического исполнения
- Типы колебаний, используемые для имитации звучания аналоговых синтезаторов, и характер звучания создаваемого ими звука
- Использование огибающих, модуляции и эффектов для придания реалистичности синтезированным звукам

Ключевые термины

- Синтезаторы/синтез
- Программа, патч и установки; мультипатч; глобальный патч
- Генератор, голос, полифонический/монофонический

- Методы синтеза: аналоговый субтрактивный, модульный, ЧМ-синтез, аддитивный, базирующийся на воспроизведении сэмплов и физическом моделировании, гранулярный
- Синтез, базирующийся на воспроизведении сэмплов: библиотеки звуков, зоны клавиатуры, перекрестная коммутация по скорости нажатия клавиши
- Огибающие; точки излома
- Модуляция

С чего начать

Попрактикуйтесь в использовании основных приемов конструирования сэмплов и виртуальных аналоговых синтезаторов на практических примерах в программах SampleTank FREE, Ableton Live и Native Instruments Reaktor SoundSchool (все они имеются на прилагаемом к книге DVD).

Основы синтеза звука

Говоря о цифровых синтезаторах, мы фактически говорим о возможности превращения компьютеров и цифровых устройств в настоящие музыкальные инструменты, пригодные для музицирования. Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) создают звуковой сигнал, но, строго говоря, не могут считаться музыкальными инструментами (приложения типа Ableton Live, которые могут быть использованы не только для звукозаписи, но и для сценических выступлений, занимают промежуточное положение). Синтезатор способен реагировать на поток MIDI-сообщений, поступающих на его вход, в режиме реального времени, преобразуя действия исполнителя, играющего на MIDI-клавиатуре или другом MIDI-контроллере, в музыкальный звук. На вход синтезатора поступает MIDI-информация, а с его выхода снимается аудиоинформация.

Вместо струн, молоточков, язычков, мембран и металлических пластин — того, благодаря чему работают акустические музыкальные инструменты — в синтезаторах для создания звука используются элементы, имеющие электрическую и цифровую природу. Они могут использоваться для создания звучания, подражающего звучанию акустических инструментов, или для создания звучания, которое может быть получено только с помощью электронных инструментов.

Что такое синтез звука

По поводу термина "синтезатор" среди создателей первых электромузыкальных инструментов не было единства. По их мнению, название должно было указывать на то, что электронные инструменты являются "искусственной" заменой акустических инструментов, а не новыми музыкальными инструментами, обладающими уникальными возможностями. В действительности термин "синтез" не означает создание чего-то из ничего или создание чего-то поддельного. Синтез — это процесс объединения простых элементов в сложные гармоничные структуры.

Синтезатор — это любой музыкальный инструмент, аппаратный или программный, создающий звук электронными средствами по командам, поступающим от исполнителя. Входные команды могут поступать на вход синтезатора в виде потока MIDI-сообщений,

формируемых MIDI-контроллером клавиатуры в процессе исполнения, или секвенсером в процессе воспроизведения дорожки MIDI-записи, или генератором ритмов, или любым иным управляющим механизмом. Синтезированный аудиосигнал может создавать как совершенно неестественное звучание, так и программную имитацию звучания настоящего оркестра. (Термин "синтезатор", как правило, подразумевает, что пользователь имеет возможность редактировать синтезированные звуки в широких пределах, изменяя настройки множества параметров синтеза. Электронный инструмент, воспроизводящий только фиксированные звуки, обычно не считается синтезатором.)

Механизм синтеза звука, реализуемый синтезатором, зависит от метода моделирования звука, заложенного в него. Звук может быть синтезирован путем комбинации записанных аудиообразцов звучания реальных инструментов (это, по-видимому, в большей мере относится к узкоспециализированным инструментам, имитирующим звучание пианино и оркестровых инструментов) или путем генерирования и обработки элементарных колебаний, или с помощью цифровых методов.

Синтезаторы называют еще виртуальными инструментами (это название часто используется для синтезаторов, имитирующих звучание акустических инструментов, или специализированных изделий, таких, например, как электронное пианино).

Совет. Лучше всего изучать технологию синтеза звука на практике с помощью какого-либо MIDI-инструмента, позволяющего исполнять музыку на синтезаторе. Самый распространенный MIDI-инструмент — это, понятное дело, MIDI-клавиатура, поэтому в данной главе, изучая вопросы синтеза звука, мы в качестве инструмента ввода MIDI-данных будем использовать именно ее. Но, как мы уже говорили в главе 8, вы можете использовать любой инструмент, оснащенный MIDI-контроллером. Поэтому, если вы играете на MIDI-гитаре, MIDI-трубе или MIDI-аккордеоне, используйте их вместо MIDI-клавиатуры.

В каких вариантах используются синтезаторы

Программные синтезаторы используются либо в варианте автономных приложений, либо в варианте подключаемых моделей (многие программные инструменты могут работать в обоих вариантах). При использовании программного синтезатора в варианте автономного приложения на его вход поступают MIDI-данные, а выходной аудиосигнал поступает в аудиоинтерфейс компьютера. В режиме подключаемого модуля программный синтезатор работает в составе используемой рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW). Все MIDI-сигналы, как внешние, так записанные в дорожке, назначенной синтезатору, передаются рабочей станцией в синтезатор. Выходной аудиосигнал синтезатора направляется через микшер рабочей станции, где его можно обработать разными эффектами и даже записать, преобразовав в цифровую форму, в виде новой дорожки аудиозаписи.

После "захвата" — создания записи аудиосигнала, поступающего с выхода синтезатора, работающего в варианте подключаемого модуля — синтезатор можно вывести из состава рабочей станции, поскольку после этого в нем уже нет необходимости.

Многие рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) комплектуются наборами программных синтезаторов. Кроме того, можно добавить новые синтезаторы сторонних разработчиков в варианте подключаемых модулей. Сопряжение с рабочими станциями цифровой звукозаписи (DAW) других приложений, в составе которых предусмотрены синтезаторы (например, Propeller-head Reason, `www.propellerheads.se`), хотя они и не являются подключаемыми модулями, для использования их в качестве программных

инструментов, может быть реализовано с помощью технологии Re Wire. Вы можете также создавать собственные программные инструменты, используя модульные программы типа Max/MSP компании *Cycling '74* (`www.cycling74.com`), Native Instruments Reaktor (`www.native-mstruments.com`) и Synthedit (`www.synthedit.com`).

В этой главе мы для упрощения задачи ограничимся, главным образом, рассмотрением программных решений, хотя большинство из обсуждаемых далее принципов справедливо в равной мере и для аппаратных средств. Основное различие заключается в пользовательском интерфейсе, хотя некоторые клавиатуры профессионального уровня уже оснащаются крупноформатными ЖК-экранами, и наоборот, программные синтезаторы облегчают использование аппаратных органов управления, так что даже это различие постепенно стирается.

Элементы патча синтезатора

В отличие от акустических инструментов, например пианино или **казу** (kazoo), когда вы нажимаете одну и ту же клавишу, звук, который создает синтезатор, может быть совершенно разным: это зависит от настроек — значений набора задаваемых параметров синтезатора. Добившись путем коррекции значений разнообразных параметров определенного характера звучания, эти настройки можно сохранить в виде сгруппированного набора настроек. Такой набор называется программой (program), установками (preset) или патчем (patch).

В главе 8 мы объяснили, как концепция программы трактуется в MIDI-технологии. Термины "программа" (program), "установки" (preset) и "патч" (patch) в общем случае взаимозаменяемы. Под всеми этими терминами понимается запись определенного набора инструментальных настроек, которые обеспечивают определенный характер звучания мелодии, синтезируемой в процессе игры на MIDI-инструменте (**рис. 9.1**). В программном синтезаторе эти настройки хранятся в виде файла на жестком диске вашего компьютера. Если патчи базируются на использовании аудиообразцов, то в них хранятся и аудиоданные или указатель на определенный аудиофайл, также хранящийся на жестком диске. В случае синтезатора, не использующего записанные аудиообразцы, патч представляет собой просто запись настроек, которые обеспечивают определенный характер звучания инструмента. Далее по тексту под термином "патч" мы будем понимать набор определенных значений настраиваемых параметров, а стандартные, заданные по умолчанию (factory), патчи, инсталлируемые в составе программных синтезаторов, мы будем называть установками (preset).

Одна из "изюминок" использования синтезатора заключается в возможности выбора патча или программы звука в соответствии с тем, какой характер звучания необходимо обеспечить. Процесс создания авторских программ часто называют программированием синтезатора (за исключением очень редких случаев программирование синтезатора означает не составление какой-то программы, а просто редактирование параметров в патче).

Самодельные патчи

Существуют разные варианты использования технологии синтеза звука на практике. Один вариант — использовать стандартные установки из комплекта синтезатора, просто загружая их из списка и не заботясь о назначении кнопок и регуляторов. В действительности это самый лучший способ освоения возможностей синтезатора, а если вам всего-то и нужно, что играть на виртуальном пианино, то у вас, возможно, и желания не возникнет изменять его стандартные настройки.

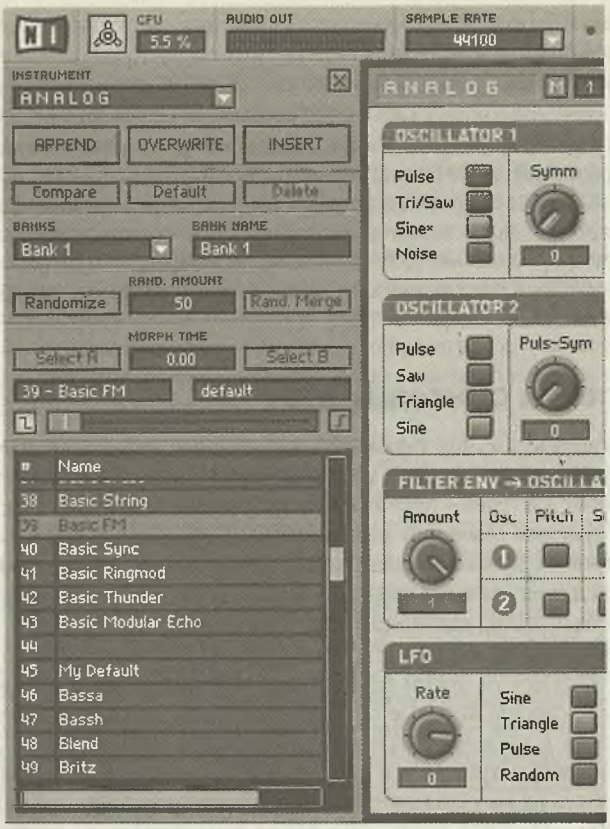


Рис. 9.1. *Приложение SoundSchool Analog "копирует" аппаратный инструмент в том, что патчи хранятся в фиксированных ячейках памяти. В приложении SoundSchool патч называется снимком (snapshot), поэтому на главной панели инструментов имеется пиктограмма фотокамеры (не показана). Если запас свободных ячеек (slot) в активной группе (active bank) исчерпан, вы можете перейти в другую группу, поэтому ваши возможности не ограничены 128-ю ячейками, показанными на фотографии. Только после завершения работы не забудьте выполнить команду File⇨Save All Banks. Поскольку рабочие данные синтезатора хранятся в оперативной памяти компьютера, если не дать команду сохранить их на жестком диске, то все внесенные вами изменения будут потеряны*

Но, как правило, у пользователей рано или поздно возникает желание откорректировать стандартные патчи — чуть-чуть или более радикально. Например, установки обеспечивают слишком сочное звучание, и в этом случае коррекция параметров фильтра позволяет решить проблему. Возможно, вы захотите не просто изменить те или иные настройки, а добавить какие-то эффекты, в результате чего характер звучания инструмента станет совершенно другим.

Во многих случаях проще создать патч "с нуля", компонуя необходимое звучание из базовых элементов, чем корректировать стандартные установки, в которых собрана масса опций. В этом случае лучше полностью забыть о стандартных установках.

Независимо от того, какой вариант вы выберете, разработанные вами варианты звучания и соответствующие им настройки необходимо сохранить, чтобы иметь возможность использовать их в дальнейшем. Для этой цели в программных синтезаторах, как правило, предусмотрены, как минимум, некоторые из функций управления файлами патчей.

- **Load (загрузить).** При загрузке патча все аудиообразцы и настройки, ранее загруженные в программу (или, в случае мультитембрового синтезатора, те, которые используются в партии инструмента, выбранной для загрузки данного патча), заменяются новыми, хранящимися в загружаемом патче. До тех пор, пока ни один патч не загружен, синтезатор не способен создавать звук, хотя в ряде синтезаторов при запуске производится автоматическая загрузка стандартного патча.
- **Save (сохранить).** По этой команде все активные звуки и настройки данной партии сохраняются в загруженном патче (т.е. патч перезаписывается) или в новом патче. (Оперативные данные в некоторых инструментах, в том числе в SoundSchool, хранятся в ОЗУ, а не на жестком диске. В этом случае может быть предусмотрена опция сохранения файла патча на жестком диске.)
- **Create basic/empty patch (создать заготовку патча/чистый патч).** Во многих синтезаторах предусмотрена пустая заготовка патча со всеми обнуленными настройками или возможность создания такой чистой заготовки. Это особенно удобно для создания звучания из стандартных элементов, так как избавляет от необходимости разбираться в множестве встроенных эффектов и фильтров. Заметим, что в некоторых синтезаторах с целью яркой демонстрации их возможностей разработчики задают в качестве стандартных какие-нибудь причудливые установки. Например, в приложении SoundSchool Analog, которое мы используем в качестве примера в данной главе, тоже есть такой патч, "45 — My Default", задающий по умолчанию значения многих настроечных параметров, поэтому далее по тексту мы, приступая к созданию варианта звучания "с нуля", будем использовать упрощенные установки.
- **Duplicate (создать копию).** По этой команде создается новая копия имеющегося патча, что дает возможность, редактируя патч, сохранить неизменным его оригинальный файл. Это удобно в том случае, если вам постоянно приходится редактировать имеющиеся патчи. Если в используемом вами синтезаторе такая опция отсутствует, вы можете просто открыть имеющийся патч и сохранить его после редактирования под другим именем.
- **Organize (упорядочить).** Во многих синтезаторах предусмотрена возможность каталогизации патчей по папкам или группам (пример такой файловой структуры показан на **рис. 9.2**). По сравнению с хранением всей информации в одном гигантском списке патчей, в котором не так просто найти необходимый вариант звучания, это большое достоинство.

Рис. 9.2. *Приложение Lounge Lizard компании* Applied Acoustics *предназначено, по существу, для реализации всего одного инструмента — электронного пианино. Но возможность упорядоченного хранения стандартных и пользовательских установок в каталогах и подкаталогах позволяет сохранять и вызывать массивы файлов, в которых хранится любое малейшее изменение настроек, не запутываясь в огромном списке установок*

Почему патчи называют патчами

Первые аналоговые синтезаторы настраивались на заданный характер звучания путем межблочной коммутации множества функциональных модулей синтезатора с помощью межблочных кабелей — так называемых патч-кордов (patch cord). Поскольку в то время не было программных средств для хранения разных вариантов конфигурации, у музыкантов не было другого выхода, кроме как запоминать или записывать адресацию хитросплетения кабелей, которыми они соединяли блоки. Такая "конструкция звука" была в буквальном смысле этого слова патчем — паутиной проводов, которая обеспечивала определенный характер звучания синтезатора.

Многие из настроенных параметров, с помощью которых вы будете корректировать режим работы синтезатора, являются локальными патчами, предназначенными для реализации отдельной программы звука. В мультитембровых инструментах несколько отдельных программ звука объединяются в более крупную единицу, в так называемый мультипатч или комбинированный патч — патч, в котором хранятся, например, программы звука пианино и бас-гитары или полифония разных звуков. Редактирование комбинированного патча осуществляется, как правило, в отдельной зоне параметров, не затрагивая настройки индивидуальных программ звука. В большинстве синтезаторов имеются и так называемые глобальные настройки, распространяющиеся на все патчи, загружаемые в синтезатор.

Практически во всех синтезаторах предусмотрены, как минимум, функции загрузки и сохранения данных. Оптимальная стратегия экспериментирования с настройками синтезатора — как можно чаще запоминать варианты настроек звука, сохраняя их в отдельном каталоге, чтобы можно было в дальнейшем вернуться к ним и выбрать понравившиеся.

Генераторы

В акустическом инструменте источником звука является, как правило, какой-то определенный элемент конструкции. У пианино, гитары и скрипки это струна. У кларнета и саксофона это язычок. У барабана это мембрана.

Этот элемент вибрирует, создавая звук, который под воздействием резонансных свойств корпуса инструмента превращается в тот звук, который мы слышим.

Центральной частью любого электронного музыкального инструмента является генератор. Таких генераторов может быть несколько (**рис. 9.3**). В чисто аналоговом синтезаторе генератор генерирует непрерывный электрический сигнал, который преобразуется непосредственно в звук (т.е. с помощью электроакустического преобразователя преобразуется в механические колебания). В цифровом синтезаторе генератор генерирует цифровой сигнал. У аналоговых синтезаторов набор форм генерируемых сигналов ограничен возможностями электронной схемы. В цифровых синтезаторах используются более сложные инструменты моделирования формы сигнала, в том числе возможности компоновки звука из записанных аудиообразцов. (Виртуальные аналоговые синтезаторы — это цифровые синтезаторы, копирующие форму сигнала, синтезируемого аналоговыми синтезаторами, и другие их функциональные особенности; эту тему мы рассмотрим далее в этой главе.) Этот сигнал, будь он аналоговым или цифровым, можно комбинировать с сигналами других генераторов, фильтровать, усиливать и обрабатывать процессорами эффектов.

Голоса и многоголосие

Голосом обычно считается отдельный канал звука в инструменте; например, четырехголосный синтезатор синтезирует одновременно четыре отдельных звука; если одной ноте соответствует один звук, то такой синтезатор способен исполнять одновременно четыре ноты.

Инструменты, способные исполнять одновременно несколько нот, называются многоголосными или полифоническими инструментами. Первые синтезаторы, например оригинальный Minimoog, были способны исполнять только одну ноту одновременно; такие инструменты называются одноголосными или монофоническими инструментами. Хотя на монофоническом инструменте невозможно исполнять аккорды, он вполне подходит для исполнения ведущей партии бас- или соло-гитары. Многие современные полифонические инструменты могут работать в монофоническом режиме, и вы можете

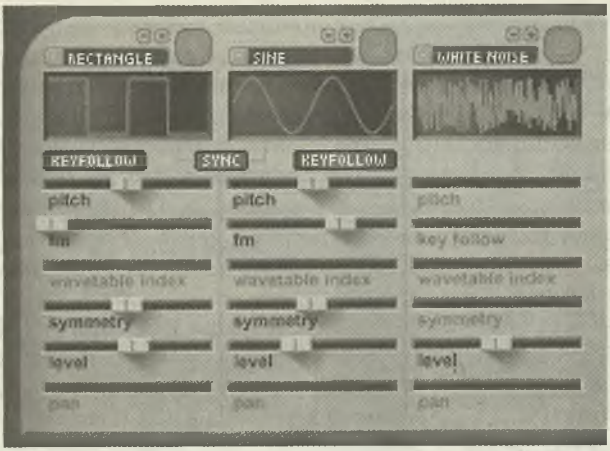


Рис. 9.3. *Генераторы — это источники звукового сигнала в любом синтезаторе, независимо от того, каким образом они формируют сигнал — используя для этого предварительно записанные аудиообразцы или сигналы какой-то определенной формы. На фотографии показана панель синтезатора MX4 компании* MOTU*: путем микширования сигналов трех виртуальных аналоговых генераторов сигналов различной формы формируется аудиосигнал, копирующий звучание, характерное для аппаратных синтезаторов тридцатилетней давности*

имитировать на них ранние монофонические инструменты, популярные в джазовой и рок-музыке; уменьшение количества активных голосов многоголосного инструмента используется также для оптимизации использования вычислительных ресурсов компьютера.

Почему же мы проводим границу между голосами и полифонией, ведь они, похоже, имеют близкий смысл? Такое понятие, как "голоса", относится к звукам, а такое понятие, как "полифония", относится к нотам — количеству клавиш, нажимаемых одновременно. Если каждой ноте соответствует один голос, то эти два термина означают одно и то же. Но если каждой ноте соответствует не один, а несколько голосов, то диапазон полифонии будет меньше количества голосов. Например, если в установках задана компоновка каждой ноты из четырех голосов, то восьмиголосный синтезатор в режиме, заданном этими установками, обеспечит только двухнотную полифонию. В большинстве (хотя и не во всех) программных инструментов предусмотрена возможность задания общего — большего или меньшего — количества голосов. Уменьшение количества голосов может оказаться необходимым в случае нехватки вычислительных ресурсов центрального процессора.

Настройки высоты тона

Как мы уже отмечали в главе 8, в MIDI-технологии отсутствует такое понятие, как высота тона; ноты представляют собой просто числа, которые синтезатор преобразует в музыкальный тон. Среди настроек, предусмотренных в патче, вы найдете комплексные настройки, задающие механизм преобразования MIDI-нот в ноты определенной высоты (**рис. 9.4**).

Рис. 9.4. *Типовые параметры тона, показанные на примере сэмплера EXS|24 из состава приложения Apple Logic Pro (www.apple.com/logicpro). Регуляторами Transpose (транспонирование), Tune (грубая настройка) и Fine (точная настройка) задают высоту тона, а регулятором Glide (скольжение) — плавное изменение высоты тона при переходе с ноты на ноту. Обратите внимание на расположенные на панели вверху переключатель legato/mono/poly (легато/моно/поли) и настройки voice (голос), используемые для задания полифонического режима и количества используемых голосов*

Простейшей из этих настроек является настройка `transposition`, позволяющая задать интервал переноса всех тонов вверх или вниз с шагом в полтона. Это может пригодиться, например, если певец простудился и не может вытянуть высокие ноты. Иногда этот настроечный параметр обозначается названиями “pitch” и “coarse”.

Настройка с отступлением от нотного стана. Самым лучшим решением проблемы настроечных таблиц является использование файлов Scala (звукоряд), стандартного файлового формата, поддерживаемого множеством программных синтезаторов и даже аппаратными устройствами. Для микротональной настройки синтезаторов, в которых отсутствуют настроечные таблицы и в которые невозможно импортировать файлы Scala в Интернете имеются разнообразные бесплатные и условно-бесплатные утилиты для микротональной настройки; они обычно выполняют микротональную настройку, “подстраиваясь” под колесо частотной модуляции — отсылая от его имени MIDI-сообщения с информацией об изменении высоты тона.

Информация о файлах Scala

`www.xs4all.nl/~huygensf/scala`

Для Mac (LE-версия для ОС Windows)

Max Magic Microtuner (`http://launch.groups.yahoo.com/group/16tone`)

Только для Mac

Open Tuning (`www.open-tuning.com`)

Little Miss Scale Oven (`www.nonoctave.com/tuning/LilMissScaleOven`)

Для Windows

Algorithmic Arts MicroTone (`www.algoart.com/microtone.htm`)

Для тонкой настройки в тон с другим инструментом может быть предусмотрена настройка, обозначенная как "fine" (точная или эталонная настройка (master tuning)). Эталонная настройка действует, как цифровой камертон, по которому настраивается тональность инструмента. (Эта настройка необходима не только профессионалам, потому что в разных странах для настройки используются разные эталонные тоны. В США, например, в оркестрах настройку инструментов в унисон выполняют по тону частотой 440 Гц (нота "ля"), а во Франции, например, ансамбли настраивают инструменты по той же ноте "ля", но чуть более высокого тона (444 Гц). Параметр `global tuning` (глобальная настройка тональности) регулируется, как правило, либо по шкале +/– в центах, либо по шкале частоты в герцах. Иногда может быть задан даже случайный (random) сдвиг высоты тона, как в показанном на **рис. 9.4** примере, предназначенный для внесения флуктуаций в тональность. По замыслу он имитирует нестабильность частоты, присущую неточным и ненадежным старым аналоговым генераторам частоты. Получающийся в действительности звук совершенно не похож на то, каким он должен быть, но это можно использовать для спецэффектов.

При включенной опции portamento (портаменто) или glide (скольжение) синтезатор не перескакивает, как пианино, а плавно переходит с одного тона на другой (это похоже на звучание тромбона). Такой эффект скольжения высоты тона эквивалентен тому, что в музыкальной терминологии называется глиссандо. Популяризации эффекта скольжения синтезированного звука способствовал Рокер Кейт Эмерсон — особенно запомнилось его соло на синтезаторе Moog в песне "Lucky Man" Эмерсона (Emerson), Лэйка (Lake) и Палмера (Palmer) (о том, как самостоятельно использовать этот эффект, читайте ниже, в разделе "Практика: скольжение с ноты на ноту в синтезаторе SampleTank FREE").

В общем случае в синтезаторе настраивается параллельная тональность нот в соответствии с принятым для современных пианино строем, который называется двенадцатитоновым равномерно-темперированным. Если вас интересуют другие варианты строя, например исторические или зарубежные, ряд синтезаторов поддерживает использование настроечных таблиц (tuning table). Это своего рода подстановочные таблицы, по которым синтезатор определяет, какому тону соответствует тот или иной MIDI-номер ноты. (Эту опцию поддерживают, например, инструменты OASYS компании *Korg* и некоторые синтезаторы компании *Native Instruments*.) А нужно ли это нам, ведь мы не древние пифагорейцы, изучавшие законы гармонии, и не индонезийские патетики? Альтернативные музыкальные строи, внося неожиданные тоны, могут придать синтезированному звуку своеобразие.

Основные методы синтеза звука

Прежде чем приступать к работе с инструментами и созданию собственных вариантов звучания, полезно разобраться в классификации электронных инструментов. Разнообразные синтезаторы группируются по категориям в зависимости от того, каким образом они создают звуки и каким образом они используются. Популярность различных методов синтеза звука меняется со временем, но благодаря программным синтезаторам все они могут быть реализованы с помощью компьютерных технологий и у нас есть возможность сравнивать их друг с другом.

Практика: скольжение с ноты на ноту в синтезаторе SampleTank FREE

Скольжение с ноты на ноту — это прием исполнения, непривычный для клавиатуры, ведь на пианино эффекта "искривления" (pitch bend) высоты тона

добиться невозможно. Используя опцию glide или portamento в синтезаторе, даже на таком инструменте, как клавиатура, можно реализовать эффект скольжения тона с ноты на ноту. Чтобы послушать, как это звучит, воспользуйтесь бесплатным приложением SampleTank FREE компании *IK Multimedia*, записанном на DVD (но для этого сначала надо загрузить SampleTank FREE в базовое приложение, которое вы используете).

Регуляторы скольжения тона в SampleTank FREE. В приложении SampleTank FREE опция скольжения отмечена как portamento, поэтому посмотрите в правой части панели синтезатора секцию под названием Port (**рис. 9.5**). Регулятор Port.Time задает в синтезаторе время скольжения с ноты на ноту. Необходимо выбрать в выпадающем меню, которое находится сразу под этим регулятором, строку Legato; в режиме Mono и Poly эффект портаменто отключен (это справедливо не для всех синтезаторов; во многих синтезаторах предусмотрена возможность одновременного включения режимов glide (скольжение) и poly (полифония)).

Рис. 9.5. *Опция portamento, предусмотренная в программе SampleTank, — не такая уж и редкость, она имеется во многих синтезаторах. Выберите режим Legato, задайте с помощью Port.Time продолжительность скольжения с ноты на ноту, и вы услышите этот эффект*

Сыграйте что-нибудь в режиме portamento с установкой, придающей звуку особенности голоса сопрано. Загрузите имеющийся в составе программы патч Soprano Ahh, дважды щелкнув на нем мышью. Если вы будете играть ноты по-отдельности, то при введенных установках они будут звучать женским голосом, как типичная аудиозапись певицы. Но попробуйте соеди-

нять ноты: нажимая новую клавишу, не отпускайте ту, которая была нажата раньше (отпускайте предыдущую клавишу после нажатия следующей клавиши; идея заключается в том, чтобы добиться исполнения легато, отсюда и название опции — Legato). Вы услышите слабое "завывание" голоса при переходе с ноты на ноту. Чтобы сделать этот эффект более явным, увеличьте значение настройки Port.Time примерно до 500 мс или больше. После этого голос начнет плавно скользить с одной ноты на другую.

Учимся скользить с ноты на ноту. Загрузите имеющийся в составе программы патч L.A. Dreams 2pac. По умолчанию этот патч загружается в режиме Poly, поэтому при удерживании нажатыми одновременно нескольких клавиш вы услышите не скольжение тона, а аккорд. Переключите синтезатор в режим Legato, выбрав соответствующую строку в выпадающем меню под регулятором Port.Time и установите регулятором Port.Time время, равное примерно 2 с. Нажимая очередную клавишу, не отпускайте предыдущую, как в примере, описанном выше. Вы услышите плавное скольжение звука с одной ноты на другую, это, возможно, напомнит вам исполненную на синтезаторе партию Vangelis из фильма "Blade Runner".

Аналоговый метод субтрактивного синтеза звука

Первые синтезаторы назывались *аналоговыми инструментами*, потому что их генераторы создавали непрерывные периодические колебания, аналогичные колебаниям, создаваемым реальными источниками звука, такими как струны инструментов, а также колебаниями давления, посредством которых звук распространяется в воздухе. Их устойчивая популярность объясняется отчасти неповторимостью их звучания. Поскольку акустические инструменты не способны создать ничего похожего на пилообразную волну, первые инструменты компании *Moog* завоевали широкую популярность за их характерное звучание. Точно так же как первые саксофоны с их непривычным звуком, в конце концов, проторили себе дорогу в оркестры (по крайней мере, в Европе), аналоговые синтезаторы стали частью музыкальной культуры.

Под термином "аналоговый метод синтеза" понимается, как правило, конкретный метод синтеза, известный под названием "метод *субтрактивного синтеза* звука". Такое название объясняется тем, что в синтезаторах, реализующих этот метод, генераторы создают сигналы простой формы с широким спектром гармонических составляющих. Коррекция формы сигнала осуществляется фильтрами синтезатора, подавляющими определенные гармоники, аналогично тому, как корпус акустического инструмента корректирует спектр звука, создаваемого инструментом, придавая ему определенный колорит.

Аналоговый метод субтрактивного синтеза звука

Другие названия: "Analog" (аналоговый); "modular"(модульный)

Достоинства

Характерное "электронное" звучание, выразительность исполнения с широкими возможностями изменения тембра; музыка в стиле street cred

Недостатки

Невозможность имитации звучания акустических инструментов

Примеры аппаратных синтезаторов

Moog Minimoog (в том числе современная модель Minimoog Voyager); Buchla серии 100- и 200-; Dave Smith Evolver

Примеры программных синтезаторов
Reason SubTractor; эмуляторы синтезатора Moog, выпускаемые компанией *Arturia* (**рис. 9.6**)

Приложения, записанные на прилагаемом к книге DVD
Native Instruments SoundSchool; Green Oak Crystal

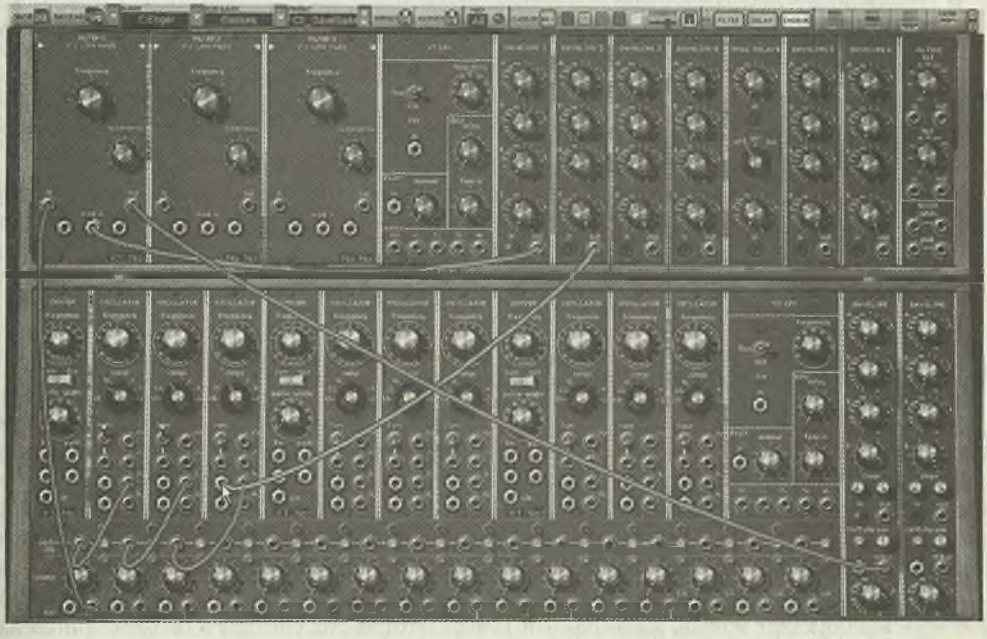


Рис. 9.6. *Эмулятор компании* Arturia *копирует синтезатор Moog Modular эпохи 1960-х годов до мельчайших подробностей, вплоть до клубка патч-кордов, которыми необходимо соединять модули синтезатора между собой. Вот откуда произошло название "modular synthesis" (модульный принцип синтеза)*

Самые первые аналоговые синтезаторы, разработанные Робертом Мугом (Robert Moog) на Восточном побережье Соединенных Штатов и Доном Бачлой (Don Buchla) на Западном побережье, получили название "модульные синтезаторы", потому что по конструкции они представляли собой набор модулей, смонтированных в кассетном корпусе. Такая конструкция обеспечивала возможность изменения характера звучания инструмента путем настройки его конфигурации с помощью патч-кордов, соединявших модули между собой. Этот же принцип продолжает использоваться в программных средствах цифровой музыки модульной архитектуры, например Csound, Max/MSP и Reaktor. Аналоговые инструменты в большинстве своем не являются по-настоящему модульными по конструкции, но, как и прежде, состоят из узлов разного функционального назначения — генераторов звукового сигнала, генераторов огибающих, фильтров, НЧ-генераторов (LFO) и тому подобных узлов, хотя и достаточно жестко связанных друг с другом.

Первые аналоговые инструменты были громоздкими, тяжелыми, изготавливались вручную на заказ и стоили столько же, сколько и дом. Современные "аналоговые" инструменты — это, как правило, цифровые инструменты, реализующие технологии "конструирования" звука и тембровые качества, унаследованные от своих чисто анало-

говых предшественников. Поскольку цифровые синтезаторы не создают настоящих аналоговых сигналов, с формальной точки зрения они являются виртуальными аналоговыми синтезаторами, копирующими сигналы аналоговых синтезаторов с помощью цифровых методов.

Современные программные синтезаторы обеспечивают широкий выбор вариантов имитации аналоговых субтрактивных синтезаторов.

- **Эмуляция аналоговых синтезаторов.** Некоторые инструменты во всем до мелочей — и по внешнему виду, и по функциональным возможностям, и по характеру звучания — копируют старые аналоговые синтезаторы.
- **Имитация аналогового метода синтеза.** Поскольку субтрактивный метод синтеза столь популярен, многие синтезаторы воссоздают эту базовую технологию синтеза, не копируя внешний вид интерфейса старых инструментов.
- **Модульная конструкция.** Даже те инструменты, которые ни в чем не подражают аналоговым синтезаторам, наследуют определенные элементы, характерные для первых синтезаторов модульной структуры. Практически в любом синтезаторе имеются такие функциональные "архаизмы", как генераторы огибающей, фильтры, модуляторы и другие функциональные инструменты.

Методы ЧМ-синтеза и аддитивного синтеза звука

Метод субтрактивного синтеза — не единственный метод создания звука из отдельных компонентов путем комбинирования сигналов генераторов. В этой главе мы познакомимся с двумя другими методами синтеза звука. Первый из них заключается в частотной модуляции сигнала звука, для чего используются несколько генераторов сигналов звукового диапазона частот. В результате получается звук сложного, напоминающего колокольный звон, тембра. Метод аддитивного синтеза заключается в сложении отдельных обертонов (для создания которых в ряде случаев могут использоваться и отдельные генераторы). В результате звук приобретает новый, характерный тембр. Этот метод синтеза в первом приближении аналогичен принципу работы органа, звук которого создается путем комбинации нескольких составляющих. Работа органа Hammond базируется на этом принципе.

Метод ЧМ-синтеза

Достоинства

Звук с сочным, напоминающим звучание колокола, тембром и неповторимые звуковые эффекты; широкая палитра звуков

Недостатки

Невозможность имитации реалистического звучания струн; сложность освоения теми, кто только начинает осваивать технологии синтеза звука

Примеры аппаратных синтезаторов

Yamaha DX7 (и вся серия DX)

Примеры программных синтезаторов

FM7 компании *Native Instruments* (**рис. 9.7**); синтезатор Oxe FM (бесплатный подключаемый модуль формата VSTi только для Windows; `www.oxesoft.com`); EFM1, входящий в состав Logic Pro

Приложения, записанные на прилагаемом к книге DVD

Ableton Operator (в составе демоверсии Ableton Live); Green Oak Crystal; основные функциональные инструменты в SoundSchool компании *Native Instruments*

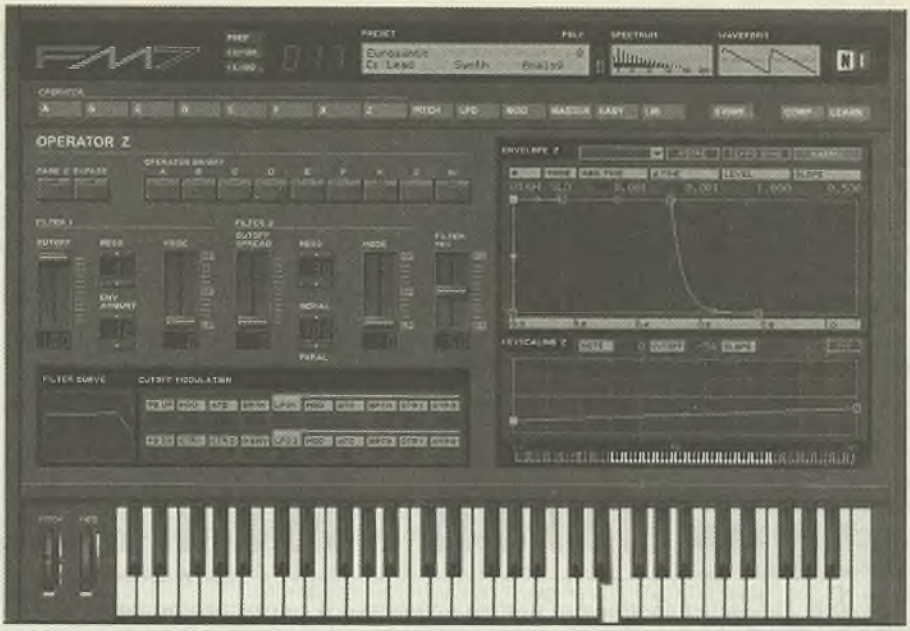


Рис. 9.7. *В синтезаторе FM7 компании* Native Instruments, *который представляет собой современную интерпретацию синтезатора Yamaha DX7, для реализации метода ЧМ-синтеза используется шесть генераторов. Инструменты фильтрации и преднамеренного искажения звука (distortion), предусмотренные в FM7, обеспечивают возможность получения густых, плавно меняющихся тонов, а многосегментные огибающие — создание ритмических эффектов*

Метод аддитивного синтеза

Другие названия: “Fourier synthesis” (Фурье-синтез)

Достоинства

Сочный, “органный” звук

Недостатки

По широте использования намного уступает методу субтрактивного синтеза; обладает более скромными возможностями в разнообразии звучания; цифровой вариант реализации требует значительных вычислительных ресурсов процессора

Примеры аппаратных синтезаторов

Kawai K5 и K5000

Примеры программных синтезаторов

Camel Audio Cameleon 5000 (`www.camelaudio.com`, **рис. 9.8**); White Noise Additive (только для Windows, `www.whitenoiseaudio.com/additive`)

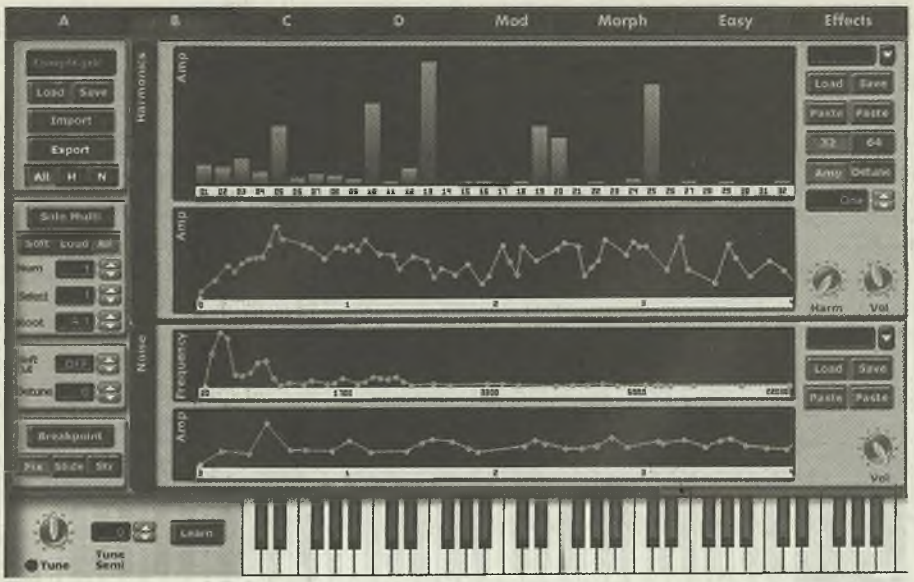


Рис. 9.8. *Одним из достоинств метода аддитивного синтеза является то, что он обеспечивает возможность реализации морфинга — плавного перехода между звуками и индивидуальной коррекции гармоник. Обе эти функции используются в Cameleon 5000 компании* Camel Audio. *Функция morph square обеспечивает плавный переход между звуками, а программа позволяет корректировать отдельные гармоники с помощью графического интерфейса (показанного на фотографии) или даже с помощью импорта файла образа*

Технологии ЧМ- и аддитивного синтеза звука были реализованы уже в аналоговых синтезаторах, хотя они получили куда меньшее распространение по сравнению с методом субтрактивного синтеза. FM-синтез не нашел широкого внедрения в первых аналоговых синтезаторах из-за трудностей, связанных с необходимостью поддержания точной настройки генераторов для получения оптимальных результатов. Нестабильность, характерная для ранних генераторов, мешала надежной работе ЧМ-синтезаторов. Популярность методов ЧМ-синтеза и аддитивного синтеза начала расти с появлением цифровых генераторов и повышением производительности компьютерных процессоров и процессоров цифровой обработки сигналов (DSP).

Хотя изучение методики программирования аддитивных синтезаторов выходит за пределы тематики данной книги, с методом ЧМ-синтеза мы познакомимся в общих чертах в рамках изучения метода субтрактивного синтеза, поскольку в приложении Sound-School предусмотрены основные функциональные инструменты ЧМ-синтеза.

Сэмплеры и проигрыватели сэмплов

Аналоговые методы субтрактивного, ЧМ- и аддитивного синтеза великолепно подходят для создания своеобразного звучания, но когда дело доходит до подражания звукам реального мира, то они способны справиться только с простейшими звуками. Вместо того чтобы пытаться с помощью электронных и цифровых методов создать суррогаты реальных звуков, можно добиться естественности звучания электронных инструментов

очевидным путем — используя записанные образцы звука реальных инструментов. При исполнении ноты инструмент — проигрыватель сэмплов воспроизводит запись звучания этой ноты, которую можно обрабатывать, как и синтезированный сигнал, пропуская через процессоры огибающей, фильтрации и эффектов.

Сначала досконально разберемся в том, что такое сэмплеры. Многие инструменты, предлагаемые на рынке как сэмплеры, на самом деле таковыми не являются. Формально инструмент является сэмплером только в том случае, если он способен записывать аналоговый аудиосигнал. В противном случае это не сэмплер, а "синтезатор — проигрыватель сэмплов". В наши дни вы можете записать аудиосигнал в свою рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW) и перенести аудиозапись в синтезатор или импортировать ее одним из имеющихся способов. С этих позиций под названием "сэмплер" обычно подразумевается синтезатор — проигрыватель сэмплов, в который пользователь может загружать любые сэмплы по своему усмотрению.

Сэмплинг/проигрыватель сэмплов

Достоинства

Имитация звучания акустических инструментов; включение в состав композиции звуков реального мира

Недостатки

Не столь высокая выразительность звучания; требователен к объему оперативной памяти

Примеры аппаратных сэмплеров

Сэмплеры Akai серии S; клавиатура Korg Triton (проигрыватель сэмплов)

Примеры программных сэмплеров

Kontakt компании *Native Instruments*; MachFive компании *MOTU* (**рис. 9.9**); HALion компании *Steinberg*; Giga-Studio компании *TASCAM*; Audio Key Rig (простой проигрыватель сэмплов)

Приложения, записанные на прилагаемом к книге DVD

SampleTank FREE (проигрыватель сэмплов)

Ограниченность технологии использования записанных образцов звука заключается в том, что при этом в жертву приносятся возможности управления сигналом — статическую запись невозможно редактировать так, как пластичную форму колебаний. Разработчики аудиотехнологий пытаются компенсировать этот недостаток расширением библиотеки записанных аудиообразцов, добавляя в нее индивидуальные звуки для нот разных участков клавиатуры и разных скоростей нажатия клавиш. Но при этом возрастают размеры патча и, соответственно, требования к объему памяти, из которой считываются аудиообразцы звука. Кроме того, инструменты, базирующиеся на технологии воспроизведения сэмплов, уступают по выразительности звучания инструментам, в которых используются другие технологии синтеза. Но несмотря на некоторую недостаточность выразительности звучания такие инструменты звучат естественно, поскольку в них используются записи реальных звуков.

Область применения инструментов, базирующихся на технологии воспроизведения сэмплов, не ограничивается только имитированием звучания акустических инструментов. Технология сэмплинга может быть использована для творческой переработки записей (пример тому — что музыканты стиля хип-хоп (hip-hop) делают с виниловыми пластинками) и создания новых инструментов (например, наборов ударных инструментов (drum kit) из кухонной утвари).

Технология воспроизведения сэмплов используется во всевозможных виртуальных инструментах. Самый известный пример — виртуальные инструменты, предназначенные для копирования электронных и акустических инструментов, начиная с имитаторов гитар и заканчивая имитаторами целых оркестров. Технология воспроизведения сэмплов используется также в некоторых программных ударных инструментах, например в Native Instruments Battery, и в автоматах музыкальных ритмов (groove-box), например Spectrasonics Stylus RMX (`www.spectrasonics.net`). Это только некоторые из множества примеров.

Имеется также широкий выбор коммерческих библиотек записей образцов звуков как в формате аудио, так и в специальных форматах, предназначенных для конкретных сэмплеров. Такие коллекции звуков называются "soundware" (звуковое обеспечение) или "sound library" (библиотека звуков), потому что вы покупаете или загружаете из Интернета не специальный программный инструмент, а именно коллекцию образцов звуков.

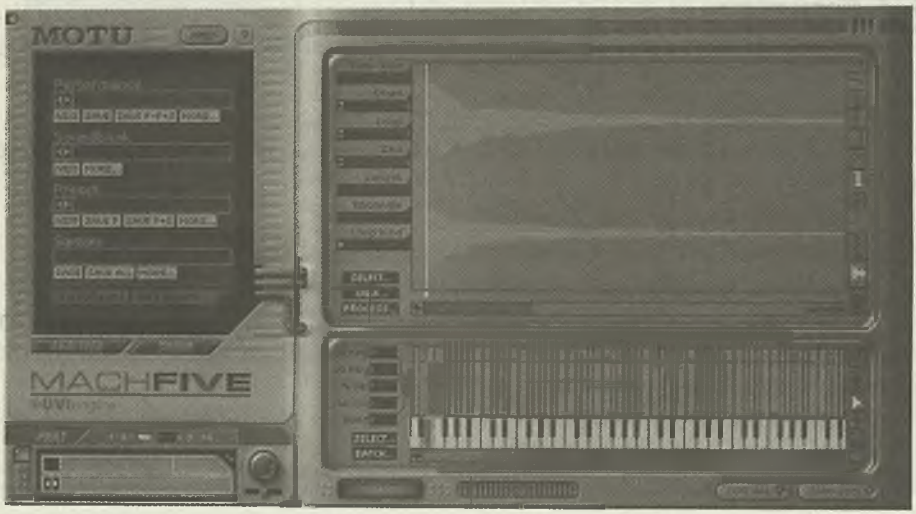


***Рис. 9.9**. В сэмплерах и синтезаторах — проигрывателях сэмплов файлы образцов звуков "закреплены" за конкретными клавишами клавиатуры и при нажатии клавиши сэмплер воспроизводит запись соответствующего образца звука. В данном примере показан сэмплер MachFive компании* MOTU

Другие методы синтеза

Разработчики аудиотехнологий в поиске новых звучаний продолжают работать над новыми вариантами реализации методов синтеза звука, описанных в предыдущих разделах, а также разрабатывать новые методы. Тем, кто имеет представление о синтезе на основе технологии воспроизведения образцов звуков и виртуальных аналоговых синтезаторах, в частности,

не составит труда разглядеть общие черты, характерные для большинства синтезаторов, в том числе аналогичные приемы использования фильтров, эффектов и модуляции, хотя для использования других технологий может потребоваться дополнительное обучение и практика.

Методы синтеза звучания гитары

Гранулярный синтез (granular synthesis) — технология, предложенная композитором-экспериментатором Янисом Ксенакисом (Iannis Xenakis) — базируется на постулатах физики элементарных частиц. В основу этого метода синтеза положено представление о звуке как о композиции крошечных звуковых гранул, а не композиции гармонических колебаний, традиционном представлении, которое мы используем в материале данной книги. Благодаря исследованиям Кертиса Роудса (Curtis Roads) и других энтузиастов, а также достижениям цифровых технологий стали возможными создание тысяч и миллионов событий, несущих информацию о крошечных гранулах звука, и воплощение этой теории в жизнь.

Прекрасно! Ну а толку от этой технологии? Хотя нельзя сказать, что она идеально подходит, например, для имитации звучания тромбона, технология гранулярного синтеза способна создавать необычное звучание. Она позволяет создавать сложные органические волны крошечных частиц звука и путем синтеза восстанавливать реальный звук. В действительности технология гранулярного синтеза лежит в основе многих алгоритмов растяжения и сдвига во времени аудиосигналов, использующихся в коммерческих программных продуктах.

Освоение метода гранулярного синтеза — нелегкое занятие. Начать можно со следующих программных продуктов.

- **Native Instruments Reaktor.** В этом приложении имеются встроенные средства гранулярного синтеза; загрузите в Reaktor 5 патч GrainStates SP из каталога Ensembles⇨Classics⇨Sample Transformer.
- **Csound (бесплатная).** Кроссплатформенная модульная среда приложения Csound (`www.csounds.com`), оснащенного текстовым интерфейсом, просто создана для гранулярного синтеза благодаря относительной простоте системы команд гранулярного синтеза; учебное руководство по этой теме вы найдете по адресу `wwwcsounds.com/mastermg/em_04.html`.
- **Max/MSP.** Для этого приложения разработаны различные расширения для реализации технологии гранулярного синтеза; лучше всего начать с кроссплатформенного расширения `~mdegranular` (`www.michael-edwards.org/software/mdegranular`).

Для углубленного изучения. В книге *The Computer Music Tutorial* Кертиса Роудса (Curtis Roads) (изданной MIT Press) есть превосходная глава, в которой объясняются основополагающие принципы, на которых базируется технология гранулярного синтеза.

В общих чертах гранулярный синтез в чистом виде базируется на представлении элементарной частицы звука как крошечной огибающей звуковой волны и задании параметров "облака" таких частиц, исходя из предположения о случайном распределении этих частиц в пространстве звука. В других вариантах технологии гранулярного синтеза (например, реализуемых некоторыми ансамблями в программе Reaktor и объектом `~mdegranular` для программы Max/MSP) требуется два входных аудиосигнала — имеется в виду, что одним из них будет ваш собственный аудиофайл.

Физическое моделирование

В противоположность гранулярному синтезу, реализация которого на практике по большей части сводится к авангардной музыке, метод физического моделирования получает все большее распространение в продукции, предназначенной для массового потребителя. Этот метод синтеза не нов, но прежде для его реализации требовалось очень сложное оборудование и результаты моделирования были непредсказуемы. Последние разработки в области компьютерных технологий позволили довести этот метод до практической реализации.

Метод физического моделирования заключается в описании физических свойств инструментов с помощью математических моделей. Эти модели описывают характеристики вибрирующей струны, закономерности распространения звуковых волн по корпусу инструмента, резонансные свойства деревянного корпуса и т.д. Метод физического моделирования называют еще компонентным моделированием, потому что он базируется на концепции разбиения инструмента на отдельные компоненты, участвующие в создании звука.

Физические модели обеспечивают возможность более точного описания явления, которое невозможно представить иными способами, например смоделировать эффект передувки (overblowing) флейты или выяснить, что звук скрипки со стеклянными струнами будет резонировать аналогично звуку в алюминиевом баке. Метод физического моделирования успешно применяется для синтеза звучания смычковых струнных инструментов, духовых и щипковых инструментов, таких как клавинет (Clavinet), гитара и клавесин, а также воображаемых инструментов, объединяющих в себе эти принципы.

Метод физического моделирования используется все шире в инструментах синтеза звука. Их примеры приведены ниже.

- **Аппаратные синтезаторы** — клавиатуры Korg OASYS (`www.korg.com`) и Alesis Fusion (`www.fusionsynth.com`)
- Синтезатор **Sculpture** в пакете Apple Logic Pro (для ОС Mac)
- Бесплатный подключаемый VST-модуль **String Theory** (Windows, `www.cortidesign.com/ugo`)
- Синтезатор **String Studio** компании *Applied Acoustics* (для Windows/Mac, `www.applied-acoustics.com`), а также студия синтеза Tassman этой же компании

Эти инструменты отличаются своими возможностями. Синтезатор Sculpture, хотя и способен генерировать ряд традиционных звучаний, рассчитан, в первую очередь, на создание фантастических звуков и обладает широким набором эффектов инструментов коррекции тембра. Синтезатор String Theory предназначен специально для синтеза звучания реальных инструментов, таких как клавинет (Clavinet), гитара и альт; исчерпывающие установки и музыкальные обозначения типа “string” и “damper” упрощают в определенной степени работу с ним.

Создавая и редактируя патчи, предназначенные для синтезаторов, базирующихся на методе физического моделирования, старайтесь соблюдать следующие правила.

- **Вносите изменения небольшими порциями.** Природа физического моделирования такова, что малейшие изменения одного из параметров, например плотности струны, может оказать неожиданно сильный эффект, поэтому корректируйте параметры поочередно и малыми порциями.
- **Работайте с компонентами.** Конечно, практически всегда лучше всего начинать с коррекции параметров модели струны или резонатора, но эта модель сама по себе недостаточна для моделирования индивидуального характера звучания. Это спра-

ведливо для любого метода синтеза, но особенно для синтеза на основе физического моделирования. Поэтому, например, в синтезаторах Sculpture и String Studio предусмотрены обширные наборы настроек эквалайзера, предназначенные для имитации влияния корпуса инструмента на тембр звука, и инструменты внесения искажений для дополнительного оттачивания характера звучания.

- **Не теряйте представления о реальном инструменте.** Даже в том случае, если вы моделируете звучание стеклянного фагота, на котором инопланетянин играет под водой, не забывайте о физических параметрах, которые описывают игру на реальном инструменте. Например, такие параметры, как масса терминатора иди демпфера, имеют весьма абстрактный смысл до тех пор, пока вы не представите себе, как ваши пальцы прижимают струны на гитаре, гася их вибрацию.
- **Модифицируйте параметры.** Если используемый вами синтезатор, базирующийся на методе физического моделирования, позволяет сделать это, попробуйте изменить физическую природу материала, заложенного в модель звука, например используя для этого модуляцию параметров с помощью эффекта огибающей. Это дает возможность создавать эффекты звучания, которые другими способами создать невозможно.

Например, типичная процедура создания звучания в синтезаторе Sculpture (**рис. 9.10**) состоит из следующих операций: сначала выбираем исходный материал, настраиваем параметры первого объекта, исходя из конкретных условий его возбуждения (например, это смычок), добавляем второй и третий объекты, вносящие дополнительные черты в характер звука (например, характерные шумы и характер демпфирования в фазе затухания за счет выбора значения параметра `KeyOff`), отшлифовываем модель звука тщательной коррекцией параметров и затем добавляем эффекты и модуляцию.

Для того чтобы профессионально освоить метод синтеза на основе физического моделирования, впрочем, как и любой другой инструмент, необходимо упорно работать. В 1994 году, когда появился первый коммерческий синтезатор на основе метода физического моделирования (VL1 компании *Yamaha*), Эрни Райдаут (Ernie Rideout) в своем обзоре, опубликованном в журнале *Keyboard*, подчеркнул, что это один из тех инструментов, освоить которые можно только путем упорных тренировок (это касается как настройки, так и исполнения на нем).

Сэмплеры и воспроизведение сэмплов

Изучение конкретных вопросов, касающихся "конструирования" звучания виртуальных инструментов, начнем с того, с чего начинает сегодня большинство музыкантов: с синтезаторов — проигрывателей записанных образцов звуков.

Существуют три основных уровня использования инструментов, базирующихся на технологии воспроизведения сэмплов, — использовать готовые сэмплы, ничего не меняя, взять готовые сэмплы и скорректировать их по своему усмотрению или создать собственные сэмплы "с нуля". Для начала мы познакомимся с библиотеками сэмплов. Но даже в том случае, если вы не собираетесь заниматься созданием собственных сэмплов, вам обязательно необходимо разбираться в принципе работы инструментов — проигрывателей сэмплов как для того, чтобы уметь настраивать их, так и для того, чтобы добиться максимальной выразительности исполнения при игре на них.

1. Регулятором Material задается характер вибрирования корпуса инструмента в ответ на действия музыканта при игре на нем (жесткость корпуса) и его резонансные характеристики (внутренние потери конструкции и потери в материале корпуса).
2. Визуализация модели колебаний струны позволяет увидеть, как резонирует корпус при звучании ноты.
3. Регуляторы, объединенные в группы под названием Object 1, 2 и 3 на панели Sculpture, — это элементы конструкции инструмента, вибрации которых создают его звучание. Например, выбрав в группе Object 1 настройку Blow, вы создадите виртуальный деревянный духовой инструмент собственной конструкции. Вы можете выбрать опцию Bow (смычковый инструмент) или Pluck. (Одно из достоинств физического моделирования заключается в том, что вы можете нарушать правила, например, задав для стали одновременно ударную и растягивающую нагрузку).
4. Многие из этих незнакомых, на первый взгляд, органов регулировки на самом деле относятся к традиционным настройкам эффектов (просто в компании *Apple* решили включить в этот интерфейс настройки всех эффектов, какие только можно было придумать!). Органы настройки в нижней части панели относятся к модуляции и огибающим.

Рис. 9.10. *Синтезаторы на основе метода физического моделирования, например Sculpture компании* Apple, *открывают новые возможности в технике синтеза звука, позволяющие как имитировать акустические инструменты, так и моделировать новые инструменты. Панель программы Sculpture производит впечатление рубки космического корабля. Самый верный способ освоить эту технологию, "прочувствовать" ее суть — перестроить свое представление на уровень компонентов модели (в других синтезаторах, например в String Studio, вам могут встретиться аналогичные группы настроек, хотя и в более упрощенной форме)*

Библиотеки сэмплов

Выбирая, какие библиотеки сэмплов приобрести для своего сэмплера, обращайте внимание, в первую очередь, на две вещи: состав библиотеки и формат сэмплов. Варианты библиотек сэмплов варьируются по составу от библиотек аудиообразцов (loop) до

полностью оснащенных инструментов, поэтому выбирайте тот вариант, который нужен для вашей цели. Это могут быть просто оцифрованные образцы звучания инструментов, готовые аудиообразцы (loop) или ритмические сегменты (slice), отдельные ноты или целые музыкальные фразы, или любые другие варианты.

Помимо того, что набор звуков должен быть качественным и достаточным для музицирования, наиболее важным моментом является формат, который должен подходить для вашего синтезатора. Если у вас нет сэмплера, поддерживающего импорт библиотек сэмплов, то вам понадобится, по-видимому, библиотека сэмплов, укомплектованная собственным подключаемым модулем. Многие библиотеки сэмплов, например, комплектуются кроссплатформенным проигрывателем сэмплов Kontakt компании *Native Instruments* или редактором Intakt **(рис. 9.11)** (проверьте, позволяет ли формат подключаемого модуля редактировать патчи; одни модули обеспечивают возможность только воспроизведения сэмплов, в то время как другие оснащены основными инструментами редактирования сэмплов).

Рис. 9.11. *Раньше библиотеки сэмплов состояли из коллекции образцов звуков, но в эпоху программных синтезаторов многие новые библиотеки предлагаются в комплекте с виртуальными проигрывателями, имитирующими инструменты, и даже полнофункциональными редакторами сэмплов. Например, подключаемый модуль Spectrasonics Atmosphere комплектуется 3-гигабайтной библиотекой записей звуков, а также оснащен разнообразными инструментами редактирования патчей и создания многоголосого звука*

Если вас устраивает только один вариант — импорт образцов звуков в выбранный вами сэмплер, — вам придется разбираться в множестве используемых форматов. Основные варианты форматов следующие.

- **"Сырой" формат аудио.** Библиотеки сэмплов в формате audio CD, WAV и AIFF совместимы с любыми сэмплерами, но в этом случае вам, скорее всего, придется назначать сэмплы клавишам вручную. "Сырой" формат аудио по совместимости вне конкуренции, но за это приходится платить большим объемом ручной работы (хотя этот вариант — один из популярных вариантов бесплатных сэмплов, которые можно загрузить из Web).

- **Форматы аппаратных сэмплеров.** Даже в эру программных инструментов имеется множество библиотек сэмплов в формате, используемом в аппаратных сэмплерах Akai, E-mu и Kurzweil. Программные сэмплеры ведущих производителей, как правило, поддерживают, по крайней мере, один из этих форматов, непосредственно или с помощью специальной утилиты — конвертера форматов.
- **Форматы программных сэмплеров.** По мере расширения выбора программных сэмплеров заложенные в них фирменные форматы превращаются в своего рода "стандарты". К сожалению, универсального формата нет. Форматы, используемые в Tascam GigaStudio (`www.tascamgiga.com`), EXS124 (сэмплер в составе Apple Logic), Native Instruments Kontakt и Stemberg HALion (`www.stemberg.de`), являются широко используемыми форматами, и вам попадется еще множество других загадочных вариантов. Часто встречается даже давно вышедший из употребления формат Digidesign SampleCell.
- **Форматы программных студий звукозаписи.** Во многих виртуальных программных студиях звукозаписи предусмотрены возможности использования мультисэмплов, архивных патчей и другой пользовательской информации. Наибольшее распространение, что очевидно, получила студия Propellerhead Reason, которая с самого начала поддерживала формат ReFill. В Web вы найдете широкий выбор библиотек, как бесплатных так и коммерческих, в которые включены мультисэмплы для штатных сэмплеров студии Propellerhead Reason. Компания *TrackTeam Audio* (`www.trackteamaudio.com`) реализовала эту концепцию для студии Ableton Live, создав специальный инсталлятор для ее сэмплов. В LiveFills включены мультисэмплы (они записаны на прилагаемом к книге DVD). Вам также будут попадаться библиотеки сэмплов, разработанные специально для приложения Apple GarageBand, объединяющие в своем составе инструменты воспроизведения сэмплов и библиотеки аудиообразцов звуков (loop) (поскольку GarageBand базируется на сэмплере EXS|24, который входит в состав Apple Logic Pro, некоторые из них работают также и в Apple Logic Pro).

Сетевые ресурсы образцов звуков

Разработкой и продажей цифровых образцов звуков занимается несколько ведущих компаний. В их числе — *Big Fish Audio* (`www.bigfishaudio.com`), *East West Sounds* (`www.east-westsamples.com` или `www.soundsonline.com`), *Zero-G* (`www.zero-g.com`), *PowerFX* (`www.powerfx.com`) и *S4/Advanced Media Group* (`www.samples4.com`).

Европейский Web-сайт Samplepoolz (`www.samplepoolz.com`) посвящен исключительно публикации последних новостей и обзоров из мира цифрового звука. Здесь вы найдете ссылки на загружаемые ресурсы и другую информацию по этой теме.

Бесплатные и коммерческие библиотеки сэмплов в формате ReFills для студии Reason имеются на Web-сайте Propellerhead Software и сайтах сообществ, например, ReasonStation (`www.reasonstation.net`)

На Web-сайте Analogue Samples (`www.analoguesam-ples.com`) собрана обширная библиотека бесплатно загружаемых сэмплов старых аналоговых устройств. Если вас куда больше интересует звучание пианино, чем синтезаторов Buchla и Moog, сэмплы профессионального уровня для пианино вы найдете на Web-сайте Post Musical Instruments (`www.postpiano.com`).

Создание установок для сэмплеров

Первые механические "сэмплеры" реагировали на нажатие той или иной клавиши, воспроизводя звук соответствующей ноты, записанный на магнитную ленту, которая была склеена в кольцо. При нажатии клавиши включался механизм воспроизведения и звук, записанный на ленте, циклически повторялся (loop). Современные цифровые сэмплеры куда совершеннее, но основополагающий принцип остается по-прежнему неизменным: сэмплер должен создать иллюзию звучания инструмента, используя для этого всего лишь механизм воспроизведения записи звука. В результате настройка проигрывателя сэмплов неизбежно включает в себя следующие вопросы: как настроить тоны сэмплов по раскладке клавиатуры, когда инициировать воспроизведение каждого сэмпла звука, как замкнуть сэмпл в кольцо (loop) так, чтобы обеспечить непрерывное воспроизведение звучания ноты до тех пор, пока клавиша нажата?

Раскладка клавиатуры

Характер звучания большинства акустических инструментов заметно отличается на разных участках их тонального диапазона. Для достижения максимальной реалистичности звучания можно создать отдельные сэмплы для всех нот клавиатуры, но в большинстве случаев это нецелесообразно. С практической точки зрения такой вариант почти нереален: хотя результат будет очень реалистическим, для этого потребуется гигантский объем памяти да и необходимости в этом нет. Вместо этого разработчики нашли способы "растяжения" сэмплов по нескольким нотам.

В простейшем случае тоны всех нот клавиатуры получаются путем "растяжения" всего одного сэмпла. Для разработчика инструмента самый простой способ изменения тона сэмпла — воспроизводить его с большей или меньшей скоростью в зависимости от того, на какую ноту его необходимо настроить. (Как уже говорилось в предыдущих главах, реальный процесс коррекции тона отличается от того, как это делается в магнитофоне или проигрывателе грампластинок. В данном случае осуществляется цифровая интерполяция сигнала, но на слух результат получается аналогичным.) Такой тип сэмплера удобен и пригоден для реализации ряда спецэффектов, хотя и не подходит для создания на основе технологии воспроизведения сэмплов реалистической имитации звучания акустических инструментов.

Альтернативой изменению скорости воспроизведения сэмпла является изменение высоты его тона при сохранении длительности звучания. Таким способом можно, например, сделать так, чтобы в раскладке ритма ударной установки по клавиатуре тональность звука ударных инструментов менялась, а длительность — нет. Для улучшения качества звучания сэмплов после такой обработки в сэмплерах используются различные алгоритмы, но все равно факт остается фактом: растяжение для звука бесследно не проходит, как мы уже видели в предыдущих главах. Хотя использование определенных алгоритмов интерполяции позволяет минимизировать искажения звука, сдвиг спектра вверх или вниз по шкале частот неизбежно приводит к заметному изменению тембра звука. Кроме того, одного сэмпла недостаточно для того, чтобы аккуратно копировать характер изменения тембра инструментов в их тональном диапазоне (например, толстые басовые струны пианино по тембру звучания отчетливо отличаются от тонких струн его верхнего регистра). Как правило, единственные патчи, в которых для раскладки звуков инструмента по всей клавиатуре достаточно единственного сэмпла, — это патчи ударных инструментов.

Что касается других инструментов, то в большинстве патчей синтезаторов — проигрывателей сэмплов используются мультисэмплы: в них включается набор звуков инструмента разных тонов и эти сэмплы назначаются определенным группам клавиш, в результате чего сдвиг любого из них по высоте тона не превышает всего нескольких полутонов (**рис. 9.12**). Группа тонов, которую покрывает сэмпл, называется *зоной* (zone).

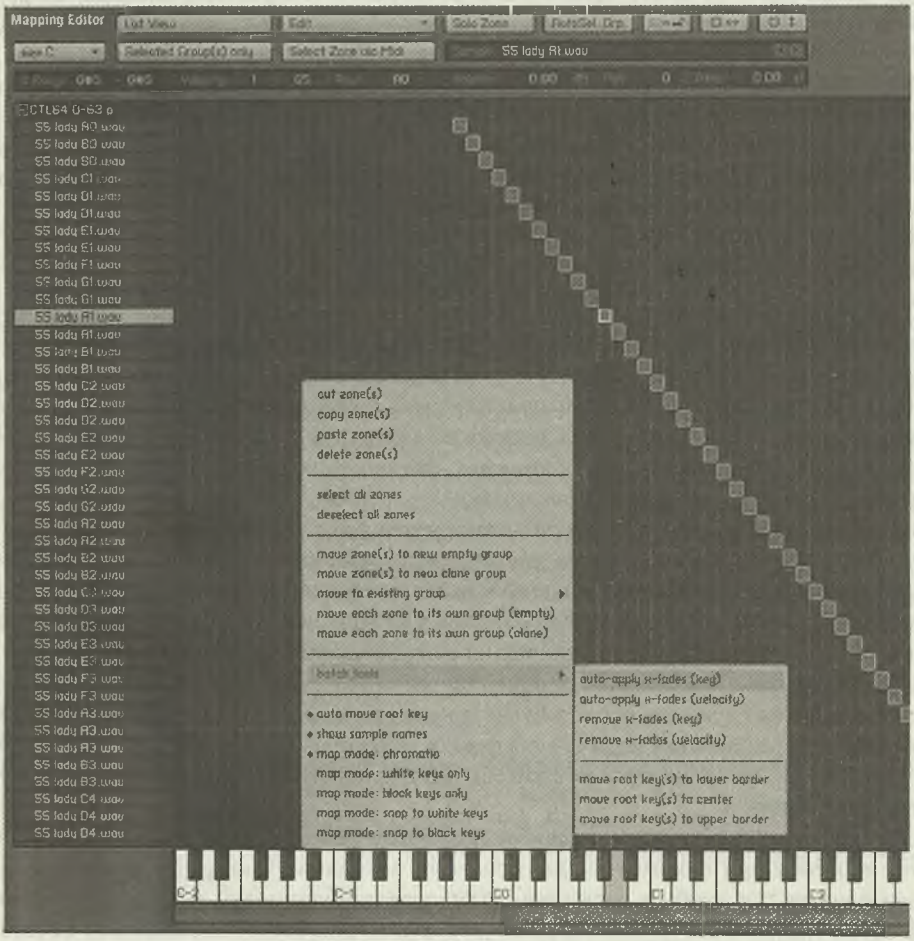


Рис. 9.12. *Пример типичного редактора раскладки клавиатуры, открытого в приложении Native Instruments Kontakt. Хотя в данном фортепианном мультисэмпле и нет отдельных сэмплов для каждой ноты, их число близко к тому: отдельный сэмпл покрывает всего две-три ноты*

Человеческий слух крайне чувствителен к изменению тембра и высоты тона, поэтому разработчику библиотеки звуков приходится идти на разные ухищрения, чтобы стереть разницу в звучании на границах зон; если этого не сделать, то переключение сэмплера из одной зоны в другую будет неизбежно распознаваться на слух.

Количество сэмплов в конкретном мультисэмпле зависит от конкретных условий решаемой задачи и возможностей аппаратуры. Например, во многих библиотеках фор-

тепианных сэмплов имеется выбор одного и того же мультисэмпла разных размеров. В патче версии "XXL" каждой клавише может быть назначен отдельный сэмпл (а чаще даже набор сэмплов). В патче версии "lite" могут быть собраны другие сэмплы, покрывающие сразу несколько клавиш; такой патч больше подходит для ансамбля инструментов, когда приходится заботиться об экономном расходовании памяти. Сверхбольшой (super-sized) патч, для которого сняты все ограничители, — это гигабайты оцифрованных звуков. Такой патч лучше всего подходит для сольных исполнений, когда у компьютера никаких других задач нет.

Раскладка клавиатуры для набора ударных инструментов

От инструментальных патчей требуется максимальное согласование звучания сэмплов по раскладке клавиатуры. В случае набора ударных инструментов, однако, нужно как раз обратное: у каждой ноты должен быть свой особый звук, потому что вы будете собирать "набор", назначая разные звуки разным MIDI-клавишам (**рис. 9.13**).

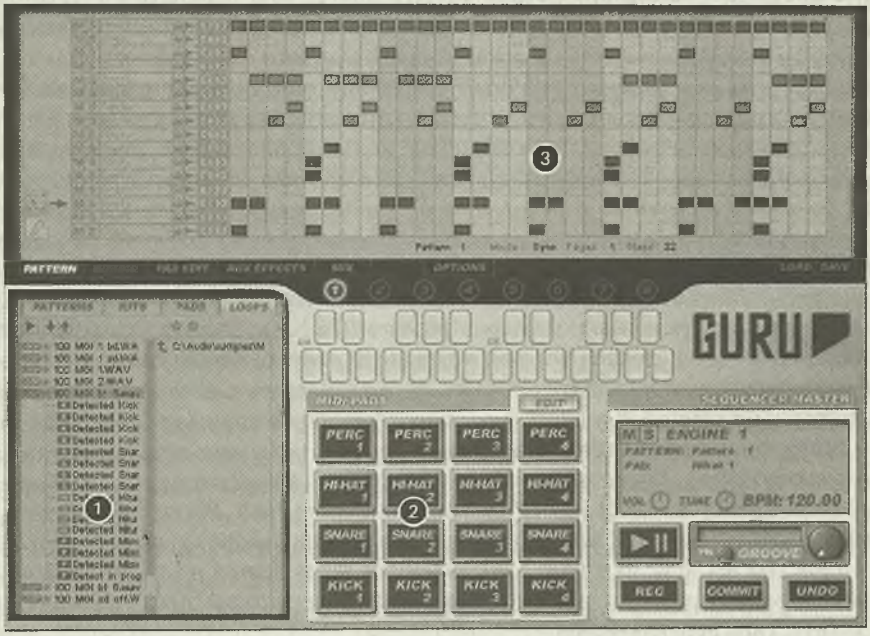


Рис. 9.13. *Вместо "растяжения" похожих сэмплов по клавиатуре в барабанных сэмплерах, таких как Guru компании* Fxpansion, *разным нотам назначаются звуки разных ударных инструментов (1). Затем можно вызывать эти сэмплы, используя MIDI-технологию: с помощью клавиатуры, набора электронных ударных инструментов или барабанных подушек, выполненных в стиле MPC (2). В некоторых сэмплерах, например в Guru, предусмотрен дополнительный секвенсер MIDI-образцов (3), с помощью которого можно создавать ритмические трафареты*

На элементарном уровне раскладка набора ударных инструментов по клавиатуре сводится к заданию диапазона нот, в котором всем клавишам назначаются звуки разных ударных инструментов (тамтам, большой барабан, малый барабан и т.д.). Вот где специ-

фикация General MIDI (GM) оказывается весьма кстати: поскольку раскладка звуков ударных инструментов по клавиатуре унифицирована, при выборе нового набора ударных инструментов отпадает необходимость в редактировании дорожки секвенсера, да и исполнителям не нужно всякий раз переучиваться. Именно по этой причине во многих патчах наборов ударных инструментов раскладка по клавиатуре делается по стандарту GM, даже в том случае, если они не входят в группу унифицированных в спецификации GM звуков (более подробно о стандарте General MIDI читайте в главе 8).

При реалистической имитации звучания педальных тарелок (hi-hat — хай-хэт) возникает новая проблема. Настоящие хай-хэты (сдвоенные тарелки, на которых можно играть барабанными палочками и педалью) могут быть в одном из двух положений — или раздвинуты, или прижаты друг к другу. Для имитации достаточно образцов звучания этого инструмента в этих двух положениях, но стоит присвоить эти сэмплы соседним MIDI-клавишам — и появляется возможность одновременно играть на раздвинутых и на прижатых друг к другу тарелках, чего на реальном инструменте сделать невозможно. В раздвинутом положении тарелка будет звенеть после удара по ней, но, как только вы отпустите педаль и тарелки прижмутся другу к другу, звон прекратится. Возможность одновременно того и другого означает, что, после того как вы прижимаете литавры друг к другу, они продолжают звенеть (подсказка: физически это невозможно).

Группируя сэмплы, можно приблизить звучание виртуальных педальных тарелок к реальному. Сгруппируйте звук раздвинутых и прижатых друг к другу тарелок так, чтобы при воспроизведении звука прижатых тарелок воспроизведение звука раздвинутых тарелок блокировалось. Такая функция, предусмотренная во многих проигрывателях сэмплов, называется "группы с подавлением" (mute groups), "группы с блокировкой" (choke groups) или "группы педальных тарелок" (hi-hat groups). В случае использования готовых патчей простых наборов ударных инструментов пользователю чаще всего не нужно предпринимать каких-то специальных мер для того, чтобы обеспечить реалистическое звучание виртуальных педальных тарелок (hi-hat), потому что разработчиком библиотеки звуков уже сделано все необходимое для этого. Чтобы создать собственные наборы инструментов, понадобится создать группу и задать для нее опции полифонии или блокирования (mute). Конечно, музыканты-ударники понимают, что даже этот вариант — всего лишь примитивная имитация звучания реальных педальных тарелок, на которых можно играть множеством разных способов, и в каждом случае звучание будет особым. Вот почему в таких инструментах, например, как Battery компании *Native Instruments*, насчитывается 72, а не 8 "окошек" для звуков набора барабанных инструментов. Достоинство технологии групп с подавлением заключается в том, что она пригодна не только для моделирования таких состояний, как "открыто-закрыто", но и для любого, какого хотите, типа переключения.

Исходя из специфичности этой задачи, для тех, кому приходится постоянно заниматься такой кропотливой работой как раскладка клавиатуры для наборов ударных инструментов, прекрасным подспорьем будет специализированный сэмплер ударных инструментов. Современные сэмплеры — примерами могут служить Kontakt, MOTU Machfive и Steinberg HALion, — как правило, оснащены всеми необходимыми инструментами, а в таких программных инструментах, как Battery компании *Native Instruments*, GURU компании *FXpansion*, LmPlug RMiy, и в аппаратных устройства типа Akai MPC-2000 этих возможностей еще больше, да к тому же есть и тщательно продуманный, удобный интерфейс.

Конечно "набор ударных инструментов" (drum kit) вовсе не означает, что это должны быть именно ударные инструменты. Нотами в таком "наборе" может быть все что угодно:

специальные звуки для звукового оформления спектакля, образцы оцифрованных звуков голоса для песни в стиле хип-хоп, различные ритмические сегменты, нарезанные из дорожки ударных инструментов для внесения разнообразия в ритм, или любая иная комбинация отличных друг от друга звуков.

Циклически повторяемые аудиообразцы (loop) и стартовые точки

Звук барабанов, ударных инструментов, щипковых инструментов типа гитары и арфы, а также пианино начинается с резкой, ударной атаки и затем постепенно затихает. Например, ущипните гитарную струну, и ее звук, появившись скачком, постепенно затихнет. Продлить этот звук можно, только снова ущипнув струну. Имитировать звучание таких инструментов, используя технологию воспроизведения сэмплов, несложно: при нажатии клавиши возникает звук, но, если вы отпустите клавишу до того, как воспроизводимый звук затихнет, сэмплер просто прервет его воспроизведение.

Специальные инструменты синтеза звучания ударных инструментов, использующие технологию воспроизведения сэмплов

Ударные инструменты уникальны в том смысле, что все ноты отличаются неповторимостью звучания. В специализированных ритм-машинах обычно предусмотрены средства индивидуального контроля каждого звука — независимая настройка, фильтрация и эффекты. Во многих случаях в их состав включают также секвенсеры MIDI-образцов (pattern sequencer) для компоновки ритмических трафаретов.

Раскладка звуков ударных инструментов по стандарту GM. Информация о раскладках основных наборов ударных инструментов по стандарту GM публикуется на Web-сайте `www.midi-hits.com/GM_Drums.html`.

Звучание смычковых струнных инструментов, медных и деревянных духовых инструментов, звук которых может поддерживаться на стабильном уровне, не затухая, представляет собой проблему. Нам нужно, чтобы нота не прекращала звучать до тех пор, пока клавиша нажата, будь то всего несколько секунд или целые минуты. Поскольку иметь сэмпл каждого звука длиной минут десять нереально, нужно найти способ заставить сэмпл звучать столько, сколько может звучать самая длинная нота в исполнении.

Выход заключается в циклическом повторении сэмпла — по окончании воспроизведения записи звука проигрыватель возвращается к ее началу и продолжает воспроизводить звук. Но циклически повторять нужно не весь сэмпл от начала до конца, потому что в этом случае вместо непрерывного звука мы будем слышать повторы атаки и затухания звука. Чтобы избежать этого, в сэмплерах предусмотрена функция, которая дает возможность отметить участок сэмпла (обычно это участок где-то в середине или конце сэмпла) и циклически повторять (loop) именно его. Таким образом, обеспечивается возможность создания звука, начинающегося с отчетливо слышимой атаки, за которой следует фаза "участок незатухающего звучания" (steady-state sustain) (**рис. 9.14**). Профессиональные разработчики образцов звуков используют специальные инструменты для сглаживания границы между соседними циклами. (Для этого используется технология cross-fade — начало нового цикла накладывается на конец предыдущего, при этом уро-

вень громкости в конце предыдущего цикла плавно снижается и одновременно громкость в начале следующего цикла плавно повышается. Вообще-то, добиться "незаметности" границы при циклическом воспроизведении звука весьма непросто — наш слух очень легко выделяет ритмические повторы, возникающие при циклическом повторении звука, точно так же, как наше зрение легко выделяет узоры на обоях.) Типичными настройками, предусмотренными в проигрывателях сэмплов, являются следующие.

- **Начальная и конечная точки (start/end point).** Позволяют задать общую длину сэмпла от атаки до затухания. Эти настройки полезны не только для создания циклов; с их же помощью можно варьировать аудиообразцы и ритмические трафареты и использовать их для спецэффектов.

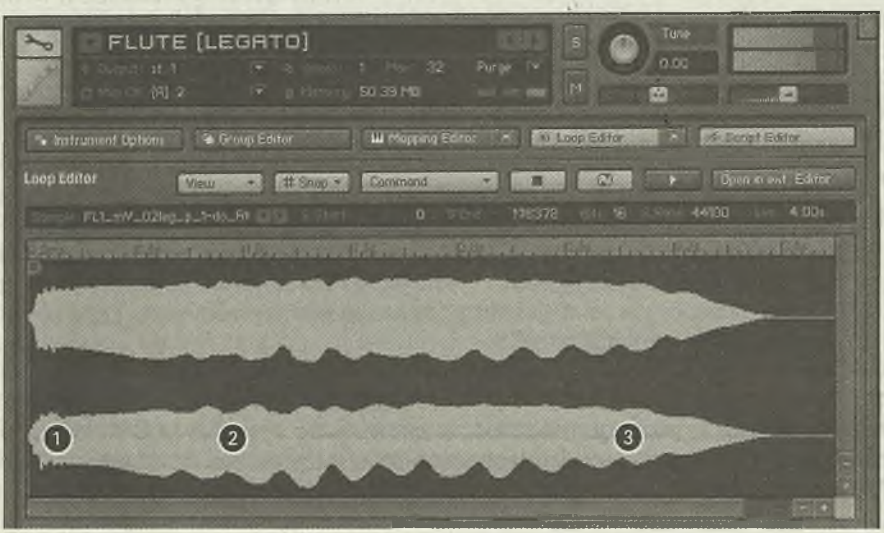


Рис. 9.14. *Звук инструмента, для которого характерно продолжительное звучание в установившемся режиме, начинается с фазы атаки (attack) (1), за которой следует фаза незатухающего звучания (sustain) (2) и затем — фаза затухания (decay) (3). Задав режим циклического повторения участка установившегося звука в сэмплере, можно создать сэмпл, который будет звучать неограниченно долго (в качестве примера показан редактор Loop Editor из приложения Kontakt)*

- **Положение циклически повторяемого участка (loop location).** Эта настройка дает возможность задать участок (участки) аудиообразца, который должен циклически воспроизводиться при нажатой клавише ноты. Сэмплер, воспроизводя звук, дойдет до конца циклически повторяемого участка и затем начнет непрерывно его повторять, поэтому нужно выбирать участок в средней части сэмпла (для того чтобы циклически повторяемый участок звучал правильно, обычно требуется тонкая коррекция).
- **Настройки режима циклического повторения (loop method).** Предусмотрены в ряде сэмплеров; позволяют задать параметры режима циклического повторения — неограниченное повторение цикла или определенное число циклов и направление, в котором осуществляется воспроизведение циклически повторяемого участка. Вариант циклического повторения "прямой и обратный" (back-

and-forth), когда в каждом новом цикле меняется направление воспроизведения циклически повторяемого участка звука, обеспечивает более ровное звучание, чем в случае циклического повторения участка звука все время в одном направлении.

- **Кроссфединг в цикле (loop cross-fade).** Эта настройка обеспечивает сглаживание границы между циклами за счет того, что начало нового цикла накладывается на конец предыдущего. При этом уровень громкости в конце предыдущего цикла плавно снижается и одновременно громкость в начале следующего цикла плавно повышается. Для стирания стыка циклов также требуется тонкая настройка, хотя эту настройку можно отключить, чтобы создать определенный спецэффект звучания.

Технология воспроизведения сэмплов, позволяющая учитывать технику исполнения: параметр `velocity`

При разной экспрессии исполнения на акустическом инструменте звук становится не просто громче или тише, как при повороте регулятора громкости; при этом изменяется его тембр. Как правило, при более резком ударе по клавише не только возрастает громкость звука, но и в его спектре появляется больше обертонов — звук становится выразительнее. Кроме того, существуют разные приемы игры на инструменте: это может быть, например, cello pizzicato, когда исполнитель дергает струны, а не ведет по ним смычком. Всякий раз, когда необходимо добавить инструменту новые варианты тембра, которых невозможно добиться с помощью фильтрации, модуляции и процессоров эффектов, приходится добавлять еще один файл аудиозаписи и средства управления им по MIDI-интерфейсу.

Самой распространенной технологией является так называемая перекрестная коммутация по скорости нажатия клавиши (velocity cross-switching). Когда используется эта технология, сэмплер выбирает для воспроизведения разные сэмплы в зависимости от значения параметра `velocity`, указанного в MIDI-сообщении нажатой клавиши ноты. Например, можно записать сэмпл ноты инструмента, исполняемой mezzo-forte (средняя громкость), и затем — той же ноты, но исполняемой fortissimo (очень громко), чтобы зафиксировать различие в тембре звучания ноты между этими двумя вариантами исполнения. Назначим записанные сэмплы разным диапазонам значения параметра `velocity`, и сэмпл `fortissimo` будет воспроизводиться только при более резком ударе по клавише. Программирование механизма перекрестной коммутации по скорости нажатия клавиши (velocity cross-switching) — это еще более творческая задача, чем раскладка мультисэмплов по клавиатуре, потому что реалистичность звучания инструмента в высшей степени зависит от того, как в нем учитывается техника исполнения на инструменте.

Перекрестная коммутация по скорости нажатия клавиши (velocity cross-switching) — хотя и наиболее распространенный, но не единственный способ коммутации сэмплов одной и той же ноты. В некоторых сэмплерах используются другие способы, например управление выбором сэмплов с помощью колеса модуляции, ножной педали или даже посредством назначения неиспользуемых MIDI-клавиш клавиатуры на роль переключателей; об этом читайте в разделе “Библиотеки оркестровых сэмплов”.

Библиотеки оркестровых сэмплов

Реалистически звучащий оркестр, созданный с помощью технологии воспроизведения сэмплов, — это самый желанный и в то же время самый сложный вариант инструмента на базе инструментальных сэмплов. Понятно, почему самый желанный, ведь исполнение вашего сочинения заказным оркестром

обойдется недешево. Но имитировать оркестровое исполнение с помощью технологии воспроизведения сэмплов очень сложно по нескольким причинам: необходимо охватить широкий состав инструментов, правильно имитировать сочетание звучания сольных инструментов с ансамблевым звучанием и отразить в звучании разные техники исполнения.

Ансамбли и соло. Существуют два подхода к трактовке различия между ансамблевым и сольным инструментами. Один из них состоит в отдельной записи образцов звука сольных инструментов и ансамбля и в последующем независимом использовании полученных сэмплов для воспроизведения звучания сольных инструментов в сопровождении ансамбля. Другой, реже используемый, вариант заключается в отдельной записи сэмплов всех инструментов и создании ансамблевого звучания путем, аналогичным тому, который имеет место в реальном оркестре, т.е. создание звучания ансамбля путем комбинации сольных звучаний его инструментов. Последняя технология с точки зрения необходимых вычислительных ресурсов процессора и объема памяти является более трудоемкой, но обеспечивает более широкие возможности создания оркестрового звука и лучше справляется с такими задачами, как звучание струнного оркестра и т.п. (такая технология реализована, например, в библиотеке оркестровых сэмплов Garritan Personal Orchestra, `www.garritan.com`, **рис. 9.15**). Теми, кто специализируется на создании оркестровых MIDI-партитур, используется гибридная технология, которая заключается в смешивании сэмплов ансамблевого звучания с сэмплами сольных инструментов.

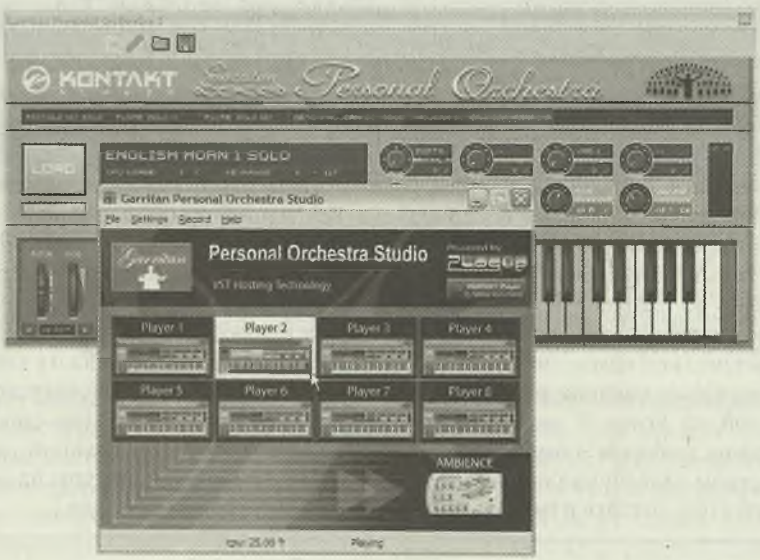


Рис. 9.15. *В библиотеках оркестровых сэмплов (и других библиотеках звуков больших ансамблей, например хоровых) реализуются разные подходы к созданию иллюзии ансамблевого звучания. Например, в библиотеке Garritan Personal Orchestra вы можете объединять отдельных исполнителей в группы*

Гамма инструментов. Сложность и исключительный объем оркестровых библиотек — это то, что невозможно обойти. Содержание реальных оркестров обходится очень дорого; аналогично виртуальные оркестры с точки зрения необходимых вычислительных ресурсов и объема оперативной памяти — удовольствие далеко не из дешевых. Оркестровым библиотекам с превосходным качеством звучания требуются гигабайты пространства на жестком диске и в оперативной памяти. Но, с другой стороны, инсталлировав оркестровую библиотеку, вы получаете в свое распоряжение сэмплы не только ансамблевых, но и сольных инструментов.

Управление, позволяющее имитировать различные техники исполнения. Технология перекрестной коммутации по параметру `velocity` — это только начало. Разнообразие техник исполнения в оркестре инструментов настолько велико, в особенности это касается струнных инструментов, что для управления ими возможностей MIDI-клавиатуры оказывается уже недостаточно. Пассажи legato звучат иначе, чем пассажи stacatto, техника pizzicato (щипки струн) дает иной звук, чем техника arco (игра смычком). Что уж говорить о таких эффектах, как sul ponticello (игры смычком возле порожка), игра на трубе с сурдиной и другие приемы. И что еще хуже для тех, кто предпочитает использовать клавишные MIDI-инструменты, громкость звучания оркестровых инструментов даже на протяжении исполнения одной ноты легко изменяется по желанию исполнителя. На пианино такое исполнение невозможно.

Программирование оркестровых библиотек осуществляется таким образом, чтобы можно было воспроизводить множество разных техник исполнения. Для этого используются следующие органы управления.

- **Регуляторы, обеспечивающие непрерывную регулировку.** Назначив регулятору громкости виртуального инструмента MIDI-сообщение типа `control change`, например `CC1`, отсылаемое колесом модуляции, мы получаем возможность плавного регулирования этого параметра для лучшей реалистичности исполнения.
- **Коммутация с помощью педали.** В оркестрах не используются такие регуляторы, как педаль удержания звука (sustain pedal), поэтому их можно использовать для коммутации сэмплов, например вызова сэмпла legato.
- **Коммутация с помощью клавиш.** Для перехода от одной техники исполнения к другой во многих библиотеках в качестве органов коммутации используются незадействованные в исполнении MIDI-клавиши. Например, можно использовать самую нижнюю клавишу клавиатуры для включения/выключения техники pizzicato.

Интеграция с нотными программами. Поскольку одним из наиболее распространенных вариантов использования оркестровых библиотек является демонстрационное исполнение оркестровых сочинений, многие сочинители хотели бы использовать оркестровые библиотеки в своих нотных программах. К сожалению, особенности структуры оркестровых библиотек сэмплов таковы, что это не гарантирует полной совместимости оркестровых библиотек с имеющимися в нотных программах инструментами автоматического воспроизведения нотных записей. Чтобы добиться правильного воспроизведения

нотных сочинений, придется, возможно, в поте лица поработать. Исходя из этого, последние версии нотных программ Sibelius (www.sibelius.com) и Finale (www.finalemusic.com) существенно доработаны с целью улучшения интеграции с оркестровыми библиотеками. Для дополнительных консультаций обращайтесь на Web-сайты разработчиков библиотек сэмплов, например Garritan, где собрано множество руководств, шаблонов сценариев и советов пользователей. Научиться уверенно работать с оркестровыми библиотеками без серьезной учебы невозможно — это задача не из тех, которые можно решить на скорую руку, методом проб и ошибок.

Полный отказ от сэмплов. Традиционный вариант использования сэмплов — это не единственный вариант создания оркестрового звучания. Например, в программе Synful Orchestra (www.synful.com) для создания иллюзии звучания акустических инструментов используется технология аддитивного синтеза в комбинации с сэмплами, скомпонованными из целых музыкальных фраз. Используемая в этой программе технология Reconstructive Phrase Modeling (восстановление музыкальных фраз путем моделирования), разработанная компанией *Synful*, — это и не технология синтеза, и не технология воспроизведения сэмплов, а некий гибрид, подтверждающий, что разработчики не прекращают попыток создания новых технологий виртуальных оркестров.

Как и в классической технологии, базирующейся на воспроизведении сэмплов, для имитации виртуального оркестра приходится использовать дополнительные органы управления, чтобы компенсировать недостаточность клавиатуры для оркестрового исполнения. В программе Synful для этого используются педаль громкости (CC 11) и колеса амплитудной и частотной (pitch bend) модуляции.

Виртуальная оркестровка. Хотя мы охватили основные вопросы разработки оркестровых сэмплов, мы пропускаем более общие вопросы. Добиться звучания виртуального оркестра, неотличимого от звучания реального оркестра, — это искусство. Что уж говорить об искусстве оркестровки (лучше спросить об этом Равеля и Бетховена). Многие пользователи полагают, что достаточно инсталлировать библиотеку оркестровых сэмплов (а это дело несложное — plug-and-play), чтобы тут же получить прекрасные результаты, особенно если работаешь в нотной программе, но это по-прежнему далеко не так.

Пакеты нотного ПО, подготовленные к интеграции с библиотеками оркестровых сэмплов, несомненно, обеспечат упрощенную имитацию, но при необходимости "отделки" пробного образца воспроизведения путем редактирования MIDI-сообщений может потребоваться дополнительное обучение, чтобы усовершенствовать навыки MIDI-оркестровки. Этой теме посвящена книга Пола Гилрета (Paul Gilreath) *The Guide to MIDI Orchestration* (Musicworks, Atlanta, 2004, www.musicworks-atlanta.com), одним из издателей которой, а также ее научным редактором является Джим Айкин (Jim Aikin). Могут оказаться полезными также книги по общей теории оркестровки таких авторов, как Кент Кеннан (Kent Kennan), Сэмюэль Адлер (Samuel Adler), Уолтер Пистон (Walter Piston), Николай Римский-Корсаков и др.

Потоковая передача данных из оперативной памяти и с жесткого диска

С каждым новым шагом в разработке реалистического и выразительного исполнения на базе технологии воспроизведения сэмплов число сэмплов растет. Это принципиальный недостаток технологии синтеза звука, базирующейся на воспроизведении сэмплов: что бы вы ни собирались делать, вам почти наверняка понадобится для этого предварительно записанный образец звука. Для воспроизведения всех этих аудиофайлов требуются дополнительные компьютерные ресурсы: современные центральные процессоры справляются с такой нагрузкой, поэтому узким местом оказывается объем памяти, необходимой для хранения сэмплов. Допустим, для хранения библиотеки сэмплов на жестком диске места достаточно, но нам необходимо не просто хранить их, а воспроизводить. Предпочтительным вариантом является загрузка сэмплов в оперативную память, время доступа к которой ощутимо меньше, чем время доступа к жесткому диску. С целью сокращения необходимого объема оперативной памяти во многих сэмплерах используется технология потокового считывания данных с жесткого диска. Но даже при использовании этой технологии необходимый объем оперативной памяти остается весьма значительным (для достижения оптимальной скорости работы он должен составлять, как правило, не менее 512 Мбайт). Таким образом, главное достоинство потоковой передачи данных заключается в том, что она дает возможность увеличивать длину сэмплов практически неограниченно. Необходимо также удостовериться в том, что используемый сэмплер отключает неиспользуемые партии для экономии памяти, и удалить из редактируемого патча установок те сэмплы, которые заведомо не нужны в проекте, над которым вы работаете.

Фильтры, модуляция и эффекты

Выразительность исполнения инструментов, базирующихся на технологии воспроизведения сэмплов, можно усилить и без загрузки дополнительных сэмплов путем отшлифовывания аудиосигнала прямо с выхода генератора. Как будет показано в следующем разделе, у синтезаторов, базирующихся на технологии воспроизведения сэмплов, в этом смысле много общего с аналоговыми виртуальными инструментами. Теоретические возможности обработки аудиосигнала с выхода генератора — коррекция спектра звука с помощью дополнительных фильтров, использование процессоров огибающей для "профилирования" амплитуды и других параметров во времени, модулирование внешним НЧ-сигналом (LFO) и использование эффектов, реализуемых в режиме реального времени. Все эти средства пригодны для инструментов, имитируемых сэмплерами, равно как и те, которые используются в других технологиях синтеза звука. В действительности при сопоставлении виртуального аналогового инструмента с синтезатором — проигрывателем сэмплов (как и синтезатором любого другого типа) во многих случаях по оснащению средствами фильтрации, модуляции и эффектов между ними не будет практически никакой разницы.

Эффекты должны стать неотъемлемой частью вашего набора инструментов. Выбор эффектов, используемых в сэмплерах, весьма широк: от таких прозаических эффектов, как phaser ("фэйзер" — "эффект фазовой модуляции"), distortion ("дистошн" — "искажения"), saturation (имитация насыщения магнитной ленты) и EQ (эквалайзер), до экзотических — surround panner (инструменты панорамирования, создающие эффект объемного звучания) и convolution (свертка). Описания ряда таких эффектов приведены в главе 7.

Практика: базовые приемы работы с сэмплами в Ableton Live

Односэмпловый синтезатор — проигрыватель сэмплов Simpler и восьмисэмпловый сэмплер ритмов ударных инструментов Impulse, которые входят в состав приложения Ableton Live, — это одни из простейших по своим возможностям сэмплеров. Вот немалый перечень того, чего они не могут делать: программа Simpler не может обрабатывать одновременно больше одного сэмпла, а в программе Impulse пользователь лишен возможности объединять сэмплы в группы с подавлением (hi-hat group) и хранить больше восьми звуков одновременно. Их главная особенность — обе эти программы являются типичными секвенсерами, поэтому идеально подходят для нашей цели — научиться работать с сэмплерами.

Вы можете просто перетаскивать клипы мышью в окно программы Simpler из окон Session View и File Browser программы Ableton Live, что в сочетании с инструментами оперативной цифровой записи, предусмотренными в окне Session View, дает возможность быстро переносить сэмплы в инструмент — проигрыватель сэмплов (а это идея). Программа Simpler не способна воспроизводить мультисэмплы, но в качестве инструмента для сценического исполнения и импровизации она удобна тем, что отпадает необходимость в кропотливой возне с зонами сэмплов.

1. **Загружаем сэмпл в Simpler.** Открываем Simpler. Для этого выбираем пустую MIDI-дорожку, затем выбираем Devices⇨Instruments⇨Simpler. Активизируем вход MIDI-данных, щелкнув мышью на кнопке Arm Session Recording этой дорожки. Затем перетаскиваем мышью файл — подойдет любой — из окна File Browser или Session View в окошко в верхней части панели Simpler, обозначенное надписью Drop Sample Here (положи сэмпл сюда) **(рис. 9.16)**.

Рис. 9.16. *Овладев сэмплером, вы получаете в свое распоряжение еще один инструмент, работающий в режиме реального времени, для микширования звука в студийных импровизациях и сценических выступлениях. В приложении Ableton Adding вы можете мышью перетащить в Simpler любой аудиофайл*

2. **Пробуем играть на инструменте.** В зависимости от того, какую клавишу на MIDI-клавиатуре (или в строке ASDF компьютерной (QWERTY) клавиатуры, если вы используете для игры ее) вы нажмете, Ableton Live автоматически транспонирует — изменит — высоту тона звука, записанного в клипе, повысив или понизив соответственно скорость его воспроизведения. (Отметим, что некоторые сэмплеры изменяют только высоту тона, не изменяя скорость воспроизведения сэмпла.) Мы еще не включили режим циклического повторения (loop), поэтому при нажатии клавиши начинается воспроизведение клипа от начала до конца, если мы не отпускаем клавишу, или до момента отпускания клавиши, в зависимости от того, какое из этих событий произойдет первым.
3. **Выбираем необходимый участок клипа.** В ряде случаев нужно, чтобы воспроизводился не весь клип, а только его определенный участок, например несколько первых барабанных ударов из аудиообразца барабанного ритма (loop). В программе Simpler вы можете задавать, какой участок клипа должен воспроизводиться при нажатии клавиши ноты и какой участок клипа должен циклически повторяться. Для того чтобы задать участок воспроизведения клипа, используется регулятор Start (с его помощью мы задаем начало участка, с которого начнется воспроизведение клипа при нажатии клавиши) и регулятор Length (с его помощью мы задаем длину воспроизводимого участка клипа, по окончании которого, в зависимости от настройки, звук прекратится или продолжится за счет циклического повторения). Если вам трудно рассмотреть форму аудиосигнала, увеличьте или уменьшите изображение с помощью кнопок с символами “плюс” и “минус”.
4. **Задаем режим циклического (loop) повторения.** Стоит активизировать кнопку loop, и Ableton Live начнет циклически повторять клип; клип будет проигрываться от начала до конца, раз за разом, до тех пор, пока нажата клавиша. В данном случае циклически повторяется участок клипа, заданный регуляторами Start и Length. Если нужно задать циклическое повторение только определенного сегмента этого участка, так, чтобы при нажатии клавиши Simpler начал воспроизведение с точки, заданной регулятором Start, а дойдя до точки, заданной регулятором Length, перешел в режим циклического воспроизведения определенного сегмента, задайте этот сегмент с помощью регулятора Loop. Удобнее всего выполнять эту настройку в процессе воспроизведения клипа, поэтому, не отпуская клавишу, плавно поворачивайте регулятор Loop. При этом вы увидите, как синхронно с изменением настройки Loop по изображению воспроизводимого аудиосигнала справа налево перемещается черная линия, показывающая границу активного сегмента клипа, выделенного более светлым оттенком зеленого цвета. Это циклически повторяемый сегмент клипа. Другими словами, если установить для регулятора Loop значение 50% и нажать клавишу, Simpler воспроизведет клип от точки, заданной регулятором Start, до точки, заданной регулятором Length, а затем начнет циклическое повторение сегмента, начиная с середины этого участка, т.е. будет циклически повторять вторую половину участка клипа до тех пор, пока вы не отпустите клавишу (**рис. 9.17**).
5. **Задаем настройки сглаживания границ циклов.** Для барабанного ритма настройки циклического воспроизведения вполне достаточно, но при воспроизведении непрерывного звука необходимо сгладить границу между циклами, чтобы она стала незаметной на слух. Поворачивая регулятор Fade, вы увидите две наклонные линии по краям циклически повторяемого сегмента, которые изменяют угол наклона синхронно с вращением регулятора Fade. Эти линии показывают границу участка перекрытия циклов, на котором действует механизм кроссфединга.

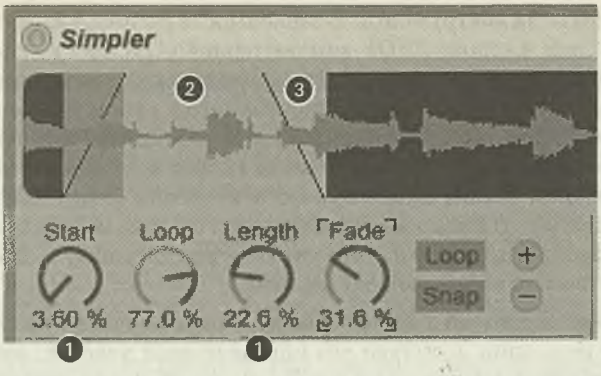


Рис. 9.17. *На примере одного сэмпла можно наглядно показать принцип работы механизма циклического (loop) воспроизведения. На этом рисунке выделенная область внутри черной полосы — это участок клипа, заданный настройками Start и Length, который воспроизводит Simpler (1). Более яркий сегмент этого участка — это циклически повторяемый сегмент (2), заданный настройкой Loop. Диагональные линии (3) показывают участок перекрытия циклов, на котором включается механизм кроссфединга, обеспечивающий сглаживание границ*

6. **Тренируемся на других примерах.** Теперь, когда вы приобрели первые навыки, потренируйте в программе Simpler на других звуках. С помощью настроек Start, Loop и Length вы можете "нарезать" из ритмических трафаретов ударных инструментов ритмические сегменты и компоновать новые ритмы. (С помощью имеющейся в Ableton Live функции обучения MIDI назначьте эти звуки MIDI-регуляторам, и ваша клавиатура превратится в виртуальную ударную установку. Вот вам прекрасный инструмент для импровизаций во время выступлений.) Программа Simpler лучше всего подходит для роли ударной установки, но это вовсе не значит, что другие звуки ей не по силам: попробуйте поработать в ней с мелодичными инструментальными сэмплами, однотональными звуками для быстрого создания сэмплов "на лету" и даже с клипами вокала и речи.

Практика: настройка набора ударных инструментов в программе Impulse

Программу Impulse, как и Simpler, можно использовать для манипуляции клипами в исполнении, создав виртуальный набор из любых звуков и ритмических сегментов по своему выбору. Их даже можно перетаскивать "на лету" в исполняемую композицию или импровизацию.

1. **Загружаем набор.** Выбираем новую MIDI-дорожку, затем выбираем Devices⇨Instruments⇨Impulse. Используя меню установок, загружаем в качестве исходного набора Studio Montreal.

2. **Редактируем отдельные ячейки звуков.** В программе Impulse, как и в программе Simpler, имеются окошки, в которые вы можете перетаскивать клипы, но в данном случае их восемь, а не одно. Каждое из них предназначено для отдельного удара барабана или других образцов звука, которые назначаются разным MIDI-клавишам. Данный сэмплер ударных инструментов, в отличие от стандартного сэмплера, исполняет разные звуки, а не транспонирует один и тот же звук по клавишам клавиатуры. Щелкните мышью на любом из окошек набора Studio Montreal, и в нижней части окна появятся регуляторы. У каждого окошка имеется отдельный набор настроек — фильтрации, панорамирования, громкости и т.п. (**рис. 9.18**). С помощью регулятора Stretch можно растягивать во времени любой из клипов.

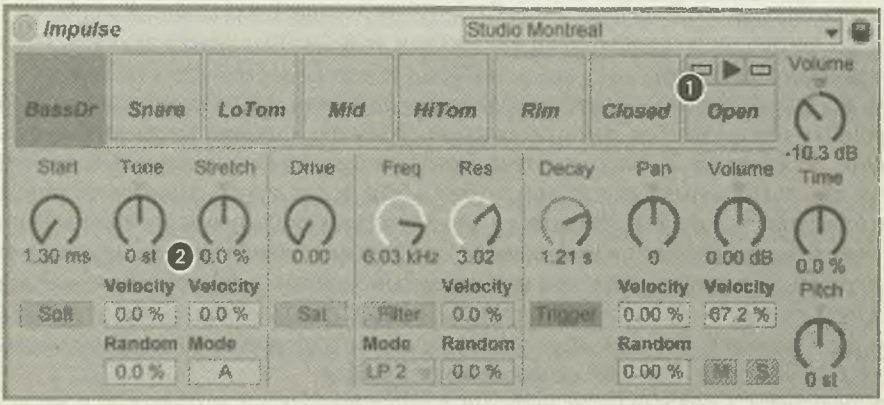


Рис. 9.18. *Сэмплер Impulse — это зеркальная копия сэмплера Simpler: это не стандартный сэмплер, а сэмплер ударных инструментов. Вместо одного сэмпла, транспонируемого по клавишам клавиатуры, в нем используется восемь разных звуков, назначаемых отдельным MIDI-клавишам. Щелкните на любом из окошек (1), и перед вами — отдельный набор инструментов редактирования сэмпла, занесенного в это окошко (2)*

3. **Пробуем играть на педальных тарелках.** В сэмплере Impulse отсутствует функция объединения сэмплов в группу, как в более совершенных сэмплерах ударных инструментов, но в нем предусмотрено отдельное, восьмое, окошко специально для сэмпла раздвинутых педальных тарелок (open hi-hat). Щелкните на надписи Open — и в левом нижнем углу появится кнопка Link. Если вы издадите звук раздвинутых тарелок (клавиша <K> на компьютерной (QWERTY) клавиатуре) и сразу же за ним — звук прижатых друг к другу тарелок (клавиша <J> на компьютерной (QWERTY) клавиатуре), команда звука прижатых друг к другу тарелок немедленно заблокирует звук раздвинутых тарелок, как в настоящем хай-хэте. И если вам нравится виртуозный ритмический пассаж на педальных тарелках из композиции Донована (Donovan) "Mellow Yellow", попробуйте воспроизвести его с помощью клавиш <J> и <K>.

Учебники по работе с синтезаторами — проигрывателями сэмплов. Дополнительная информация о работе с синтезаторами — проигрывателями сэмплов и примеры использования этой технологии в музыкальных компози-

циях и исполнениях хранятся на DVD в папке SampleTank FREE. В ней вы найдете учебные материалы по синтезу звучания басовых инструментов и гитар, а также по использованию в этой технологии барабанных подушек и эффектов.

Составные элементы технологий синтеза звука: виртуальные аналоговые инструменты

Звучание и возможности первых инструментов на базе аналоговых синтезаторов определялись возможностями электроники, которая лежала в их основе. Как это ни удивительно, но в мире цифровой музыки аналоговая технология синтеза звука до сих пор не утратила своего значения.

Это, конечно, связано с востребованностью звучания, характерного для аналоговых электронных инструментов, которое оказало огромное влияние на развитие музыки за последние десятилетия. Аналоговые технологии синтеза крайне необходимы для создания этих уже ставших привычными звуков, но они важны и для других задач синтеза звука.

Сигналы простой формы, фильтры и модуляторы, используемые в технологии аналогового синтеза, являются превосходными составными элементами технологии синтеза звука в целом. Как детали в детском строительным конструкторе, имеющие, как правило, несложную форму — кубики и цилиндры, — аналоговые синтезаторы предоставляют в наше распоряжение сигналы простой формы (синусоидальные и прямоугольные), из которых можно создавать более сложные конструкции.

Как результат в современных цифровых синтезаторах вы встретитесь с теми же самыми элементами, принципами и интерфейсами, которые характерны для старинных аналоговых синтезаторов. В инструментах, в которых вместо сигналов простой формы — синусоидальных, пилообразных и прямоугольных — используются в качестве исходных сигналов цифровые аудиосигналы, вы будете использовать огибающие, фильтры и модуляцию так же, как в аналоговых синтезаторах. Большинство инструментов имеет общую структуру, показанную на **рис. 9.19**.

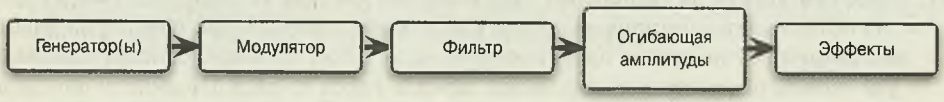


Рис. 9.19. *Виртуальные аналоговые инструменты по структурной схеме идентичны подавляющему большинству синтезаторов, в том числе цифровых. Несмотря на то что вместо аналоговых генераторов используются другие источники сигнала технологии синтеза, основные инструменты обработки звука — модуляторы, фильтры и эффекты — остаются во многом аналогичными*

Изучение теории синтеза звука, не подкрепленное практикой, — это бесплодное занятие, поскольку нам в конечном итоге интереснее всего научиться создавать нужные звуки. Исходя из этих соображений материал, излагаемый на следующих страницах, мы будем демонстрировать на примере приложения Reaktor SoundSchool Analog компании *Native Instruments*, записанного на прилагаемом к книге DVD. (Читайте раздел “Практика: SoundSchool Analog”.)

Сигналы простой формы и тембры

Можно ли имитировать звук аналогового синтезатора

Виртуальные аналоговые синтезаторы копируют панели управления, методики работы и звучание своих аналоговых предшественников. Но за этой знакомой внешностью скрываются цифровые алгоритмы, реализующие функции аналоговых цепей, поэтому по своей сути они не являются аналоговыми. Пионер синтеза звука Роберт Муг (Robert Moog) заявил, что даже те виртуальные аналоговые инструменты, которые получили его официальное одобрение, не могут сравниться по своему звучанию с его чисто аналоговой аппаратурой. Предоставляем вам самим судить об этом. Слушайте и сравнивайте, но заранее предупреждаем, что, хотя описываемые далее методики аналогичны, по сути, тем, что используются в работе с реальной аналоговой аппаратурой, "сердцем" виртуальных аналоговых инструментов являются цифровые технологии синтеза звука.

Сигналы простой формы и гармонические составляющие спектра звука рассматривались в главе 1, а теперь пришло время использовать эти теоретические основы в музыкальной практике.

Аналоговая схемотехника позволяет простыми средствами генерировать сигналы элементарной формы. Примером может служить простейшая цепь, периодически размыкаемая и замыкаемая. Представьте себе, что вы периодически включаете и выключаете свет обычным выключателем. В результате генерируется периодическая последовательность импульсов прямоугольной формы — *прямоугольный сигнал* (название отражает то, как этот сигнал выглядит на экране осциллографа).

Сигналы разной формы, генерируемые электронными схемами, можно преобразовать в звук или использовать для модуляции (изменения формы) других сигналов. Генерируемые сигналы в зависимости от формы имеют разный спектр и создают звуки разного тембра. Для выбора сигнала необходимой формы практически в любом синтезаторе имеется специальный переключатель (в старых аналоговых синтезаторах он, как правило, представлял собой группу кнопок, как на телефоне, для выбора сигнала определенной формы; в виртуальном инструменте он входит в состав настроек и часто выполняется в виде раскрывающегося меню).

Как уже говорилось в главе 1, все реальные инструменты создают звуки, энергия которых распределена по спектру частот. Звуковое колебание определенной частоты называется частотной составляющей. Термины "гармоника" и "обертон" имеют близкие значения, но частота гармоники всегда кратна основной частоте, соответствующей тону звука, воспринимаемому на слух. Например, гармониками звука частотой 100 Гц являются колебания частотой 200 Гц, 300 Гц и т.д.

Относительные интенсивности спектральных составляющих определяют тональную окраску звука — тембр. Аудиосигналы различной формы имеют разный состав гармоник, начиная с синусоидального сигнала, который представляет собой тон основной частоты без каких-либо обертонов, до пилообразного сигнала, который содержит все обертоны (хотя чем выше номер гармоники, тем ниже ее амплитуда). Белый шум (многие генераторы создают и такой сигнал, хотя в некоторых синтезаторах для этого используется отдельный генератор шума) содержит не только все гармонические составляющие, но и составляющие всевозможных частот — теоретически белый шум имеет неограниченно широкий спектр.

В сигнале шума энергия равномерно распределена по всем частотам. Сигналы такого типа можно комбинировать с любыми другими сигналами или фильтровать, изменяя их спектр и, соответственно, тембр звучания. Начнем с того, что посмотрим (и послушаем) сигналы элементарной формы, чаще всего используемые в аналоговом синтезе.

Практика: SoundSchool Analog

Программа Reaktor SoundSchool Analog компании *Native Instruments* — это пользовательский инструмент, встроенный в приложение Reaktor. Он разработан для учебных целей и предназначен для демонстрации технологии аналогового синтеза. Это не просто учебный инструмент — на нем можно с удовольствием играть. Но его компоновка и функции идеально подходят для наших целей, потому что они вполне типичны и он имеет достаточно большое сходство со многими инструментами, с которыми вам доведется иметь дело. Наиболее важной особенностью этого инструмента, вероятно, является интегрированный в него осциллограф, работающий в режиме реального времени. Благодаря этому вы можете не только прослушивать, но и просматривать создаваемые звуки.

Версия SoundSchool, записанная на DVD, представляет собой автономное приложение, а не подключаемый модуль, поэтому после инсталляции в соответствии с инструкциями, записанными на DVD, остается только загрузить его. Программа автоматически настраивает конфигурацию в соответствии со стандартными настройками аудио- и MIDI-интерфейса ОС Mac или Windows, но, если вы считаете необходимым изменить настройки аудио- или MIDI-интерфейса, выберите System⇨Audio+MIDI Settings.

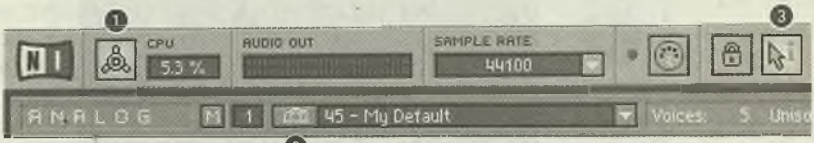
Для работы в программе SoundSchool MIDI-клавиатура необязательна — можно использовать компьютерную (QWERTY) клавиатуру. Белые клавиши каждой октавы пианино назначены клавишам компьютерной клавиатуры построчно начиная с клавиши <Q> (верхняя октава) и клавиши <Z> (нижняя октава). Черные клавиши пианино расписаны по клавишам компьютерной клавиатуры в строках, находящихся над указанными строками. Таким образом, чтобы сыграть хроматическую гамму от “до” до “соль”, нужно нажать клавиши <Q>, <2>, <W>, <3>, <E>, <R>, <5>, <T>. Потренируйтесь: загрузите SoundSchool и понажимайте “нотные клавиши” на компьютерной клавиатуре. Конечно, на настоящей MIDI-клавиатуре или другом MIDI-контроллере играть куда легче, но для программирования звуков вполне достаточно и компьютерной клавиатуры.

Прежде чем приступать к работе, посмотрите на **рис. 9.20** и **9.21**, чтобы получить первое представление об интерфейсе SoundSchool. Наши первые упражнения мы начнем с генераторов (выделенных золотистым цветом на панели программы) и осциллографа (обозначенного словом “Scope”) в нижнем правом углу окна программы. Микшер, фильтры и модулятор выделены в этом окне синим цветом.

1. Органы управления генератором, которые мы будем использовать для получения аналоговых сигналов элементарной формы.
2. Осциллограф, показывающий развертку сигнала во времени. Сыграйте ноту — и вы увидите на его экране увеличенное изображение формы звука этой ноты. С помощью регулятора масштаба по горизонтали можно выбрать режим, удобный для просмотра, хотя, как правило, для этих примеров стандартная настройка вполне подходит. Чтобы сохранить на экране изображение сигнала и не держать клавишу постоянно нажатой, нажмите кнопку Freeze.
3. Панель инструментов (см. рис. 9.21).

Рис. 9.20. *Интерфейс программы SoundSchool*

Полное описание программы SoundSchool приведено в документации, записанной на прилагаемом к книге DVD.



1. Кнопка **Audio on/off**. Эта кнопка должна быть нажата (должна светиться). Если она не нажата, программа SoundSchool не издаст ни звука (ту же самую функцию выполняют команды **System⇨Run Audio** и **System⇨Stop**).
2. **Snapshots**. Выберите настройки звука (которые в компании *Native Instruments* называют snapshots). Щелкните мышью на пиктограмме фотоаппарата, и в левой части экрана откроется панель опций сохранения, упорядочения и рандомизации настроек "снимков". (Поскольку "preset" (предустановка) — это намного более привычный термин, чем "snapshot", чтобы не запутывать сути дела мы будем в данной главе использовать термин "установка".)
3. Инструмент **Hints** (подсказка). Щелкните на этой кнопке, чтобы открыть пояснения назначения регуляторов и настроек на панели SoundSchool interface. Эти пояснения рассчитаны на тех, кто знаком с технологией синтеза звука; как только вы немного освоитесь с терминологией, общепринятой в этой области, они будут полезны для вас.

Рис. 9.21. *Панель инструментов программы SoundSchool*

Практика: слушаем и наблюдаем сигналы элементарной формы

Вам вряд ли когда-нибудь понадобится использовать в инструментальном патче чистые сигналы элементарной формы, но полезно послушать, как они звучат. Для этого в SoundSchool откройте в верхней части экрана меню установок и, выбирая установки, слушайте и наблюдайте на экране осциллографа сигналы разной формы. Нажмите клавишу на MIDI-клавиатуре или на компьютерной клавиатуре. Нажимая клавиши разных нот, вслушайтесь в их звучание и наблюдайте форму сигнала на экране осциллографа. Вы заметите на изображении некоторых сигналов "шероховатости". Эти сигналы несколько изменены с целью устранения высокочастотных гармоник во избежание связанных с ними искажений в цифровой системе.

Синусоидальное колебание

Синусоидальный сигнал (**рис. 9.22**) — это сигнал самой простой формы, чистый тон, лишенный обертонов. Поэтому звуковой сигнал такой формы лишен тембра. Поскольку мы привыкли слышать звук, спектр которого состоит из колебаний разных частот, синусоидальное колебание на слух воспринимается как невыразительный, лишенный индивидуальности звук. Такие сигналы используются, как правило, в качестве тестовых тонов при калибровке аудиоаппаратуры и программных инструментов. Некоторые акустические инструменты создают звук, близкий к чистому тону. Примерами могут служить металлофон, флейта, звучащая без вибрато, и ряд других инструментов, создающих чистые тоны.

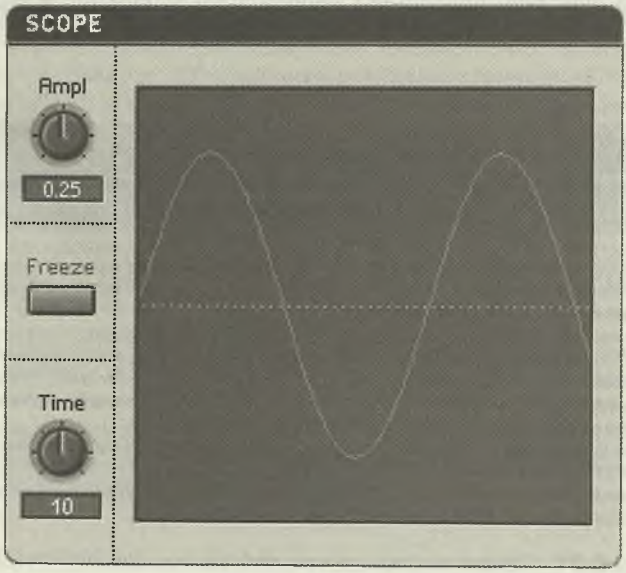


Рис. 9.22. *Синусоидальное колебание — это чистый тон, который звучит очень невыразительно*

Синусоидальное колебание

Гармоники. Отсутствуют.

На что похож звук. Чистый тон, похожий на звук флейты, звучащей без вибрато и звука выдоха; такой тон мы слышим при воспроизведении тестовых акустических сигналов.

Назначение. Путем комбинирования с тональными звуками других частот (или сигналами другой формы) можно синтезировать сложные тоны.

Познакомьтесь с этим звуком на практике. Выберите в меню установок приложения SoundSchool установку 28 — Basic Sine.

Синусоидальные колебания окружают нас повсюду

Чистое синусоидальное колебание звучит не очень впечатляюще, но путем комбинирования синусоидальных колебаний можно моделировать любой реальный звук. Обратимся к аналогии с волнами, создаваемыми на глади воды брошенными камешками. Бросим в воду один камешек — и по поверхности воды кругами разбегутся регулярные волны. Но если бросить горсть камешков, то вызванные ими волны будут накладываться друг на друга, создавая сложную картину колебаний. Каждый камешек создает волну простой, синусоидальной формы. Но при наложении этих простых волн друг на друга возникает эффект нерегулярных, бурных волн.

Теория этого эффекта не нова. Гениальный французский математик и физик Жан Батист Жозеф Фурье (Jean Baptiste Joseph Fourier) создал ее в 1800 году. Фурье предположил, что любая сложная периодическая функция (описывающая любое физическое явление или математическое построение, а не только звук) может быть разложена на гармонические составляющие. (Фурье был очень заметной фигурой в жизни Франции; он не только занимался, причем очень успешно, математикой и физикой, но также принимал участие в военных кампаниях Наполеона, управлял восточным Египтом и разработал теорию планетарного парникового эффекта.)

Если любой звук можно разложить на гармонические составляющие, то теоретически, путем комбинирования синусоидальных колебаний также можно создать любой звук (читайте раздел "Методы ЧМ-синтеза и аддитивного синтеза звука" в данной главе). Этот метод синтеза получил название Фурье-синтеза в честь создателя этой математической теории Жана Батиста Фурье.

Разложение звукового сигнала на гармонические составляющие и обратное преобразование лежат в основе многих технологий цифровой обработки звука, используемых в музыкальных программах. В главе 7 мы рассказывали о методе БПФ (Fast Fourier Transforms — быстрое преобразование Фурье).

Синусоидальные сигналы в чистом виде используются очень редко, но сложные комбинации синусоидальных колебаний лежат в основе синтеза звука. Примерами могут служить методы аддитивного и ЧМ-синтеза, в которых синусоидальные сигналы используются для синтеза сложных звуков.

Треугольное колебание

Треугольное колебание (**рис. 9.23**) похоже на синусоидальное, но имеет негладкую форму. В результате в спектре этого колебания появляются гармонические составляющие (высшие гармоники), совпадающие по частоте с гармониками в спектре прямоугольного колебания такой же основной частоты, но меньшей амплитуды.

Треугольное колебание

Гармоники. Нечетные гармоники; очень слабые высшие гармоники.

На что похож звук. Незначительно отличающийся от чистого тона звук со слабо выраженным тембром, но более приятный на слух.

Назначение. Используется для синтеза звуков басовых и ведущих партий в комбинации с другими колебаниями.

Познакомьтесь с этим звуком на практике. Выберите в меню установок приложения SoundSchool установку 29 — Basic Tri.

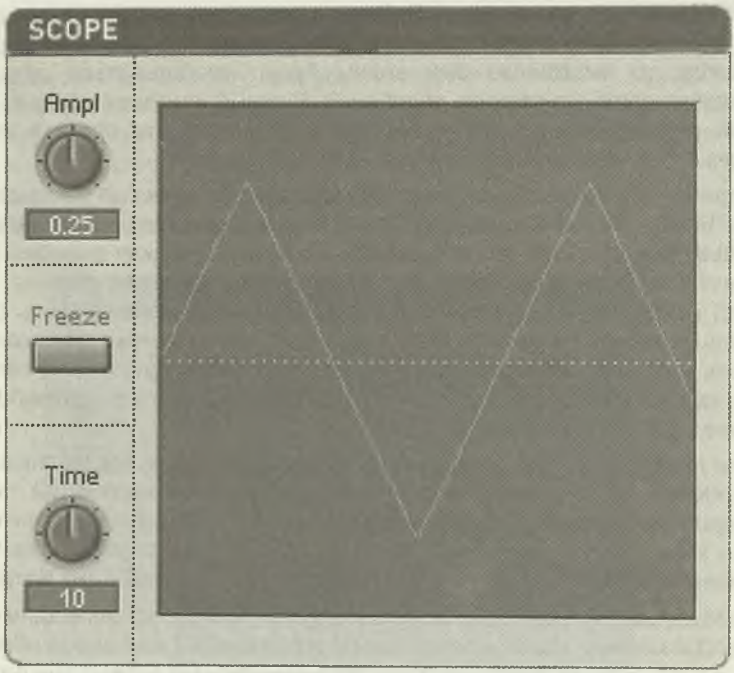


Рис. 9.23. *Треугольное колебание отличается мягким, сочным звучанием со слабо выраженным тембром*

Пилообразное колебание

Пилообразное колебание

Гармоники. Широкий спектр гармоник; с последовательным снижением уровня высших гармоник.

На что похож звук. Сочный, пронзительный звук; классический басовый звук аналогового синтезатора.

Назначение. Сочный и пронзительный одновременно звук пилообразного колебания используется как заготовка, из которой путем фильтрации получают звук менее выраженного тембра.

Познакомьтесь с этим звуком на практике. Выберите в меню установок приложения SoundSchool установку 27 — Basic saw.

Пилообразные колебания (**рис. 9.24**) не только своей формой напоминают пилу. Они и звучат резко, напоминая визг пилы, поскольку в спектре этого колебания масса гармоник. Достаточно широкий спектр позволяет использовать их для формирования басового звука. Колебания этого типа составляют основу классического субтрактивного синтеза, само название которого указывает на то, что из звука-заготовки путем фильтрации удаляется все лишнее. Звук синусоидального колебания многие находят похожим на звук трубы: послушайте, как звучит пилообразное колебание высокого тона, и дайте волю своему воображению.

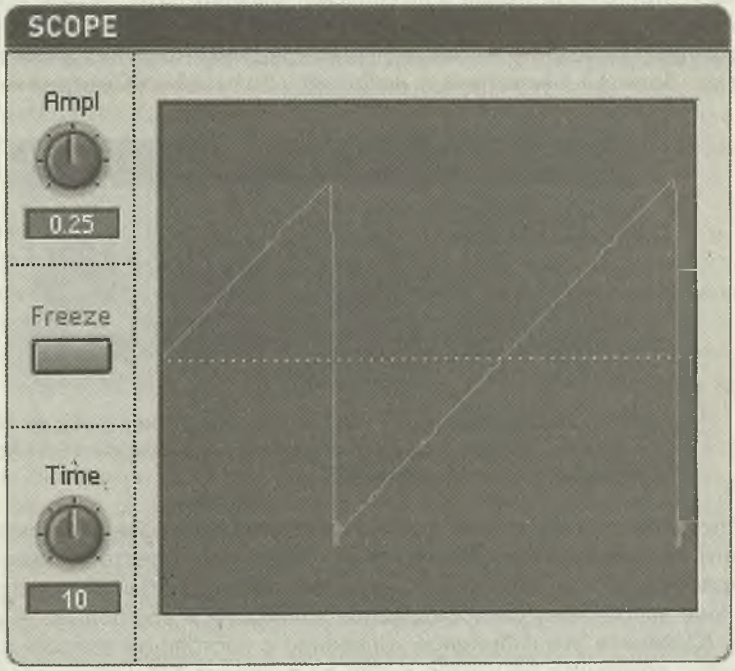


Рис. 9.24. *Пилообразное колебание (обратите внимание на слегка скругленные верхушки зубцов; у идеального пилообразного колебания они острые, но на практике это часто нежелательно)*

Практика: превращаем синусоидальное колебание в пилообразное, изменяя параметр Symm

В программе SoundSchool не предусмотрен отдельный переключатель для выбора треугольного или пилообразного колебания — он осуществляется путем изменения настроек генератора. Для этого используется регулятор симметрии пилообразного колебания (под названием Symm). Как следует из названия, эта настройка изменяет форму колебания. В результате изменяется и характер звука: чем больше асимметрия формы колебания, тем шире его спектральный состав.

Превращаем синусоидальное колебание в подобие пилообразного колебания. Попробуем настройку симметрии в действии. Начнем с синусоидального колебания; загрузим установку 28. Переключимся с генератора Oscillator 2 на Oscillator 1, для этого повернем в зоне Mix регулятор Osc 2 до 0, а регулятор Osc 1 до 1. Оба генератора генерируют синусоидальную волну, но в этом эксперименте нам понадобится настройка симметрии в генераторе Oscillator 1. Для получения чисто синусоидального колебания регулятор Symm должен стоять на 0. Нажав и не отпуская клавишу ноты, плавно поворачиваем мышью регулятор Symm, как показано на **рис. 9.25** (маркировка этой настройки неудачная: повышение значения параметра симметрии на самом деле приводит не к большей симметрии, а, напротив, к большей асимметрии колебания).

Рис. 9.25. *Изменение настройки симметрии сигнала генератора в режиме Tri/Saw приводит к плавному превращению синусоидального колебания в пилообразное*

Наблюдайте за изменением формы колебания на экране осциллографа и слушайте, как изменяется характер звука. Чем больше растет асимметрия синусоидальной волны, тем шире становится спектр колебания, и оно по звуку все меньше напоминает синусоидальное колебание и все больше — пилообразное. (Сравните это гибридное колебание с настоящим пилообразным колебанием: поверните регулятор Symm до значения 1.0 и вслушайтесь в звучание получившегося колебания. Теперь выберите установку пилообразного колебания 27 и сыграйте ту же самую ноту. Звуки нельзя назвать идеально одинаковыми, но они очень похожи.)

Треугольное и пилообразное колебание — это "одного поля ягоды". Теперь вы понимаете, почему в генераторе Oscillator 1 используется совмещенный переключатель под названием Tri/Saw. Загрузите установку 29 (треуголь-

ное колебание). Регулятор Symm, опять-таки, стоит в стандартном, заданном по умолчанию, положении — 0. Нажмите клавишу ноты и, не отпуская ее, увеличивайте значение параметра симметрии, поворачивая регулятор Symm, и вы увидите и услышите, как треугольное колебание плавно превращается в пилообразное.

Варианты использования. Возможность изменения симметрии колебания решает две серьезные проблемы синтеза. Во-первых, это позволяет вносить небольшие изменения в тембр основных колебаний, как вы уже слышали. Во-вторых, поскольку во многих синтезаторах предусмотрена регулировка параметра симметрии в режиме реального времени, это дает возможность в процессе исполнения изменять форму колебания (эту возможность можно реализовать и в программе SoundSchool, назначив для управления настройкой симметрии один из MIDI-контроллеров).

Прямоугольное колебание

Прямоугольное колебание

Гармоники. Нечетные гармоники; уровень высших гармоник остается достаточно высоким (как у пилообразного колебания), а не снижается резко, как у треугольного колебания.

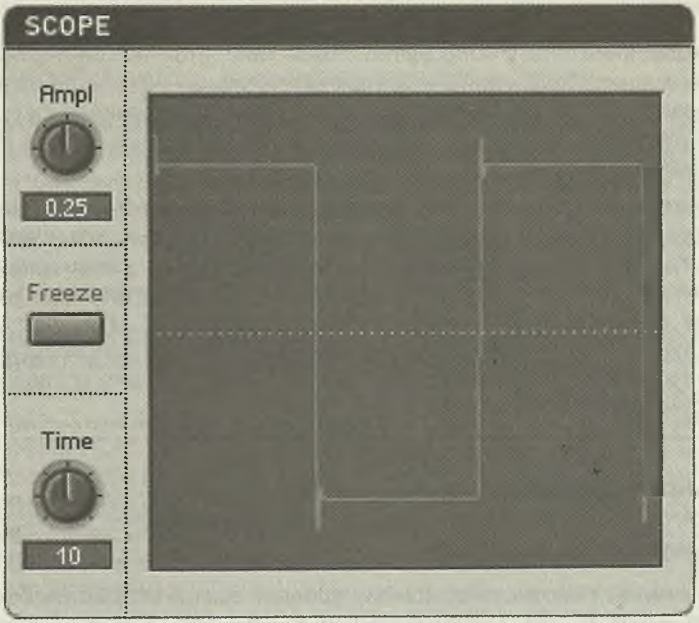
На что похож звук. Сочный, но не звенящий, глуховатый; очень похож на звук кларнета, исполняемый без вибрато.

Назначение. Используется для басовых и ведущих партий в комбинации с другими колебаниями.

Познакомьтесь с этим звуком на практике. Выберите в меню установок приложения SoundSchool установку 26 — Basic Square.

Высшие гармоники в спектре прямоугольного колебания (**рис. 9.26**) имеют относительно высокий уровень аналогично спектру пилообразного колебания. Но в отличие от пилообразного колебания в спектре прямоугольного колебания имеются только нечетные гармоники, создающие сочный, но не звенящий звук. В нем отсутствуют четные гармоники, придающие резкость звуку пилообразного колебания. При выборе основной частоты в пределах средних частот звукового диапазона звук прямоугольного колебания становится явно похожим на звук кларнета, исполняемый без вибрато.

Установка 26 в программе SoundSchool соответствует меандру — классическому, симметричному варианту прямоугольного колебания, у которого верхняя и нижняя полуволны совершенно идентичны. Если считать верхнюю "прямоугольную" полуволну этого колебания импульсом, то длительность импульса в этом случае равна интервалу между импульсами. В SoundSchool, как во многих аналоговых синтезаторах, предусмотрена возможность изменения ширины импульса. Нажмите клавишу и, не отпуская ее, поворачивайте регулятор Symm, увеличивая значение параметра симметрии. Импульс будет при этом плавно сужаться и звук прямоугольного колебания будет становиться все тоньше. (При уменьшении длительности импульса звук прямоугольного колебания становится похожим на звук клавинета Hohner Clavinet, электронного музыкального инструмента, ставшего популярным благодаря Стиви Вандеру (Stevie Wonder).) При сужении



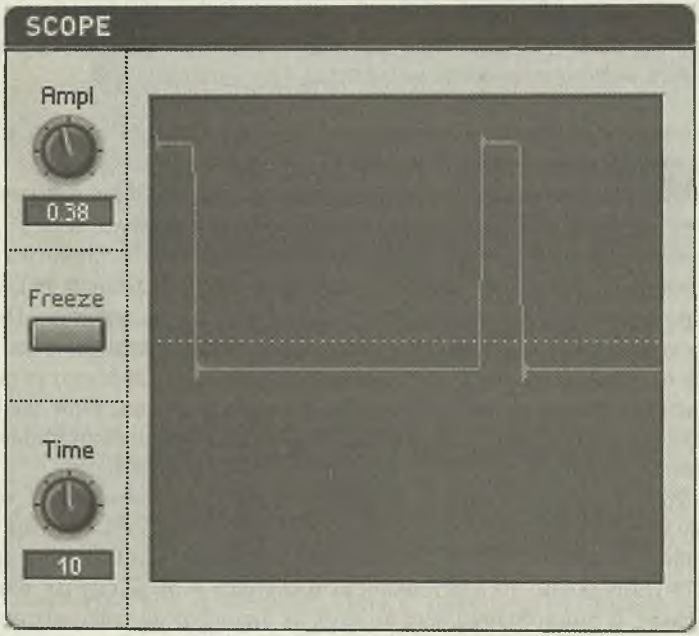


Рис. 9.26. *Классический вариант прямоугольного колебания — меандр (слева); при сужении (сокращении длительности) импульса (справа) происходит изменение спектра прямоугольного колебания и, соответственно, тембра звука (энергия гармоники основной частоты уменьшается, перераспределяясь между высшими гармониками)*

импульса происходит снижение энергии гармоники основной частоты, которая перераспределяется между высшими гармониками. В спектре прямоугольного колебания, состоящего из коротких импульсов, когда интервал между импульсами значительно превышает длительность импульсов, имеются все гармоники, и четные, и нечетные, а не только нечетные, как в случае классического прямоугольного колебания — меандра.

В программе SoundSchool параметр, характеризующий ширину импульса, обозначен названием "symmetry", но в большинстве синтезаторов используется другая терминология — "pulse width" (ширина импульса) или "duty cycle" (коэффициент заполнения). В одних синтезаторах предусмотрена непрерывная регулировка этого параметра, а в других — только возможность выбора одного из нескольких заданных значений. Далее в этой главе мы будем иметь дело с этим параметром при изучении способа модуляции, получившего соответствующее название — широтно-импульсная модуляция.

Импульсное колебание в сравнении с прямоугольным колебанием

Любое прямоугольное колебание является импульсным, но не наоборот — импульсное колебание не обязательно является прямоугольным. При сужении импульса меандр превращается в колебание, которое называется уже не прямоугольным, а импульсным. Импульсное колебание с узкими (т.е. короткими) импульсами имеет спектр, отличный от спектра меандра.

Гармоники. Все (а не только нечетные).

Гармоника основной частоты. Энергия меньше, по сравнению с гармоникой основной частоты в спектре меандра.

Высшие гармоники. Энергия больше, чем в спектре меандра.

Огибающие

Клавиатура, по сути, — это всего лишь ряды клавиш, точнее — клавиш, оснащенных датчиками скорости нажатия-отпускания, и ее функция по большому счету сводится к включению и выключению звука нот. Простой электронный звуковой сигнализатор, например, в микроволновой печи работает аналогичным образом: он включается — и вы слышите звук, он выключается — и звук прекращается. Разница лишь в том, что звуки инструментов, ласкающие слух, куда сложнее.

Возьмем, например, акустическое пианино: клавиши в нем действуют аналогично клавишам клавиатуры. Нажимаем клавишу — и молоточек бьет по струне. Отпускаем клавишу — и демпфер гасит вибрации струны, а, соответственно, исчезает и звук. Клавиатура огромного концертного рояля Steinway, как ни крути, — это всего лишь заурядный набор выключателей, но звук у этого рояля выдающийся! Резкая, мощная атака при нажатии клавиши, сдвиг спектра звука после удара по клавише; плавное угасание звучания струны, пока клавиша нажата; и после отпускания клавиши фетровый демпфер ложится на струну, мягко гася ее вибрации.

Короче говоря, звук, создаваемый акустическими инструментами, изменяется во времени. В технологии синтеза звука необходим инструмент придания поведению звука во времени более сложного характера, а не просто "внезапно возник и так же внезапно оборвался". В инструментах синтеза звука, от первых аналоговых синтезаторов и до новейших программных синтезаторов, для моделирования характера изменения звука во времени в электронных инструментах используется технология огибающей (envelope).

Что такое огибающая

Огибающая (**рис. 9.27**) — это линия, описывающая изменение такого параметра звука, как громкость, во времени. В синтезаторах для создания огибающих используются специальные генераторы огибающих — специальные модули, вырабатывающие управляющие сигналы, которые используются для изменения громкости звука. Генератор огибающей не создает звукового сигнала, он просто управляет чем-то еще. Представьте себе, что вы дирижируете виолончелистом — вы делаете движение рукой вверх, чтобы он играл громче, а когда хотите, чтобы виолончелист играл тише, делаете движение рукой вниз. Рука дирижера — это эквивалент управляющего сигнала генератора огибающей: она задает огибающую сигнала (кривую изменения громкости во времени), которую исполнитель преобразует в громкость звука (фактический уровень звука).

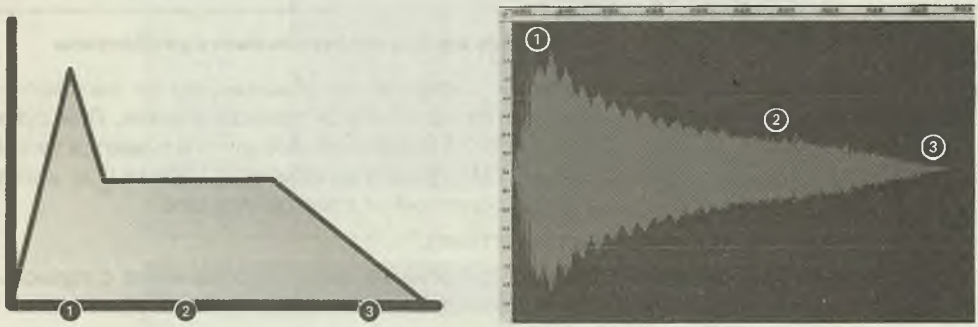


***Рис. 9.27**. То, что мы называем огибающей (envelope) синтезатора, представляет собой развертку изменения управляющего сигнала во времени. Она обычно изображается в прямоугольных (X/Y) координатах, где по оси X откладывается время, а по оси Y — уровень управляющего сигнала. Если для управления амплитудой звука использовать огибающую, изображенную на этом рисунке, звук синтезатора будет начинаться с атаки (attack) — резкого "взлета" громкости (1), за которым последует спад (decay). Затем громкость звука какое-то время будет оставаться на установившемся уровне (sustain) (2), после чего звук окончательно затихнет (release) (3). Так ведут себя огибающая реального сигнала (слева) и аппроксимирующая ее модельная кривая (справа)*

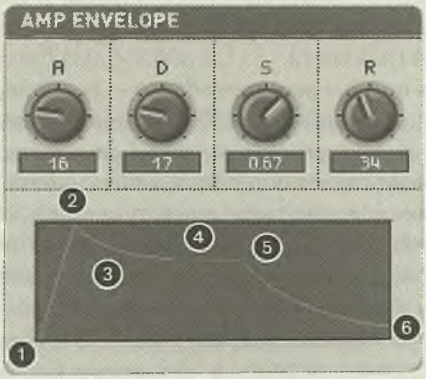
Чаще всего генератор огибающей используется для управления амплитудой сигнала, но во многих синтезаторах предусмотрены и другие варианты. Кроме случая, когда используется ПО модульной структуры, пользователь обычно выбирает стандартный вариант использования генератора огибающей, а затем корректирует форму огибающей. В программе SoundSchool Analog заложена типичная конфигурация генераторов огибающей: один — для управления амплитудой (amplitude envelope), другой — для управления параметрами фильтрации. Огибающая фильтра (filter envelope) может быть также использована для управления высотой тона, параметром симметрии или амплитудой сигнала любого из генераторов (Oscillator 1, Oscillator 2) или обоих сигналов одновременно. Все эти варианты используются для реализации различных эффектов.

Форма огибающей

Теоретически огибающая может иметь любую, какую вы только пожелаете форму, но во многих синтезаторах, унаследовавших черты старых аналоговых конструкций, используется стандартная четырехпараметрическая конструкция огибающей. Появлением

этой конструкции мы обязаны руководителю центра электронной музыки Columbia-Princeton Electronic Music Владимиру Усачевскому (Vladimir Ussachevsky), который убедил Роберта Муга (Robert Moog) в том, что наилучшим вариантом моделирования характера изменения звучания нот, создаваемого реальными инструментами, от скрипки до ударных инструментов, будет четырехпараметрическая модель. Многие музыканты согласились с этим, и эта модель до сих пор продолжает широко использоваться.

В оригинальном устройстве Moog Modular эти четыре параметра обозначались как `T1`, `T2`, `T3` и `sustain`. Сейчас они называются `attack` (атака), `decay` (спад), `sustain` (установившийся режим) и `release` (выключение), или ADSR. На панелях генераторов огибающей в окне программы SoundSchool Analog вы увидите эти четыре регулятора и под ними экраны, на которых отображаются графики огибающих. Маркировка, принятая в устройстве Moog, продумана — она отражает физическую сущность настроек, три из которых (`T1`, `T2` и `T3` или `attack`, `decay` и `release`) регулируют длительность конкретной фазы процесса изменения громкости ноты во времени с момента нажатия или отпускания клавиши, в то время как параметр `sustain` регулирует уровень, на котором огибающая "зависает" до тех пор, пока вы не отпустите клавишу ноты. На **рис. 9.28** показано, что происходит, когда вы нажимаете клавишу синтезатора и генератор огибающей начинает работать.



1. Удар по клавише.
2. Уровень сигнала нарастает от нуля до максимума за определенное время (время атаки).
3. Уровень спадает (decay) за определенное время (время спада) до установившегося уровня.
4. Сигнал остается на установившемся (sustain) уровне до тех пор, пока нажата клавиша.
5. Клавиша отпущена.
6. Уровень снижается до нуля за определенное время (время отпускания).

Рис. 9.28. *На этом графике показано, что происходит, когда вы нажимаете клавишу ноты и генератор огибающей начинает работать, и как регуляторы ASDR связаны с конкретными фазами огибающей*

Граничные точки, которые разбивают огибающую на отдельные сегменты, называются *точками излома* (*breakpoint*). В некоторых цифровых синтезаторах можно конструировать более сложные огибающие, добавляя новые точки излома в любом нужном месте кривой. Мультисегментные огибающие используются для создания сложных ритмов.

Хотя для решения обычных музыкальных задач гибкости четырехпараметрических (ADSR) огибающих вполне хватает, с их помощью можно создавать практически все необходимые варианты звучания.

Практика: ADSR и амплитуда

Давайте опробуем на практике эти регуляторы и посмотрим, как они влияют на звук. Загрузим в SoundSchool установку 26 — Basic Square. Обратите внимание на то, что огибающая Amp Envelope представляет собой просто синий прямоугольник: это огибающая типа on/off. Параметр `attack` равен 0 (минимальное значение; мгновенное включение звука), параметр `sustain` равен 1 (максимальное значение; уровень громкости остается с момента включения звука неизменным). Регулятор decay установлен в положении 57, но это не играет никакой роли, потому что настройка `decay` оказывает влияние на звук только в том случае, когда значение настройки `sustain` ниже максимального. Нажмем и отпустим клавишу. Звук практически мгновенно возникает и так же практически мгновенно исчезает. Посмотрите, в каком положении находится регулятор sustain, и вам все станет ясно: он установлен на максимальном значении, 1. Нажмем клавишу и, не отпуская ее, повернем регулятор sustain. Громкость звука при этом уменьшится, точно как при повороте регулятора громкости.

Установим регулятор sustain примерно на 0.3, а регулятор decay — примерно на 50, тем самым задав параметры фаз `decay` и `sustain` огибающей. Теперь при нажатии клавиши громкость звука ноты скачком возрастает до полного уровня, затем снижается до уровня, заданного регулятором sustain, и остается на нем до тех пор, пока клавиша нажата. Что происходит со звуком, можно наблюдать на экране осциллографа: амплитуда звука ноты (высота прямоугольного колебания) с момента нажатия клавиши уменьшается до тех пор, пока не опустится до уровня, заданного регулятором, если вы при этом не отпускаете клавишу.

Звук ноты начинается и обрывается по-прежнему внезапно, потому что регуляторы attack и release установлены на 0. (Показания индикаторов настроек A, D и R в программе SoundSchool в условных единицах соответствуют времени в миллисекундах; поворачивая мышью регулятор, вы видите, как меняются показания индикатора настройки: 0 соответствует 1 мс, 20 — 10 мс, 40 — 100 мс и т.д. Показание 0 не является фактически нулем, 1 мс — это значение, достаточно близкое к нулю, чтобы мы на слух не различали этого интервала.)

Если установить регулятор attack на 30, звук ноты при ударе по клавише будет плавно нарастать до максимальной амплитуды. Чтобы сделать атаку звука еще более плавной, увеличьте значение параметра `attack` до 50 и более. Звук прямоугольного колебания при такой длительности атаки звучит немного необычно, поэтому повернем регулятор в обратную сторону, установив значение 20. При такой настройке атака звука остается еще достаточно резкой, но фаза атаки при этом уже различима на слух.

Точно так же, как регулятор attack задает время нарастания громкости звука до максимального уровня при ударе по клавише, регулятор release задает время полного затухания звука после отпускания клавиши (в этой терминологии заложена потенциальная путаница, потому что музыканты, как правило, называют эту фазу *затуханием* (*decay*) тона, но в технологии синтеза используется термин *release*, указывающий на то, что она наступает после *отпускания* (*release*) клавиши). Увеличьте значение этого параметра до

40 или выше, и продолжение звучания ноты после отпускания клавиши станет различимым на слух. Ослабим эффект "послезвучания", уменьшив этот параметр до 25.

Мы только что создали типичную огибающую для тоновых инструментов, звук которых отличается продолжительным незатухающим звучанием, таких как деревянные духовые инструменты. Ну, а как быть с ударными инструментами, звуки которых отличаются короткой, резкой атакой? И они моделируются с помощью четырехпараметрической (ADSR) огибающей, но только в этом случае огибающие имеют другую форму.

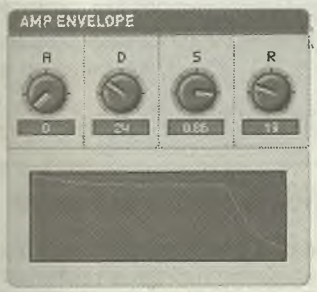
Откроем установку 30 — Basic Noise. Сначала при нажатии клавиши слышен звук, напоминающий шорох статических зарядов при включении телевизора. Чтобы сделать этот звук похожим на звук малого барабана (snare drum), нужно имитировать процесс, происходящий при ударе по барабану: короткая резкая атака и быстрый спад. Уменьшим значение параметра sustain до 0 (чтобы имитировать демпфирующий эффект барабана), а регулятор decay установим на значение 40, чтобы создать ступенчатую огибающую. (Более реалистическая атака и затухание получаются при A=8 и R=40.) Звучание примитивное, но напоминает звук удара по барабану, и это в результате применения простейшей огибающей амплитуды для обработки всего лишь сигнала шума. (Если этот звук вам что-то напоминает, вспомните о первых видеоиграх; в них для имитации звука барабана использовался этот эффект; позже с помощью фильтрации мы научимся создавать более совершенные звуки ударных инструментов.)

Попрактикуйтесь с огибающими — попробуйте разные установки, имеющиеся в программе SoundSchool (**табл. 9.1**).

Совет. Чтобы избежать наложения прямоугольных колебаний друг на друга, установите настройку Voices (в верхней части экрана) на 1 — тем самым вы превратите SoundSchool в монофонический синтезатор. В противном случае графики нот, звучащих одновременно, будут накладываться друг на друга на экране осциллографа.

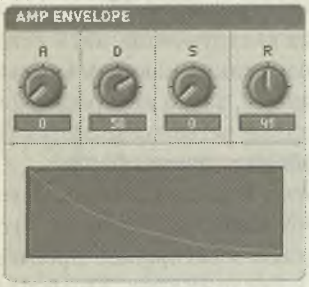
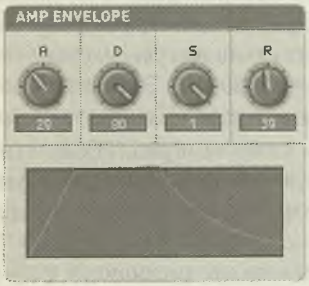
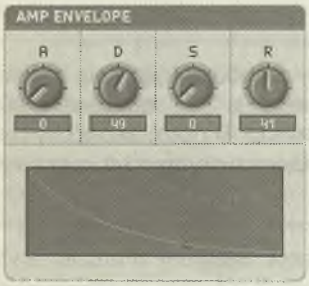
Хотя тембр у этих звуков явно указывает на их электронную природу и аналоговую технологию их синтеза, они напоминают звуки обычных инструментов благодаря их огибающим. (Это классические типы огибающих для этих инструментов, поэтому аналогичные огибающие должны встречаться и в других синтезаторах.)

Таблица 9.1. Классические типы амплитудной огибающей



35 — Basic Sub Bass. Отличается резкой атакой, характерной для электрического контрабаса

Окончание табл. 9.1

	72 — Gittar. Отличается резкой атакой, но при этом резким спадом (decay), характерным для звука акустической гитары и арфы
	56 — Sreng. Звучит расплывчато, как виолончель, благодаря более плавной атаке. Чтобы добиться большей реалистичности звучания, увеличьте параметр `attack` до 40 и откорректируйте параметр `release` — до 45
	75 — Tomm. Имитирует звук барабана за счет укороченного спада (decay) и полного отсутствия фазы незатухающего звучания (sustain). Чтобы приглушить "бум" с помощью регулятора D, чуть-чуть укоротите фазу спада кривой Amp Envelope (уменьшите параметр `decay`); чтобы сделать его более звонким, наоборот, чуть-чуть удлините ее (увеличьте параметр `decay`)

Знакомый голос? Если эти "репетиции" воскресят в вашей памяти видеоигры, то это связано с тем, что в оригинальной игровой консоли Nintendo и в Game Boy для синтеза звука использовались генераторы прямоугольных и шумовых колебаний. Если вам нравится этот эффект, попробуйте уменьшить частоту дискретизации и использовать НЧ-генератор (LFO) для создания вибрато (тема использования НЧ-генераторов (LFO) обсуждается ниже в этой главе).

Не только ADSR: другие схемы формирования огибающей

Четырехпараметрическая (attack-decay-sustain-release) огибающая получила наибольшее распространение, особенно в виртуальных аналоговых синтезаторах. Но это вовсе не означает, что существует единственная схема формирования огибающей.

Универсальные регуляторы time. В ряде синтезаторов, предназначенных, главным образом, для имитации звучания ударных инструментов, отсутствуют отдельные регуляторы формы огибающей (ADSR). Вместо них используется один регулятор, обозначаемый time или decay, который управляет формой огибающей в целом или какой-то одной ее характеристикой.

Коэффициент вместо времени. В SoundSchool настройки огибающей измеряются в единицах времени, но в ряде случаев в качестве настроек используются коэффициенты, характеризующие наклон каждого сегмента огибающей. Разница в данном случае в значительной мере условная.

Дополнительные сегменты. Добавляя точки излома (breakpoint), можно разбивать огибающую на большее число сегментов и, соответственно, усложнять ее форму или даже вносить задержку в огибающую (например, в огибающую, построенную по схеме DADSR, добавляется сегмент задержки в ее начале). На **рис. 9.29** показаны примеры огибающих более сложной формы. Например, в синтезаторе Absynth компании *Native Instruments* возможности изменения формы огибающей практически не ограничены — предусмотрена возможность тонкой настройки характера звука даже в вариантах объемного звучания (это куда больше, чем простая ADSR-огибающая).

Циклическое повторение огибающих. Для создания ритмических эффектов можно использовать циклическое повторение огибающих, создавая повторяющиеся амплитудные трафареты ритма ударных инструментов. Не отпускайте клавишу, а остальное сделают сами процессоры огибающих — они даже из одной ноты создадут ритм-машинку или ритмический узор. В некоторых программах, например в Ableton Operator (демоверсия этой программы имеется на DVD), предусмотрена синхронизация циклически повторяемых огибающих с темпом ведущей партии. Таким образом, ритмический трафарет из огибающих будет подстраиваться под темп вашей музыки.

Рис. 9.29. *Дополнительные точки излома (breakpoint) и другие настройки улучшают "гибкость" огибающих. В качестве примера приведен виртуальный инструмент Crystal для Mac/Windows (имеется на прилагаемом к книге DVD).*

Микширование сигналов генераторов

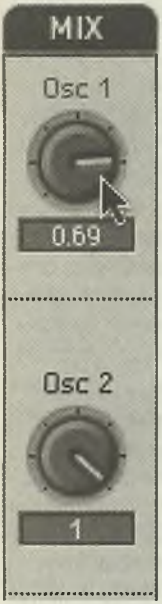


Рис. 9.30. Настройте баланс двух генераторов синтезатора SoundSchool в секции микшера Mix

До сих пор мы использовали генераторы только по отдельности, поэтому наш выбор был ограничен колебаниями элементарной формы — прямоугольными, треугольными, пилообразными, синусоидальными и шумовыми. Этого достаточно для грубого моделирования звучания, но звук получается не очень выразительным.

Путем микширования сигналами нескольких генераторов можно создавать более разнообразные звуки. В секции Mix программы SoundSchool предусмотрен микшер, позволяющий смешивать колебания двух генераторов (**рис. 9.30**).

Многие синтезаторы оснащаются четырьмя и более генераторами, но и двух генераторов, имеющихся в SoundSchool, достаточно для реализации большинства основных технологий.

Простейший вариант использования двух генераторов — их расстройка по частоте. Из двух колебаний идентичной или близкой формы, отличающихся по тону, за счет разности фаз можно создавать колебания более сложной формы. Давайте посмотри и послушаем, какой результат получается при этом.

Практика: микширование и расстройка

Загружаем установку 28 — Basic Sine. Посмотрим на положение регуляторов в секции Mix: в этой установке, заданной по умолчанию, мы слышим сигнал только генератора Oscillator 2 синтезатора SoundSchool. Регулятор уровня Osc 2 стоит на максимуме (1), а регулятор уровня Osc 1 — на минимуме (0). Нажав и удерживая клавишу ноты, поворачиваем регулятор уровня Osc 1 по часовой стрелке. Поскольку оба генератора генерируют синусоидальные колебания и работают на одинаковой частоте, оба колебания точно совпадают друг с другом, в результате на выходе микшера мы получаем тональный звук удвоенной громкости (в случае нарушения синхронизации генераторов включите кнопку Osc 1→2 в секции Sync и затем выключите ее, чтобы восстановить синфазность колебаний).

Синфазные колебания складываются, но в результате, как показано на **рис. 9.31**, суммарное колебание остается синусоидальным (наблюдаем это колебание на экране осциллографа Scope). При расстройке по частоте синфазность колебаний периодически нарушается то в одну, то в другую сторону. Поверните регулятор расстройки (detune knob) генератора Oscillator 2 и наблюдайте, что произойдет с сигналом на экране осциллографа, одновременно слушая, как изменится звук. Вы услышите пульсирующий звук, возникающий вследствие периодического изменения разности фаз между колебаниями.

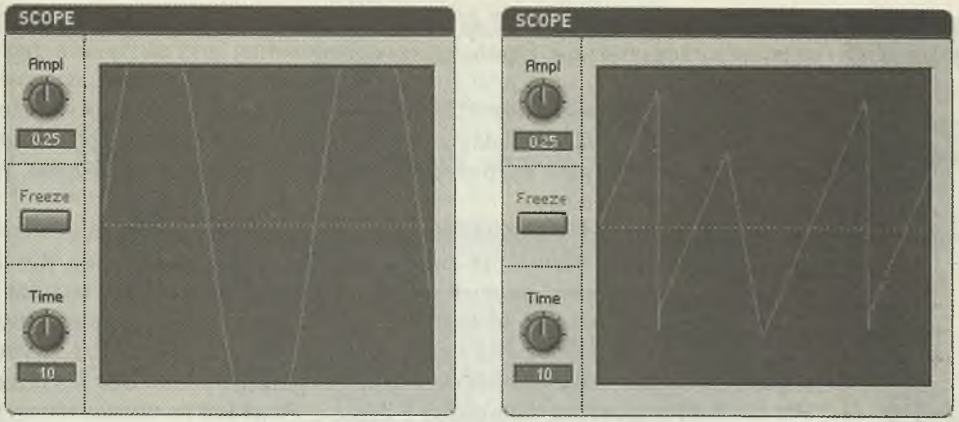


Рис. 9.31. *В случае двух синфазных синусоидальных колебаний одинаковой частоты суммарное колебание представляет собой синусоидальное колебание той же частоты и удвоенной амплитуды (слева). При расстройке по частоте в результате смешения колебаний получается новое колебание, изменяющееся во времени. Смешайте два пилообразных колебания и попробуйте с помощью регуляторов расстройки (detune) и Symm/Puls-Sym получить более выразительный звук (справа)*

Этот эффект на примере синусоидальных колебаний и не очень интересен, и не очень полезен. Загрузим установку 26 – Basic Square. (В этой установке оба генератора генерируют прямоугольные колебания (меандры).) Увеличим уровень сигнала на выходе генератора Oscillator 2, установив регулятор уровня Osc 2 в секции Mix на 1 (повернув его до упора по часовой стрелке). Нажмем клавишу ноты и, не отпуская ее, начнем плавно поворачивать регулятор расстройки (detune) генератора Oscillator 2 против часовой стрелки, установив значение чуть меньше нуля, в пределах 0–0.03. Колоссальная разница, верно? От сверлящего электронного звука мы перешли к звуку, напоминающему искаженный звук элекрогитары. Посмотрим, что происходит с сигналом: сожмем изображение сигнала по вертикали, поворачивая против часовой стрелки регулятор Ampl в секции Scope, чтобы видеть его полностью. Два колебания, накладывающиеся друг на друга, периодически сдвигаются друг относительно друга во времени, попеременно то суммируясь, то вычитаясь и создавая при этом динамически сдвигающийся ряд обертонов в спектре звука. При установке регулятора уровня Osc 2 в микшере на максимум получаем эффект, похожий на широтно-импульсную модуляцию: выше и ниже нулевого уровня появляются "ступеньки" изменяющейся ширины. Для получения чистой широтно-импульсной модуляции модулируйте параметр симметрии импульсного сигнала огибающей фильтра или НЧ-синалом (LFO). Попробуйте, как влияют на тембр звука регулятор Puls-Sym генератора Oscillator 2 и комбинация меандра (Pulse) и пилообразного (Saw) сигнала, треугольного (Tri/Saw) и пилообразного (Saw) сигнала и т.д.

Метод кольцевой модуляции

Другие способы комбинирования сигналов генераторов позволяют создавать весьма привлекательные и причудливые эффекты звучания. С помощью регуляторов уровней Osc 1 и Osc 2 в секции Mix мы можем складывать колебания. Чтобы послушать, что получится при перемножении этих же колебаний, поверните в секции Mix регулятор RingMod. Метод кольцевой модуляции (RingMod или ring modulation) имеет еще одно название –

"мультипликативный синтез", потому что синтез звука осуществляется путем перемножения сигналов. В результате перемножения двух сигналов в спектре результирующего сигнала присутствуют гармоники на частотах, соответствующих суммарным и разностным частотам гармоник в спектрах исходных сигналов (использование кольцевой модуляции в качестве эффекта для любого аудиосигнала, а не только для сигналов простейшей формы, рассматривается в главе 7.)

Оставим в стороне теорию. Кольцевая модуляция успешно используется для создания звонких, пронзительных звуков и спецэффектов. Давайте попробуем один экстремальный эффект. Нам понадобятся два колебания, поскольку для кольцевой модуляции нужны два входных сигнала. Выберем установку 26 — Basic Square. Повернем регулятор RingMod до упора вправо, до 1. Заметим, что поворачивать регулятор уровня Osc 1 в секции Mix нет необходимости, поскольку в режиме RingMod по определению используются сигналы обоих генераторов. Действительно, повернем регулятор Osc 1 микшера до упора против часовой стрелки, чтобы слышать только модулированный выходной сигнал (**рис. 9.32**).

В данный момент сигналы обоих генераторов одинаковые. Изменим высоту тона одного из них. Установим регулятор Interval генератора Oscillator с 2 на 30. Нажмем клавишу ноты: вы услышите множество тонов

Рис. 9.32. *Чтобы получить чистый звук только модулированного колебания, поверните регулятор RingMod по часовой стрелке, а регуляторы уровня генераторов — против часовой стрелки до упора*

Кольцевую модуляцию можно сделать более действенной с помощью качания высоты тона одного из сигналов. В синтезаторе SoundSchool огибающую фильтра, в отличие от амплитудной огибающей, можно использовать для обработки разных параметров. Сначала зададим форму огибающей. Установим параметры огибающей фильтра следующим образом: параметр `attack` — на 0, параметр `decay` — на 60, параметр `sustain` — на 0 и параметр `release` — на 30, чтобы получить "пилу" с резким подъемом и плавным спадом сигнала. В секции Under Filter Env⇨Oscillator нажмем кнопки Pitch и Sym в строке Osc 2 (**рис. 9.33**). Путем выбора этих опций мы задаем модуляцию этих параметров сигналом генератора огибающей. В результате настройки высоты тона и симметрии второго генератора, вместо того чтобы оставаться постоянными, соответствующими положению регуляторов, будут изменяться по закону огибающей, когда вы нажмете и будет удерживать нажатой клавишу ноты. Далее зададим уровень модуляции — установим регулятор Amount в секции Filter Env⇨Oscillator на 1 (для "качания", наоборот, снизу вверх, необходимо установить его на –1).

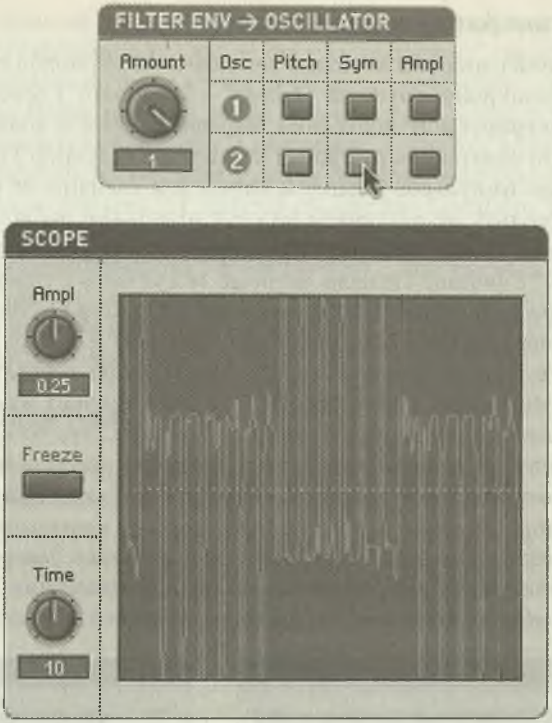


Рис. 9.33. *Мы использовали огибающие для модуляции амплитуды; а теперь используем для модуляции параметров сигнала генератора огибающую фильтра. Для этого выберите опции в секции Filter Env⇨Oscillat синтезатора SoundSchool (слева). В результате перемножения двух сигналов, осуществляемого кольцевым модулятором, при "качании" вниз высоты тона и симметрии сигнала генератора получается колебание сложной формы, показанное справа*

Теперь нажмем клавишу и услышим бурный, резкий звук модулированного колебания. Его можно использовать разве что для спецэффектов, да и то, не злоупотребляя, но главное-то в том, и об этом не надо забывать, что мы при тех же исходных колебаниях простой формы (два импульсных колебания и сигнал огибающей) добились куда более впечатляющего результата — с этим трудно не согласиться (поклонники очень популярной британской научно-фантастической передачи "Doctor Who" мгновенно узнают этот пронзительный звук — с него начиналась тематическая музыкальная заставка в 1970- и1980-х годах).

Кольцевая модуляция в небольшой пропорции используется в установках для усиления тембровой окраски звучания. Например, загрузим установку 85 — Clav. Установим регулятор RingMod из положения, заданного патчем, на 0, нажмем клавишу и вернем регулятор в положение 0.2, заданное патчем. В данном случае кольцевая модуляция используется для "наведения глянца", придания живости звуку — без нее он тускловатый.

Синхронизация генераторов и тембр звука

Механизм синхронизации обеспечивает согласование периодов колебаний двух генераторов, заставляя синхронизируемый ("slave" — "ведомый") генератор подстраивать основную частоту генерируемого колебания, выравнивая ее с основной частотой колебания, вырабатываемого синхронизирующим ("master" — "ведущий") генератором. В отличие от синхронизации импульсов в данном случае мы слышим не ритмический, а тембровый эффект, поскольку не различаем на слух отдельные периоды колебаний. Итак, зачем нужен механизм синхронизации колебаний? Он дает возможность проделывать уникальные "фокусы" с формой сигнала, которые могут быть с успехом использованы.

В SoundSchool при включенной синхронизации генератор Oscillator 1 становится ведущим (master), а генератор Oscillator 2 — ведомым (slave). Если мы загрузим, например, установку 28 — Basic Sine, то по умолчанию звучать будет генератор Oscillator 2. Нажмите кнопку синхронизации, и вы не уловите на слух никаких изменений в звуке. Синусоидальные колебания одинаковой частоты синхронны. Это то же самое, что настроить два генератора на одинаковую высоту тона, ничего интересного не произойдет. Но стоит повысить частоту ведущего генератора, Oscillator 1, с помощью регулятора Interval, как ведомый генератор, Oscillator 2, начнет перестраивать свою частоту, чтобы уравнять ее с частотой ведущего генератора. Генератор, не дожидаясь завершения текущего периода колебания, начинает формировать новый период колебания, уже другой частоты (**рис. 9.34**). Звук колебания такой хитрой формы отличается своеобразным тембром.

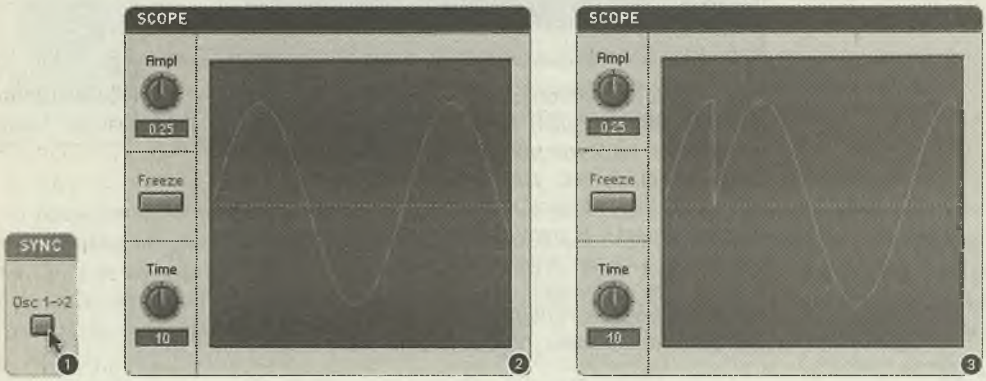


Рис. 9.34. *Механизм синхронизации генераторов расширяет тембровые возможности синтезатора. При включенной синхронизации (1) колебание синхронизируемого (slave) генератора привязано по частоте к колебанию синхронизирующего (master) генератора. Поэтому в случае, например, стандартного синусоидального колебания (2) синхронизируемый генератор, не дожидаясь завершения текущего периода колебания, начинает формировать новый период колебания, уже другой частоты (3)*

А толк от этого какой, если не считать возможности создания колебаний причудливой формы? При модуляции высоты тона второго генератора включение механизма его синхронизации первым генератором приводит к тому, что в спектре колебания второго генератора сохраняется заметная гармоника неизменной основной частоты, в то время как состав обертонов постоянно меняется.

Для нас смысл использования механизма синхронизации заключается в создании новых тембровых эффектов, так давайте послушаем, что это дает. Загружаем установку

40 — Basic Sync и нажимаем клавишу ноты. Огибающая Filter Envelope модулирует высоту тона генератора Oscillator 2, но тон не просто "пролетает" сверху вниз, как раньше. Вы слышите "качающийся" по высоте тона звук, но одновременно с ним также слышите тон основной частоты. Посмотрите на экран осциллографа Scope, и вы увидите, почему это так: колебание генератора Oscillator 2 привязано к частоте импульсного колебания, вырабатываемого генератором Oscillator 1, и тон основной частоты в спектре колебания сохраняется. С помощью регулятора Interval генератора Oscillator 1 высоту этого тона можно регулировать.

Напротив, при выключении кнопки Sync Osc 1⇨2, все что мы услышим, — это простой, качающийся по частоте звук без малейшего намека на тон основной частоты. Посмотрите на экран осциллографа, и вы увидите, как сжимается "гармошка" колебания (наглядно показывая изменение основной частоты колебания).

Частотная модуляция (ЧМ)

Звук ЧМ-синтезатора характеризуется "металлическим", напоминающим звучание колокола, тембром. Причиной этого является появление дополнительных гармоник в спектре сигнала, различимое на слух. ЧМ-модуляция, как следует из самого названия, заключается в модуляции частоты колебаний одного генератора сигналом другого генератора. Отличие ЧМ-синтеза от других вариантов ЧМ-модуляции, например вибрато, заключается в том, что в качестве модулирующего сигнала используется сигнал звуковой частоты, т.е. частоты выше 20 Гц. Для реализации ЧМ-синтеза необходимы, как минимум, два генератора, хотя в некоторых синтезаторах их бывает четыре и больше.

Синтезатор SoundSchool, как и многие виртуальные аналоговые синтезаторы, базируется, в первую очередь, на технологии субтрактивного синтеза, но в нем предусмотрены основные инструменты ЧМ-синтеза. ЧМ-синтез жестко привязан к следующей стандартной схеме: генератор Oscillator 1 модулирует по частоте сигнал генератора Oscillator 2, для включения этого режима служит регулятор FM (**рис. 9.35**). В простой схеме FM-модуляции с двумя генераторами выходной сигнал, который вы слышите, называется несущей, сигнал, модулирующий несущую по частоте, называется модулирующим. В синтезаторе SoundSchool сигнал генератора Oscillator 2 — это несущая, а сигнал генератора Oscillator 1 — модулирующий; генератор модулирующего сигнала можно отличить по регулятору FM на его панели.

Загрузим установку 39 — Basic FM, стандартный патч FM-модуляции, для которой использу.тся два синусоидальных колебания. Заметим, что разработчик выбрал вариант амплитудной огибающей колоколобразного звучания и назначил аналогичную огибающую фильтра для генератора Oscillator 1 для ослабления эффекта частотной модуляции в процессе звучания тона. Это создает имитацию затухания обертонов, характерную для колокола или металлического резонатора (чтобы услышать чистый частотно-модулированный сигнал, отключите опцию Ampl в секции Filter Env⇨Oscillator).

Используя эту установку в качестве шаблона, вы можете экспериментировать с параметрами ЧМ-модуляции.

- Попробуйте постепенно, шаг за шагом, на одно деление изменять параметр Interval в генераторе Oscillator 2. Изменение соотношения частот вызывает значительное изменение тембра.
- Для получения более сложных тембров изменяйте параметр detune в генераторе Oscillator 2 совместно с параметром Interval. При регуляторе detune, установлен-

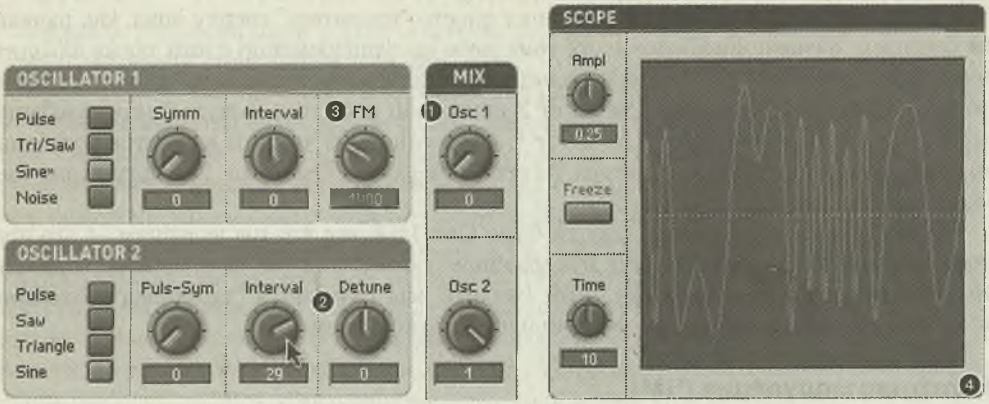


***Рис. 9.35**. Один из неброских регуляторов на панели синтезатора SoundSchool — регулятор FM. Это ключ к созданию тембров, очень не похожих на тембр звучания, характерный для субтрактивного синтеза, которому посвящена данная глава. Генератор Oscillator 1 используется в качестве FM-модулятора, поэтому вы можете повернуть до упора против часовой стрелки регулятор уровня Osc 1 в микшере (1). С помощью регуляторов Interval и Detune в секции генератора Oscillator 2 (2) введите необходимую расстройку и с помощью регулятора FM (3) — уровень частотной модуляции несущей (т.е. спектр гармоник). Наблюдайте сигнал на экране осциллографа (4), наглядно показывающий, почему в звуке появляются дополнительные гармоники*

ном на 0, соотношение частот двух генераторов является целочисленным. Расстройка, вносимая с помощью регулятора detune, нарушает гармоническое соотношение частот, что вызывает изменение тембра.

- Регулятор FM задает уровень частотной модуляции несущей (генератор Oscillator 2) модулирующим сигналом (генератор Oscillator 1). С помощью этого регулятора можно внести в звук более радикальные изменения: чем больше этот параметр, тем отчетливее проявляется "металлический" характер звучания, тем резче он становится, а его уменьшение, наоборот, приводит к тому, что звук становится бархатным, более похожим на колокольный звон (чтобы отчетливо почувствовать разницу, вращайте этот регулятор в процессе воспроизведения тона).

Выбор сигналов разной формы приводит к разным результатам. Выберите, например, вместо синусоидальных колебаний импульсные колебания.

- Попробуйте использовать в этом патче дополнительную фильтрацию и амплитудную модуляцию для дополнительной доводки тона.

Использование фильтров в субтрактивном синтезе

Скульпторы используют две диаметрально противоположные техники ваяния: либо отсекая от каменной глыбы все лишнее, т.е. субтрактивный способ, либо добавляя к куску глины новые куски до получения законченного произведения. Аналогичным образом разработчики синтезированных звуков начинают либо с звука простой формы, добавляя

в него гармоники, либо с заготовки, имеющей богатый спектральный состав, удаляя из нее гармоники до получения нужного тембра. Для более тщательной работы используются такие инструменты, как частотная модуляция и аддитивный синтез, с целью усиления отдельных составляющих или субтрактивный синтез с целью ослабления определенных составляющих в спектре звука.

Дополнительная информация о субтрактивном и ЧМ-синтезе

Дополнительная информация по приемам конструирования вариантов звучания путем комбинирования экстенсивного ЧМ-синтеза с субтрактивным синтезом приводится в демонстрационных учебных курсах по программе Ableton Operator, включенных в демоверсию Ableton Live, записанную на прилагаемом к книге DVD. Проштудируйте эти учебные курсы, чтобы разобраться в том, как с помощью классических технологий ЧМ- и субтрактивного синтеза создаются обычные звуки. Синтезатор Ableton Operator оснащен четырьмя генераторами, причем их можно использовать в схеме ЧМ-синтезатора, виртуального аналогового синтезатора и одновременно в обоих вариантах.

Для реализации последнего в субтрактивном синтезе используются методы фильтрации (аналогично мы использовали их в главе 7). В синтезаторе SoundSchool Analog вы встретитесь с уже знакомыми вариантами передаточных характеристик фильтров — характеристикой узкополосного режекторного фильтра, фильтра нижних частот, полосового фильтра и фильтра верхних частот. Пропуская аудиосигнал с широким спектром через такие фильтры, мы можем регулировать тембр звука, ослабляя его составляющие; чаще всего для этого используется фильтр нижних частот.

Ну, а если наша цель — обогатить спектр звука, какой смысл ослаблять гармоники? Ведь "чем больше гармоник, тем лучше", ведь так? Вовсе не обязательно: фильтрация может оказаться необходимой по разным причинам. Во-первых, фильтры используются для достижения специфических тембровых эффектов. Для создания более выразительного тембра иногда необходимо ослабить определенные гармоники. Кроме того, добавление резонансного участка к передаточной характеристике фильтра дает возможность выделить одни составляющие, одновременно ослабив другие. Во-вторых, использование фильтров в сочетании с огибающей фильтра позволяет осуществить "качание" разных гармоник и за счет этого изменить характер звучания во времени.

Рассмотрим, как работают методы классической аналоговой фильтрации и как их использовать для создания музыки.

Анатомия фильтрации

В противоположность более сложным фильтрам, которые мы рассматривали в главе 7, в синтезаторах используются, как правило, достаточно простые фильтры. С помощью регулятора частоты отсечки (cutoff frequency) вы можете расширить участок спектра, который нужно ослабить, а затем добавить резонансность на том участке вблизи частоты отсечки, где вы хотите выделить определенные частоты.

Синтезатор SoundSchool Analog располагает типовым набором фильтров с возможностью выбора фиксированного типа фильтра (в SoundSchool это меню называется Modes), настройки частоты отсечки (регулятор Cutoff в секции Filter) и резонансности (регулятор Reson). Отдельные регуляторы предусмотрены для регулирования уровня модуляции характеристик фильтрации сигналом огибающей, определяющего характер

изменения передаточной характеристики фильтра во времени (регулятор Env) и зависимость величины изменения частоты отсечки от высоты тона исполняемой на клавиатуре ноты (K-Track) (**рис. 9.36**).

1. Mode. Выберите конкретный тип фильтра (нижних частот, верхних частот и т.п.) и крутизну ската.
2. Cutoff. Задает частоту отсечки фильтра в полутонах (60 соответствует "до" малой октавы).
3. Reson. Установка параметра резонансности (добротности) от полного отсутствия (0) до самовозбуждения (1.0).
4. Env. Задает диапазон изменения частоты отсечки при модуляции ее огибающей фильтра, измеряется в положительных и отрицательных количествах полутонов.
5. K-Track. Сокращение от "Keyboard Tracking"; задает, насколько изменяется частота отсечки фильтра в зависимости от того, какая нота исполняется.

Рис. 9.36. *Настройки параметров фильтрации в синтезаторе SoundSchool*

Меню Mode

В некоторых синтезаторах имеется всего один фильтр — фильтр нижних частот с нерегулируемой крутизной ската. В этом случае настроек минимум — это частота отсечки и, возможно, резонансность. В большинстве синтезаторов имеется выбор — вы можете выбрать тип фильтра (фильтра нижних частот, верхних частот, полосовой и узкополосный режекторный), крутизну ската передаточной характеристики фильтра (выражаемую в децибелах на октаву) или обе эти настройки.

В меню Mode синтезатора SoundSchool Analog имеется несколько вариантов каждого типа фильтра с разными номерами. Номер указывает крутизну наклона ската передаточ-

ной характеристики фильтра: lowpass 1 соответствует 6 дБ на октаву, lowpass 2 — 12 дБ на октаву и так далее (что такое "крутизна наклона ската передаточной характеристики фильтра", можно узнать из главы 7). Чтобы разобраться в этом меню, включите систему подсказок (hints), для чего выберите View⇨Show Hints и установите указатель мыши на меню Mode, чтобы получить его полное описание.

Настройка Cutoff

Настройка Cutoff (частота отсечки) — самая важная, и с ней необходимо разобраться в первую очередь. На практике, если в синтезаторе выбрать фильтр нижних частот и установить в нем нулевое значение параметра Cutoff или выбрать фильтр верхних частот и установить в нем максимальное значение параметра Cutoff, можно вообще не услышать ни единого звука (в синтезаторе SoundSchool диапазон изменения параметра Cutoff намеренно ограничен таким образом, чтобы ни при каких условиях это не случилось). Например, если выбрать фильтр нижних частот и установить максимальное значение параметра Cutoff, то эффект фильтрации будет настолько мал, что на слух он будет практически незаметен, пока вы не повернете регулятор частоты отсечки, чтобы уменьшить, значение этого параметра.

Практика: параметр resonance и самовозбуждение

Установив необходимую частоту отсечки, вы можете создать на передаточной характеристике резонансный пик на частоте чуть ниже частоты отсечки, увеличив параметр resonance (резонансность). Этот параметр определяет уровень предыскажений, вносимых в передаточную характеристику в пределах частоты отсечки, и изменяется в пределах от Reson=0 (полное отсутствие резонансности, стандартная передаточная характеристика фильтра) до максимального значения Reson=1.0 (максимальная резонансность). При максимальном значении параметра резонансности в фильтрах возникает явление, получившее название "самовозбуждение". При приближении частоты сигнала к частоте, на которой передаточная характеристика фильтра имеет максимальную добротность Q, фильтр самовозбуждается — начинает резонировать, т.е. генерировать колебание на частоте отсечки. Возвращаясь к тому, о чем уже говорилось в главе 7, заметим, что повышение резонансности фильтра означает фактически добавление обостряющего (peaking) фильтра в точке, соответствующей частоте отсечки.

Понять такие явления, как резонансность и самовозбуждение, проще, познакомившись с ними на практике. (ВНИМАНИЕ! Прежде всего отключите громкоговорители, так как результат может оказаться недопустимо громким!)

1. **Загружаем установку 29** — Basic Tri. В этом патче по умолчанию заложен фильтр нижних частот, но параметр cutoff frequency установлен на максимальное значение, 140, поэтому влияние фильтра на слух неощутимо.
2. **Уменьшаем параметр** Cutoff. Тем самым мы постепенно ослабляем высокочастотные составляющие спектра сигнала. Обратите внимание на график треугольного колебания: оно постепенно, по мере того как фильтр ослабляет высокочастотные гармоники, становится все больше похожим на синусоидальное колебание.
3. **Устанавливаем регулятор** Reson **на значение 0.75** и изменяем частоту отсечки в одну и другую стороны. Вы сможете уловить акцентированность звучания на

частоте отсечки. Это похоже на то, как будто звучит дополнительная нота на этой высоте тона. Внимательно наблюдая за кривой на экране осциллографа Scope при регуляторе Cutoff, находящемся чуть выше его центрального положения, вы сможете заметить эту частоту. Между прочим, если вам доводилось слышать монотонное повторение обертона, практикуемое певцами таких культур, как, например, Тибетская или Тувинская, то вы почувствуете сходство звука с этим пением. Эти певцы владеют искусством использования рта и гортани в качестве резонансного фильтра.

4. **А теперь попробуем, что такое самовозбуждение** (но сначала не забудьте выключить громкоговорители). Установите регулятор Reson на 1.0 и снова вращайте регулятор Cutoff. На частоте отсечки тон настолько искажен, что фильтр безо всяких преувеличений в буквальном смысле этого слова работает в режиме генерации. Если этот эффект напоминает кому-нибудь звук, возникающий при настройке радиоприемника в каком-нибудь старом фильме, то это связано с тем, что резонансные цепи настройки имеют склонность к самовозбуждению.

Способы модуляции характеристик фильтра по времени звучания и высоте тона ноты

Тип фильтра, настройки Cutoff (частота отсечки) и Reson (резонансность), будучи установленными, остаются стабильными в процессе работы, оказывая одинаковое воздействие на звук независимо от того, какую ноту вы исполняете и как долго звучит та или иная нота. Для того чтобы заставить характеристики фильтра меняться заданным образом во времени (на протяжении времени звучания конкретной ноты) и в зависимости от того, какая нота исполняется на клавиатуре, нам понадобятся огибающие и механизм отслеживания нажимаемых клавиш (keyboard tracking).

Использование огибающей для модуляции частоты отсечки фильтра дает возможность "качать" ее во время звучания ноты, вызывая плавное изменение спектра звука ноты на протяжении ее звучания с целью создания тонкого или более резкого эффекта. В синтезаторе SoundSchool можно установить уровень модуляции частоты отсечки фильтра сигналом огибающей, задав с помощью регулятора Env определенное значение этого параметра, которое может быть как положительным, так и отрицательным. При положительном значении настройки Env частота настройки с ростом огибающей будет возрастать. При положительном значении настройки Env частота настройки с ростом огибающей будет снижаться. При установке этого регулятора в нейтральное положение, на нуль, огибающая не оказывает влияния на характеристики фильтра.

Механизм отслеживания нажимаемых клавиш (keyboard tracking) очень полезен. Обычно частота отсечки фильтра остается неизменной независимо от того, какую ноту вы исполняете (когда механизм keyboard tracking не используется, необходимо тщательно проверять, как звучат ноты в различных регистрах клавиатуры при включенном фильтре, и аккуратно подбирать его настройки). В синтезаторе SoundSchool вы можете с помощью регулятора K-Track задать, как сильно будет изменяться частота отсечки в зависимости от высоты тона исполняемой ноты. При установке регулятора K-Track на 1 чем выше будет тон исполняемой ноты, тем выше будет частота отсечки и, наоборот, чем ниже будет тон исполняемой ноты, тем ниже будет частота отсечки. При установке регулятора K-Track в нейтральное положение, на нуль, частота отсечки будет оставаться посто-

янной независимо от высоты тона исполняемой ноты. Помимо термина “tracking” для обозначения этого механизма используется и термин “following”[1], поскольку при включенном механизме keyboard tracking частота отсечки “следует” за тоном исполняемой ноты.

Практика: тонкая настройка с помощью фильтра тембра звучания, характерного для медных духовых инструментов

Вас все еще не устраивает звучание? Для тонкой коррекции аккуратно поманипулируйте такими настройками, как detune (расстройка), cutoff (частота отсечки) и resonance (резонансность), пока не достигнете желаемого результата. В завершение попробуйте изменить настройки огибающей Amp Envelope (попробуйте установить настройку R (“release” — “выключение”) на 30).

Аналоговый синтез звука традиционно начинается с выбора сигналов типовой формы и тонкой коррекции с помощью фильтрации. Давайте попробуем в качестве учебного примера синтезировать таким способом патч звучания медного духового инструмента. Пусть даже он будет еще меньше похож на звук реальной медной трубы, чем звук старинного электронного инструмента. Скорее всего, вы будете использовать этот метод для создания сочного звука, характерного для аналоговых электронных инструментов, и применять аналогичную методику фильтрации к цифровому звуку. Но если вы прислушаетесь, то уловите в этом звуке основные свойства, характерные для звука реальных медных духовых инструментов, вызывающие такие ассоциации.

Пилообразные колебания часто называют трубными (brasslike), потому что они имеют похожий спектр гармоник. С них и начнем. Загружаем установку 27 — Basic Saw, настраивающую генератор Oscillator 1 на генерирование пилообразного колебания (треугольного колебания с параметром Symm, равным 1).

Сыграем ноту в середине диапазона клавиатуры. В звуке ощущается тембр звучания медной трубы, но не ясный, поскольку он чересчур искусственный и гулкий. В его спектре действительно слишком высок уровень высокочастотных гармоний. Скорректируем тембр звука, аккуратно отфильтровав эту часть спектра. Попробуем уменьшить частоту отсечки фильтра до 110. Звук уже не такой гулкий, но теперь он стал невыразительным и вялым (обратите внимание на сигнал на экране осциллографа, он в результате такой коррекции стал сглаженным, похожим на синусоидальное колебание). Восстановим гулкость, увеличив настройку Reson до 0.3.

Звук стал немного ярче, но ему все равно чего-то не хватает. Чтобы приблизить его к звуку оркестра медных духовых инструментов, нужно искусственно придать ему характер хорового звучания, чуть расстроив второй генератор, чтобы рассинхронизировать его с первым генератором. Установите генератор Oscillator 2 в режим генерирования пилообразного колебания (в тот же режим, что и генератор Oscillator 1) и установите его регулятор Osc 2 в секции Mix на 1. Затем установите его регулятор Detune на 0.15. Вот и все, простой патч звучания медного духового оркестра готов.

---

[1] “Following” в буквальном смысле означает “следовать за”. — *Прим. перев.*

Практика: "качание" характеристик фильтра

Подгонка готового фильтра. Конструкторы инструментов часто комбинируют амплитудные огибающие с огибающими фильтров для создания нужного характера звучания. Возьмем в качестве примера установку 47 — Bassh. Для усиления тембровой окраски этого звука увеличьте настройки Decay и Amount для огибающей фильтра.

Благодаря технологии "огибающая фильтра" (filter envelope) фильтры можно использовать для модуляции звуков во времени. Начнем с звука, имеющего широкий спектр гармоник: с двух пилообразных колебаний, расстроенных по частоте. Загружаем установку 27 — Basic Saw. Устанавливаем генератор Oscillator 2 в режим генерирования пилообразного колебания. Устанавливаем регулятор detune этого генератора на 0.2, а уровень Osc 2 в секции микшера — на 1. Теперь создадим модулирующий сигнал для "качания" частоты отсечки фильтра сверху вниз. В секции Filter Envelope установим регуляторы A (attack), S (sustain) и R (release) на 0, а регулятор D (decay) — на 70. В этом случае огибающая превращается в наклонную прямую, направленную сверху вниз. Установим параметр Cutoff фильтра на 50, а параметр Reson — на 80. Нажмите клавишу ноты и, не отпуская ее, слушайте, как скат передаточной характеристики "катится" сверху вниз по спектру звука. (Добавление резонансности делает это "качание" более заметным, и когда частота отсечки опускается до предела вниз, вы слышите два синхронных синусоидальных колебания.)

Эту технологию можно использовать аналогичным образом и для других форм огибающей фильтра. Можно задать "качание" не сверху вниз, а, наоборот, снизу вверх. Для этого установите регулятор Env в секции Filter на отрицательное значение. Или, для того чтобы передаточная характеристика фильтра расширялась и снова сужалась, увеличьте значение параметра `attack`, создав треугольную или "гороподобную" огибающую. Для реализации этой идеи идеально подойдет установка 80 — OpeningReso, обеспечивающая модуляцию характеристик фильтра огибающей никообразной формы с высоким значением параметра резонансности (добротности). Попробуйте разные значения частоты отсечки, чтобы почувствовать, как изменяется звук, создаваемый эффектом "качания" характеристик фильтра, на разных частотах.

Рецепты быстрой, на скорую руку, "выпечки" звука по технологии аналогового синтеза

- Чтобы получить густой басовый звук, характерный для аналоговых синтезаторов, микшируйте два пилообразных колебания с небольшой расстройкой по частоте. Чтобы сделать звук еще гуще, используйте вдобавок кольцевую модуляцию (в синтезаторе SoundSchool генератор Oscillator 1 работает в режиме генерирования пилообразного колебания при установке регулятора Symm на 1).
- Придайте подвижность звучанию нот: обработайте звук фильтром с огибающей. Установите параметр S (sustain) на 0, затем настройте параметры

Cutoff и Reson. Высота тона тоже вовсе необязательно должна быть постоянной: используйте огибающую для модуляции высоты тона, чтобы он немного менялся при каждой атаке (в синтезаторе SoundSchool, в секции Filter Env⇨Oscillator, назначьте огибающую фильтра тону и чуть увеличьте настройку Amount).

- Чтобы на скорую руку создать звук, похожий по тембру на звучание клавинета, возьмите два импульсных сигнала с небольшой расстройкой по частоте, оба сигнала должны быть короткими импульсами (для этого в синтезаторе SoundSchool увеличьте настройки Symm и Puls-Sym в секциях Oscillator 1 и Oscillator 2 соответственно), и задайте короткий спад огибающей (установите параметр A (attack) на 0, параметр S (sustain) — близким к 0, а параметр D (decay) — меньше 50).

Модуляция и эффекты

Что такое модуляция

В главе 8 мы уже рассказывали о том, что понимается под модуляцией в мире MIDI. Модуляция реализуется в форме MIDI-сообщений. Она используется для управления заданной характеристикой звука. Например, MIDI-сообщения типа `CC 1 (control change 1)`, генерируемые колесом амплитудной модуляции (modulation wheel), часто используются для добавления вибрато.

В синтезе модуляция создает почти такой же музыкальный эффект, но в этом случае модулирующий сигнал создается в самом синтезаторе, а не поступает извне по MIDI-интерфейсу. Но независимо от того, является ли источник модулирующего сигнала внутренним или внешним, модуляция — это использование управляющего сигнала для изменения характера звука во времени. Вы познакомились со многими из основных типов модуляции в главе 7 при рассмотрении эффектов. Тогда мы рассмотрели вопрос использования в качестве источников модулирующего сигнала НЧ-генераторов (LFO). В синтезаторах управляющие сигналы, создаваемые НЧ-генераторами и другими источниками, используются несколько иначе.

Функциональные схемы реализации модуляции

Функциональные схемы реализации механизма модуляции точно такие же, как для реализации эффектов. Это делается либо путем использования фиксированных, запрограммированных вариантов схемы, заложенных в инструмент, либо путем самостоятельного их создания.

Существует несколько вариантов функциональных схем, которым чаще всего отдается предпочтение при работе с музыкой, и они, как правило, встраиваются в виртуальные аналоговые синтезаторы типа SoundSchool. Познакомимся с функциональной схемой реализации механизма модуляции в синтезаторе SoundSchool. Она обычно скрыта, но достаточно щелкнуть мышью на пиктограмме в правом верхнем углу интерфейса синтезатора SoundSchool, и на экране появится схема связи каскадов синтезатора SoundSchool

(**рис. 9.37**). Если считать, что кнопка A служит для вывода на экран "лицевой панели" интерфейса, тогда кнопка B служит для вывода "кроссплаты", представляющей внутреннюю структуру инструмента.

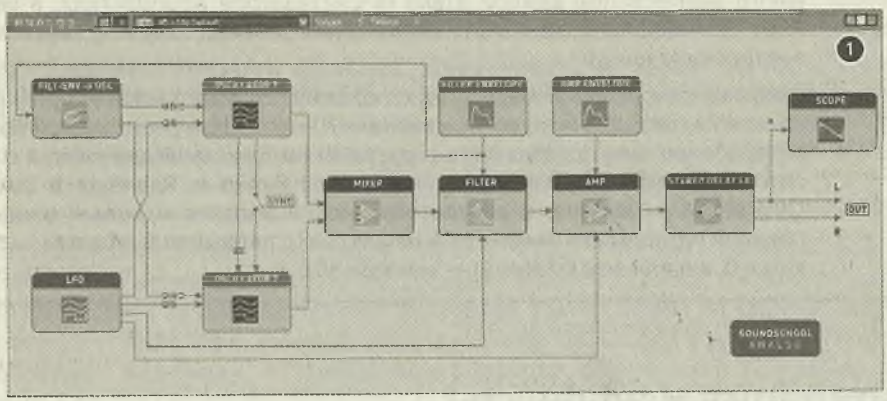


Рис. 9.37. *Щелкните мышью на кнопке B (1), чтобы увидеть функциональную схему синтезатора SoundSchool. Вы можете проследить по ней маршруты сигналов слева направо, следуя по линиям, связывающим каскады синтезатора. Это хрестоматийная схема модульной структуры, реализованная в бесчисленном множестве синтезаторов — аппаратных и программных, виртуальных аналоговых и каких угодно других*

Рассмотрим схему, показанную на рис. 9.37, чтобы понять, как работает синтезатор SoundSchool. Ниже приводится описание схемы обработки сигнала слева направо.

1. Ядром синтезатора являются два генератора (обозначенные, как и на лицевой панели, золотистым цветом). Они расположены не на самом краю функциональной схемы, потому что в схему заложено внешнее управление двумя параметрами генераторов — `pitch` (частота) и `symmetry` (симметрия).
2. Управление этими двумя параметрами осуществляется посредством огибающей фильтра (filter envelope) или НЧ-сигнала (LFO) (или одновременно обоими сигналами), поэтому каскад формирования сигнала огибающей фильтра и каскад НЧ-генератора изображены на схеме слева от этих генераторов.
3. Эти два генератора связаны между собой, потому что первый генератор может использоваться для модуляции сигнала второго генератора (частотная модуляция), и, кроме того, предусмотрена возможность включения механизма синхронизации этих генераторов.
4. Сигналы с выходов этих генераторов смешиваются.
5. Сигнал с выхода микшера проходит через фильтр и усилитель — каждый из этих функциональных каскадов управляется соответствующей ADSR-огибающей. Для модуляции характеристик обоих функциональных каскадов может использоваться также сигнал НЧ-генератора (LFO), поэтому на схеме показаны связи НЧ-генератора с этими каскадами синтезатора.
6. Последний каскад синтезатора — процессор эффектов задержки стереосигнала.

7. Сигналы с выхода всех вышеперечисленных каскадов синтезатора могут быть поданы на осциллограф Scope для визуального контроля и на стереовыход (ваши акустические системы).

Это не просто функциональная схема синтезатора SoundSchool: это классическая, хрестоматийная функциональная схема практически любого традиционного синтезатора, даже многих синтезаторов, базирующихся на воспроизведении сэмплов. Один или несколько генераторов вырабатывают колебания простой формы, которые смешиваются, фильтруются, модулируются сигналом огибающей амплитуды, обрабатываются дополнительными эффектами, в результате чего и получается выходной сигнал. Отталкиваясь от этой основополагающей функциональной схемы, вы сможете разобраться в большинстве готовых вариантов программных синтезаторов или сконструировать собственный вариант путем объединения модулей в программах типа Reaktor (что и сделали разработчики синтезатора SoundSchool), Max/MSP, Pd, SynthEdit и т.п. или соединения виртуальных модулей традиционным способом, копирующим старинные аналоговые аппаратные синтезаторы, — посредством виртуальных патч-кордов (коммутационных кабелей), как это делается в программе Moog Modular компании *Arturia*.

НЧ-генераторы (LFO)

В главе 7 вы познакомились с приемами использования НЧ-генераторов (LFO) для реализации медленного "качания" тона и быстрого переливчатого, трелеподобного изменения тона — вибрато (путем модуляции высоты тона), тремоло (путем модуляции амплитуды), хорового звучания (chorus), эффекта "флэнджер" (flanger) (путем модуляции времени задержки, создаваемого механизмом задержки) и фазового сдвига (путем модуляции передаточной характеристики гребенчатого типа). Как правило, для этого используются НЧ-сигналы простой формы.

Теперь, когда мы ближе познакомились с колебаниями основных типов, используемых в синтезе звука, давайте посмотрим, чем будут отличаться результаты их использования в качестве модулирующих НЧ-сигналов. В синтезаторе SoundSchool, в секции LFO, как и в секции Filter Envelope, имеются регулятор уровня и набор кнопок выбора параметров, к которым может быть применен механизм модуляции (**рис. 9.38**).

Рис. 9.38. *Для модуляции звука сигналом НЧ-генератора (LFO) задайте параметр rate и форму модулирующего НЧ-колебания (1), установите регулятором Amount уровень модуляции (2) и щелкните на кнопках тех настроек, которые подлежат модуляции (3)*

Синусоидальное колебание

Низкочастотные синусоидальные колебания создают эффекты медленного "плавания" звука. Обратите внимание на форму синусоидального колебания: оно нарастает и спадает плавными волнами. Мы не можем различить на слух отдельные волны в синусоидальном колебании звукового диапазона, воспринимая их как непрерывный тон. Однако, когда синусоидальное НЧ-колебание используется для модуляции характеристик звука, мы можем отчетливо различить периодические циклы изменения характера звука.

Загрузим установку 26 – Basic Square. В этой установке по умолчанию НЧ-генератор (LFO) настроен в режиме генерирования синусоидального колебания и модуляции им высоты тона, но регулятор Amount (уровня модуляции) установлен на 0. Установите регулятор Amount в секции LFO на 0.6, а регулятор Rate поверните против часовой стрелки, уменьшив значение этого параметра до 0.5. Нажмите клавишу ноты и не отпускайте ее, и вы легко услышите и увидите "качание" частоты прямоугольного колебания, вырабатываемого генератором, вверх вниз. (Но, конечно, не слушайте этот сигнал до головокружения.) Поверните регулятор Rate в секции LFO по часовой стрелке, установив его на 10, и вместо четко различимого плавания высоты тона вы услышите быстрое, переливчатое вибрато.

Треугольное и пилообразное колебания (ramp up/down)

Колебание треугольной формы, как и синусоидальное, состоит из периодических подъемов и спусков. Но в отличие от синусоидальной волны, где сигнал "зависает" на гребне и во впадине на непропорционально большое время (как на этих жутких "американских горках"), в случае треугольного колебания сигнал двигается вверх-вниз с постоянной скоростью. Разница незначительна, но бывает довольно ощутимой на слух. Не трогая регулятор Rate, который был установлен в предыдущем эксперименте на 10, переключите НЧ-генератор (LFO) в режим генерирования треугольного колебания. Вы услышите разницу в характере изменения высоты тона, но во всех остальных отношениях этот эффект аналогичен эффекту модуляции синусоидальным колебанием. Уменьшив параметр Rate до 0.5, вы, возможно, заметите, что, хотя "качание" высоты тона вверх вниз происходит, как и прежде, характер изменения высоты тона стал более "механическим" по сравнению с модуляцией синусоидальным колебанием, когда тон как бы замирает в крайних положениях (попробуйте переключать YX-генератор из режима генерирования треугольного колебания в режим генерирования синусоидального колебания и обратно при параметре Rate на отметке 0.5; обратите внимание на движение прямоугольного колебания на экране осциллографа Scope).

Разница между треугольным и синусоидальным колебаниями дает все больше о себе знать по мере изменения параметра симметрии колебания; чем ближе оно становится к пилообразному колебанию, тем отчетливее проявляется разница. Нажав и не отпуская клавишу ноты, плавно поворачивайте регулятор Symm, увеличивая значение этого параметра. Вниз по частоте тон начнет "скатываться" быстрее, чем вверх. Поверните регулятор Symm до упора, до значения 1, и колебание на выходе НЧ-генератора (LFO) из треугольного превратится в пилообразное. Пилообразные колебания, используемые в качестве модулирующего сигнала, как в данном примере, часто называют линейно нарастающими (ramp up) или линейно спадающими (ramp down), что отражает влияние, оказываемое ими на модулируемый параметр. Для получения эффекта линейного спада установите регулятор Symm на –1.

Прямоугольное колебание

Импульсное колебание при использовании в качестве модулирующего сигнала работает аналогично быстродействующему коммутатору, мгновенно изменяя значение модулируемого параметра — высокое-низкое-высокое и т.д. Для получения меандра установите регулятор Symm на 0. Установите регулятор Rate в секции LFO на 6, а затем нажмите клавишу ноты и не отпускайте ее. Это крайний пример импульсной модуляции, но такие резкие скачки частоты звука вверх-вниз бесполезны для использования в музыке. Уменьшите уровень модуляции, повернув регулятор Amount в секции LFO до 0.02, и установите регулятор Rate на 0.55. Опять нажмите клавишу ноты и не отпускайте ее: вы услышите простую автоматическую трель (вы можете отрегулировать настройки Amount и Rate по своему усмотрению).

Случайное колебание

Последний из предусмотренных в НЧ-генераторе (LFO) синтезатора SoundSchool типов модулирующих колебаний — случайное колебание, которое в соответствии со своим названием представляет собой случайную последовательность значений. Переключим НЧ-генератор (LFO) в режим Random и повернем регулятор Amount по часовой стрелке. Попробуйте использовать его для модуляции других параметров (Sym, Filter и Amp) в различных комбинациях. При большом уровне модуляции случайное колебание может быть использовано для реализации спецэффектов. При низком уровне модуляции (0.01 и меньше) оно позволяет имитировать звучание генератора с дрейфом настройки или сделать звук генератора немного более органичным. Этот эффект нельзя назвать похожим на эффект ухода частоты генератора, характерный для старых электронных инструментов, но его можно задействовать в конструкции патча.

Во многих синтезаторах этот сигнал называют не random (случайный), а noise (шумовой), потому что генераторы белого шума базируются на случайном процессе изменения параметра.

В **табл. 9.2** приведены основные типы колебаний НЧ-генератора (LFO), используемых в качестве модулирующих сигналов, и обобщающие варианты использования всех этих настроек в патчах.

Таблица 9.2. Использование основных типов колебаний, создаваемых НЧ-генератором (LFO) в патчах

Характер модуляции параметра	
Синусоидальный	"Качание" (с замедлением на гребне и во впадине модулирующего сигнала)
Треугольный	"Качание" (с равномерной скоростью во всем диапазоне изменения сигнала)
Пилообразный	Линейное нарастание, линейный спад
Прямоугольный	Скачки между высоким и низким значениями
Случайный	Случайные значения; шум

Окончание табл. 9.2

Эффект модуляции различных параметров	
Высота тона	Вибрато
Симметрия	Широтно-импульсная модуляция
Передаточная характеристика фильтра	Вау-вау
Амплитуда	Тремоло

Более подробно об этих эффектах читайте в главе 7.

Эффекты

Многие эффекты, рассмотренные в главе 7, используются не только в микшировании и сведении звукозаписей, но и в синтезе звуков. В этой главе мы уже обсуждали применение фильтрации и кольцевой модуляции. Ниже, в чисто условном порядке, перечислены другие эффекты, предусматриваемые обычно в синтезаторах и используемые для создания синтезированных звуков.

- Delay (задержка)
- Reverb (реверберация)
- Chorus/Flanger/Phaser (хоровое звучание/флэнжер/фэйзер)
- Overdrive/Waveshaper Distortion (перегрузка/искажение формы (дистошн))
- Multiband EQ (многополосная частотная коррекция)
- Dynamics Processors (процессоры динамических характеристик)

Практика: манипулирование эффектами задержки с помощью НЧ-генератора (LFO)

Из главы 7 вы уже знаете, как создать традиционный эффект задержки в стереозвуке. Поэтому органы управления в секции эффектов синтезатора SoundSchool (**рис. 9.39**) вам уже должны быть знакомы: регулятор Delay для установки времени задержки в миллисекундах, регулятор Del L-R для установки сдвига во времени между сигналами правого и левого каналов и остальные органы управления фазированием стереозвука, кнопка включения контура обратной связи Feedback и регулятор пропорции исходного/задержанного сигнала. С помощью этих органов управления вы можете реализовать эффект задержки в стереозвуке.

Ради интереса можно поиграться регуляторами LFO Rate и Amount, задающими параметры модуляции задержанного сигнала НЧ-сигналом (LFO). В дополнение ко всему, хотя это недокументированная возможность синтезатора SoundSchool, модулирующее НЧ-колебание синхронизировано с основным сигналом НЧ-генератора (LFO) синтезатора (секция которого находится в левом нижнем углу передней панели синтезатора). Это расширяет творческие возможности, позволяя совместно использовать модуляцию задержки НЧ-сигналом с модуляцией других параметров.

Рис. 9.39. *Секция эффектов на передней панели синтезатора SoundSchool выглядит, как типичная панель любого устройства задержки стереосигнала, но, что характерно для многих синтезаторов, копирующих аналоговый стиль, здесь также предусмотрена модуляция НЧ-сигналом (LFO). Регуляторы LFO Rate и Amount сделают эффект эха более интересным*

Загрузим предустановку 43 — Basic Modular Echo. Сыграйте несколько нот — и вы услышите в стереозвуке обычный эффект задержки. Обратите внимание на схему разводки основного сигнала НЧ-генератора (LFO), секция которого находится в левом нижнем углу передней панели синтезатора. Поскольку он модулирует амплитуду, звук пульсирует в такт с задержкой. (В качестве иллюстрации выключите кнопку Amp в секции LFO и послушайте, на что станет похож тот же самый звук без амплитудной модуляции. Потом снова включите эту кнопку.)

"Сдобрите" звук НЧ-сигналом. Поверните вправо регуляторы LFO Rate и Amount в секции Stereo Delay FX (попробуйте разные положения этих регуляторов, начиная с положения "на 9 часов" и выше). Вы услышите грубое, тягучее эхо.

Чтобы придать звуку разнообразие, используйте этот эффект совместно с дополнительным эффектом НЧ-модуляции. Щелкните на кнопках Sym и Filter в секции LFO для реализации эффекта резкой, хлюпающей модуляции.

Теперь посмотрим, что произойдет, если выбрать НЧ-сигнал другой формы. В секции LFO щелкните на кнопке Random. Случайный сигнал НЧ-генератора (LFO) модулирует симметрию, частоту отсечки фильтра и задержку. Поскольку все эти процессы синхронизированы, это придает ритмичность звучанию в данной установке, пусть даже реально вы слышите лишь воздействие одного НЧ-сигнала (LFO).

Вам также придется иметь дело и с более необычными процессорами, например вокодерами, а в некоторых синтезаторах — с такими эффектами, как случайный морфинг и свертка. Индивидуальный контроль влияния любого из таких эффектов, за исключением, возможно, реверберации, на синтезируемый звук желателен и необходим. Вам часто придется использовать сразу несколько эффектов, например одновременно обрабатывать звук фэйезером и процессором задержки или эффектом хорового звучания (chorus) и ревербератором, или компрессором и процессором искажений (дистошн).

В мире программных синтезаторов нет насущной необходимости во встроенных эффектах. Поскольку многие программные синтезаторы используются в качестве подключаемых модулей (как, например, в ПО Reason) или подключаются к базовому приложению по интерфейсу Re Wire, добавление стандартных эффектов в цепь обработки сигнала — это пустяки. Даже в случае использования аппаратных синтезаторов мало кому придет в голову подключать выходы клавиатуры к педали (или паре педалей) эффектов.

Так зачем тогда вообще затрагивать такую тему, как встроенные эффекты синтезаторов? Дело в том, что это просто удобно. Во-первых, встроенные эффекты подбираются не случайным образом, а целенаправленно. Во многие синтезаторы включают эффекты, предназначенные специально для использования с тем или иным инструментом. Это могут быть своеобразные эффекты, характерные только для данного инструмента, или просто универсальные эффекты, которые всегда могут понадобиться (например, эффект хорового звучания, эффект задержки и т.п.). Во-вторых, нельзя забывать также о таких вопросах, как синхронизация модуляции и простота маршрутизации сигнала; например, если НЧ-генератор (LFO) синтезатора невозможно синхронизировать с темпом, задаваемым базовым приложением, необходим встроенный эффект, чтобы иметь возможность синхронизировать его с НЧ-генератором (LFO) синтезатора (эта тема не столь актуальна, если имеется возможность синхронизировать с базовым приложением все что угодно). В-третьих, и, по-видимому, это самое важное, настройки встроенных эффектов находятся в самом синтезаторе. При загрузке того или иного патча автоматически устанавливаются и соответствующие настройки эффектов.

Соблюдайте меру

Разработчики программных синтезаторов иногда переусердствуют со встроенными эффектами. Они, например, включают во все установки настройки ревербератора, хотя часто это совершенно не нужно: в результате возрастает загруженность центрального процессора, а звучание теряет четкость. Разберитесь с “лазейками для эффектов”, заложенными в фирменные варианты предустновок. Неплохая идея — выключить все эффекты, сконструировать звук, а затем снова включить эффекты.

Следующие шаги

Конструирование звуков с помощью синтезатора — это, в первую очередь, искусство, хотя понимание назначения и качеств основных компонентов, используемых для этого, — это уже половина успеха. Теперь, когда вы понимаете, для чего используются те или иные кнопки и регуляторы в синтезаторе SoundSchool и как они влияют на звук, многие органы управления в других синтезаторах покажутся вам уже знакомыми. Вдобавок, поскольку вы уже освоили основные инструменты, вы можете самостоятельно компоновать из модулей собственные инструменты, например, в такой рабочей среде, как Reaktor (**рис. 9.40**) или Max/MSP.

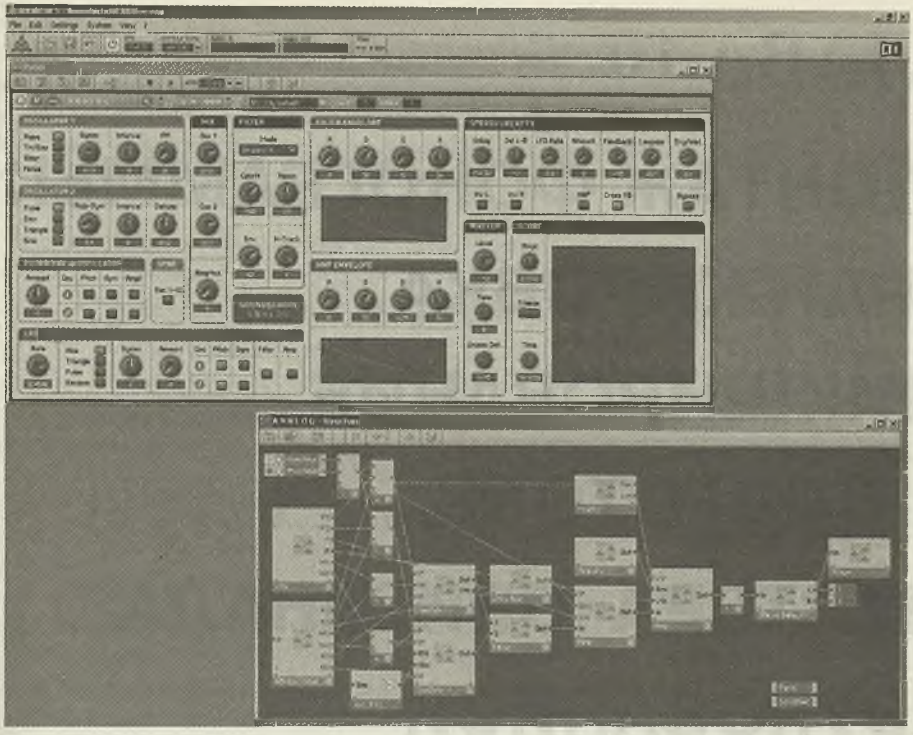


Рис. 9.40. *За передней панелью синтезатора SoundSchool (вверху) скрыт набор связанных между собой модулей, которые в действительности создают звук (функциональная схема внизу). В программе Reaktor 5 компании* Native Instruments *можно просматривать и редактировать эту схему (фото публикуется с любезного разрешения компании* Native Instruments, Inc.*)*

Углубленное обсуждение методов, лежащих в основе каждой из этих технологий синтеза звука, вы найдете в книгах, перечисленных ниже. Из них самой лучшей для практического освоения программирования является книга Джима Алана (Jim Allan). Другие книги имеют более академический характер изложения и не рассчитаны на тех, кто начинает изучать эту тему, но даже поверхностное знакомство с ними принесет определенную пользу, позволив лучше разобраться в основах конструирования звука (книга Кертиса Роадса и книга Чарльза Доджа и Томаса Джерси являются основополагающими работами).

- *Power Tools for Synthesizer Programming* by Jim Aikin (Backbeat Books, 2004)
- *Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance* by Charles Dodge and Thomas A. Jerse (Wadsworth Publishing, 1997)
- *The Computer Music Tutorial*, edited by Curtis Roads (MIT Press, 1996)
- *Computer Sound Design: Synthesis Techniques and Programming* by Eduardo Miranda (Focal Press, 2002)

ГЛАВА 10

Монтаж фонограммы: аранжировка, микширование и подготовка мастера-оригинала звукозаписи

После того как вы изучили все составляющие проекта, от MIDI-дорожек и инструментов синтеза до аудиозаписей и эффектов, пришло время собрать все воедино. Вы будете использовать аранжировку для компоновки завершенной композиции, микширование — для достижения сбалансированности и отделки звучания и мастеринг — для подготовки готовой работы к распространению.

Ключевые вопросы

Монтаж фонограммы

Мы пройдем процесс завершения музыкальной пьесы от аранжировки и микширования до создания мастера-оригинала, экспорта и распространения. Будут рассмотрены следующие темы.

- Управление файлами, недеструктивное редактирование и графический редактор аранжировки (arrangement view)
- Редактирование, группирование и разбивка на ритмические интервалы
- Балансировка компонентов микшируемого звука
- Микширование и распространение звукозаписей в формате surround sound

- Автоматизация микширования и огибающие
- Подготовка мастера-оригинала и завершающая отделка сведенной фонограммы
- Распространение готового произведения разными способами

Ключевые термины

- Детектирование/анализ ритмических интервалов, подгонка долей такта, нарезание звука на доли такта, квантование аудиозаписи
- Регионы; удаление пустых интервалов (strip silence)
- Метки/позиционеры (locator); дорожка темпа (tempo track); подпоследовательности (subsequences)
- Микширование; сведение фонограммы
- Коэффициент передачи; единичное усиление; измерение; выброс (over)
- Эффект пространственного разнесения источников звука (spatialization); стереозвук; панорамирование и регуляторы эффекта панорамы; объемный (surround) звук (квадро, 5.1, 7.1, LFE)
- Автоматизация; огибающие и контрольные точки
- Подготовка мастера-оригинала (мастеринг — mastering); контрольная фонограмма (reference mix); сведение (bouncing)
- Сглаживание; ограничение уровня шумов

С чего начать

Освойте графический редактор аранжировки (arrangement view) в используемой вами программе для компоновки музыкальной композиции. Затем переходите к изучению влияния коэффициента передачи и эффектов на микшированный звук с целью эффективной балансировки компонентов микшируемого звука.

Аранжировка

После того как все первичные материалы песни, композиции или другого аудиопроекта готовы, необходимо собрать из них окончательное произведение. Одна из привлекательных сторон программных инструментов цифровой звукозаписи — их гибкость, способность творчески манипулировать структурой проекта. В прежние времена творческая студия композитора, например Бетховена, была усыпана листами бумаги, на которых он делал наброски и правки. Еще лет двадцать назад аранжировка аналоговой записи на катушечном магнитофоне заключалась в вырезании из магнитофонной ленты кусочков и их склеивании. В противоположность этому программные студии цифровой звукозаписи обеспечивают практически безграничные возможности реализации любых творческих сценариев. Вы уже не связаны рамками жесткой структуры, которую вы планировали на этапе записи дорожек. В ваших руках мощные средства управления композицией для перекомпоновки материалов, от незначительных "подчисток" до полной перестройки музыкальной композиции.

Аранжировка музыки подразумевает коррекцию широкой группы разных элементов, в том числе мелодической линии и гармонии басовых инструментов, гармонии многоголосия и инструментовки. Все эти моменты жизненно важны для музыки, но их обсуждение выходит за рамки данной книги. Наша задача — научиться с помощью программ цифровой звукозаписи компоновать из аудио- и MIDI-элементов готовую композицию, выстраивая их в заданной последовательности и согласуя между собой.

Файл сведения проекта

Аудиофайлы

Файл проекта

Проект сведения цифровых аудиозаписей — это совокупность аудиофайлов и/или MIDI-данных. Эти крупные порции звуков и нот могут быть по содержанию самыми разными — циклически повторяемые MIDI-образцы и аудиообразцы (см. главу 5), записи вокала, речи, инструментальных партий и записи "живых" звуков, записанных вне студии (см. главу 6), или музыкальные фразы в MIDI-формате и партии виртуальных инструментов, исполняемые синтезатором (см. главы 8 и 9). Файл сведения проекта (mix project file), или просто project (проект), — это файл, в котором все эти компоненты сведены воедино и из них "выстроена" законченная музыкальная композиция.

Создавая новый многодорожечный файл в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), будь то новый session-файл в Pro Tools или новый set-файл в Ableton Live, мы создаем файл сведения проекта. Это файл, в котором хранятся аудиофайлы и нотные данные (или ссылки на них), аранжировка, параметры микширования, — короче, вся информация о компоновке и исходных данных. Как вы заметите, в результате получается сравнительно небольшой файл — часто меньше мегабайта. Это объясняется тем, что аудиоданные, независимо от того, записываются ли они непосредственно в проект или импортируются из другого источника, хранятся в отдельных файлах (хотя MIDI-данные хранятся в файле проекта, но, как мы уже видели, они занимают очень мало места).

Недеструктивное редактирование

Аудиофайлы, записываемые или импортируемые в проект сведения, хранятся на жестком диске отдельно от файла проекта. Таким образом, когда вы передвигаете графическое изображение звука на экране или пропускаете дорожку звукозаписи через подключаемые модули эффектов, это никоим образом не изменяет исходные аудиофайлы. Прямоугольные блоки, которые вы видите на экране монитора в окне аранжировки, играют роль указателей на базовые аудиофайлы. Они называются *регионами* (*region*) (**рис. 10.1**).

Редактирование, при котором исходные копии аудиозаписи, независимо от каких угодно манипуляций аудиоинформацией, остаются неизмененными, называется недеструктивным редактированием. При редактировании аудиоданных в файле проекта в исходные аудиофайлы не вносится никаких изменений. Программа считывает аудиофайлы с жесткого диска, обеспечивая возможность контроля изменений, вносимых в процессе сведения проекта, но вся информация о том, какие изменения вносятся в исходный аудиофайл, сохраняется в файле проекта. Поэтому, если вам по тем или иным причинам понадобится исходный аудиофайл, вы найдете его в первозданном виде.

Рис. 10.1. *Прямоугольные блоки ("regions" — "регионы"), которые вы видите на экране в окне рабочей станции цифровой звукозаписи DAW (1) (в качестве примера показано окно программы Pro Tools), играют роль меток-заполнителей (placeholder) аудиофайлов (2), хранящихся на жестком диске. Вы можете разрезать, переделывать и передвигать их как угодно, не нарушая самих файлов, которые они представляют. Рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW) воспроизведет их в установленном вами порядке в потоковом режиме, считывая аудиоданные из файлов, хранящихся на жестком диске, или из оперативной памяти, в которую они загружаются перед воспроизведением*

Но некоторые правки можно выполнить только путем внесения изменений в файл. В этом случае рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW) автоматически создает дубликат файла. Автоматическое дублирование приводит к появлению резервных копий файлов, которые иногда не нужны, поэтому вы можете периодически просматривать список файлов, хранящихся в папке вашего проекта, и удалять ненужные (см. следующий раздел, "Управление файлами").

Не все инструменты редактирования аудиофайлов являются недеструктивными. Типичные редакторы звука — BIAS Peak и Sony Sound Forge — осуществляют деструктивное редактирование. Это вовсе не означает невозможность отмены внесенных изменений: в большинстве таких программ предусмотрен многоуровневый механизм отмены изменений, и вы можете, используя комбинацию клавиш <Ctrl+Z> (или <Cmd+Z> в Mac-компьютере), "откатываться" назад, шаг за шагом отменяя внесенные изменения. Хотя многоуровневый механизм отмены изменений (undo) и недеструктивное редактирование — это не одно и то же: механизм отмены изменений сохраняет список выполненных действий, поэтому, когда вы по какой-либо причине даете команду отменить их, выполняются обратные действия. Программы, осуществляющие деструктивное редактирование, обязательно хранят "неприкасаемые" копии исходных файлов.

Совет. Когда вы даете команду сохранить результаты работы, большинство программ опустошает буфер undo, и после этого вы лишаетесь возможности отменить изменения, внесенные до этого.

В рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) недеструктивное редактирование возможно только в определенных режимах редактирования. Во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) имеются интегрированные редакторы звука, работающие в режиме waveform view или audio file view. Эти редакторы предназначены для индивидуального редактирования аудиофайлов. Например, увеличьте громкость или подрежьте конец файла — и редактор внесет эти изменения в аудиофайл. Возможность

отменить их остается до тех пор, пока вы не дадите команду сохранить проект. Если необходимо сохранить исходный файл, сделайте его копию (в некоторых редакторах звука это делается автоматически).

Управление файлами

В многодорожечном аудиопроекте часто возникает необходимость сохранить взаимосвязь множества аудиофайлов с файлом проекта. Например, у вас есть файлы, импортируемые из внешнего источника, скажем, звукозаписи, переносимые из портативного записывающего устройства. А еще есть файлы, записанные в процессе создания проекта, например вокальные и инструментальные дорожки, записанные на компьютере. Мало того, у вас могут быть записи звука, рожденного в самом компьютере — созданного программным синтезатором, если вы запишете синтезированный аудиосигнал в дорожку звукозаписи, или скопированного с CD-ROM или DVD, уже записанного кем-то.

Поскольку в файл проекта сами аудиозаписи не включаются, а имеются только ссылки на них, хранение аудиофайлов проекта должно быть упорядочено. Чаще всего при создании нового проекта рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW) создает отдельную папку под названием например "Audio Files" или "Clips", в которую складываются все эти файлы. Любой новый аудиофайл, созданный в конкретном проекте, заносится в папку файлов проекта. В эту папку также могут автоматически копироваться импортируемые файлы, хотя в стандартных, заданных по умолчанию, настройках рабочей станции эта опция часто отключена (проверьте пользовательские настройки (preferences) в своей рабочей станции). При импортировании аудиофайла в проект может появиться диалоговое окно запроса на копирование такого файла в папку открытого проекта.

Если аудиоприложение не сможет найти аудиофайлы, на которые имеются ссылки в файле проекта, оно выдаст сообщение об ошибке и при сведении заблокирует включение этой аудиоинформации в фонограмму (типичное сообщение об ошибке имеет следующий вид: "disconnected media", "can't find file" или подобного рода текст). Во избежание таких ошибок следите за тем, чтобы все записи, включаемые в проект, хранились в папке аудиофайлов данного проекта, и при перемещении проекта не забывайте переносить эту папку. Некоторые приложения выполняют автоматический поиск отсутствующих файлов, но, конечно, лучше аккуратно их хранить, в первую очередь, чтобы не затягивать процесс сведения фонограммы.

Хотя важно не потерять файлы, используемые в проекте, хотелось бы иметь возможность убирать из проекта неиспользуемые файлы. Помимо файлов, включенных в проект, накапливается масса аудиофайлов, записанных или импортированных из разных источников, которые не имеют отношения к данному проекту, а также резервные копии аудиофайлов, создаваемые аудиоприложением в процессе редактирования. В большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрены инструменты управления файлами, идентифицирующие неиспользуемые аудиофайлы. Эти инструменты используются обычно тогда, когда проект практически завершен, — с их помощью вы можете очистить жесткий диск от ненужных файлов, удалив их.

Графический редактор аранжировки (Arrangement View) и временная шкала (Timeline)

Аудиофайлы и MIDI-данные — это компоненты, из которых путем микширования получается готовая фонограмма. В процессе аранжировки эти компоненты выстраивают

Рис. 10.2. *Просмотрщик аранжировки (arrangement view) (1) обеспечивает графическое представление одновременно множества разных дорожек звукозаписи — как аудио-, так и MIDI-данных. В качестве примера показано окно аранжировки в программе Cakewalk SONAR. Временная шкала (timeline) (2) в верхней части окна, отображает хронологическую последовательность в метрических или тактовых единицах (публикуется с любезного разрешения компании* Twelve Tone Systems, Inc.*)*

в определенном порядке, собирая из них целостную структуру музыкального исполнения. Например, у вас есть аудиофайлы партии скрипки и партии фортепиано и многодорожечная смесь, в которую они входят как компоненты. В предыдущих главах вы уже познакомились с инструментами графического представления данных, используемыми в ПО цифровой звукозаписи — графическими редакторами аудиофайлов (waveform audio view) и MIDI-файлов (MIDI edit view), которые предназначены для работы с отдельными компонентами проекта. Графический редактор аранжировки (arrangement view) обеспечивает графическое представление многодорожечной композиции, отображая взаимное расположение всех компонентов проекта на временной шкале (**рис. 10.2**).

В разных программах, как обычно, окно просмотра аранжировки называется по-разному. В Apple Logic Pro оно называется Arrange window, а в Pro Tools аналогичное окно названо Edit window. Естественно, и возможности работы с данными в таком варианте представления в разных программах разные. Например, в одних приложениях предусмотрена возможность оперативного редактирования отдельных MIDI-нот, а в других — нет. Хотя сходства все же больше чем отличий. В общем, любое окно, в котором аудио- и MIDI-данные, записанные в дорожках, отображаются бок о бок в виде временных графиков, идущих горизонтально по экрану, и имеются основные инструменты редактирования, компоновки и микширования, считается графическим редактором аранжировки (arrangement view). Поскольку в этом окне показана вся композиция, именно в нем вы будете выполнять львиную долю крупномасштабной компоновки, переходя при необходимости в окно более подробного представления данных для внесения "ювелирных" правок.

Временная шкала (*timeline*) в верхней части окна обеспечивает привязку по времени хронологической последовательности в отсчетах по времени или в тактовых периодах. Она отображает линеарную структуру песни или любой другой композиции. Временная

шкала отображает также изменения размера такта, встречающиеся в песне. В некоторых программах она отображает также изменения темпа.

В большинстве программ цифровой звукозаписи вы можете просматривать и редактировать свои музыкальные сочинения привычными и удобными для музыкантов порциями — долями такта, тактами и более крупными фрагментами, которым вы можете присваивать названия по своему усмотрению, например "intro", "verse", "chorus". Можно редактировать аранжировку такими более крупными фрагментами, полностью меняя общую структуру композиции, или работать на микроскопическом уровне, например, выполняя более деликатное редактирование. Мы начнем в этой главе с небольших порций, переходя постепенно ко все более крупным фрагментам структуры музыкального сочинения.

Ритмические сегменты и доли такта в аудиозаписи

Начнем с рассмотрения технологии разбиения аудиозаписи на доли такта. Даже на этапе аранжировки по многим причинам может возникнуть необходимость в работе с звукозаписью на уровне долей такта. Она может возникнуть, например, при "подгонке" циклически повторяемых аудиообразцов для создания эффекта манипулирования музыкальными фрагментами в стиле ди-джеев, при создании новых аранжировок и образцов музыкальных ритмов. Вы можете почувствовать необходимость усилить выразительность уже имеющегося исполнения, например изменить характер ритма мелодической линии басов или подправить незначительные нарушения ритма в записанном исполнении. Вам может понадобиться изменить порядок ритмов в партии ударных инструментов, чтобы реализовать новую идею, или разрезать на отдельные слова вокальную партию. Может потребоваться разбить инструментальную партию на мельчайшие порции и воссоздать ее доля за долей такта.

Но по какой бы причине вам это ни понадобилось, работа с аудиоданными на уровне отдельных битов диктует особые требования. Несложно манипулировать долями такта и тактами, когда имеешь дело с записью в формате MIDI, синхронизированной по сигналу метронома, или с записанными в одном из стандартных форматов цепочками циклически повторяемых аудиообразцов (loop), в которых содержится тактовая информация. О форматах записи цепочек циклически повторяемых аудиообразцов (Apple Loops, REX и ACID (модификация WAV)) и о том, как они используются в музыке, читайте в главе 5. Но аудиосигнал, даже если он при записи был синхронизирован по сигналу метронома, в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) отображается обычно в виде непрерывного колебания, поэтому разрезать его на доли такта приходится вручную. И не всегда ритмы, присущие аудиосигналу, будь то импортируемая или созданная собственными руками аудиозапись, дают четкую привязку к метроному.

Инструменты автоматического обнаружения ритмических интервалов

В цифровой записи звука, по самой его природе, отсутствует явная информация о таких вещах, как конкретные ноты или доли такта, поэтому единственным способом приблизить возможности редактирования аудиозаписи к тому, что можно делать с MIDI-данными, — это разрезать аудиозапись на ритмические интервалы и работать с ними. Для реализации этой технологии многие аудиоприложения "научены" по косвенным признакам различать в звуке ритмические интервалы и манипулировать ими.

- **Обнаружение и анализ ритмических интервалов.** Программа детектирует скачки уровня сигнала (характерные для удара по барабану или фазы атаки ноты басово-

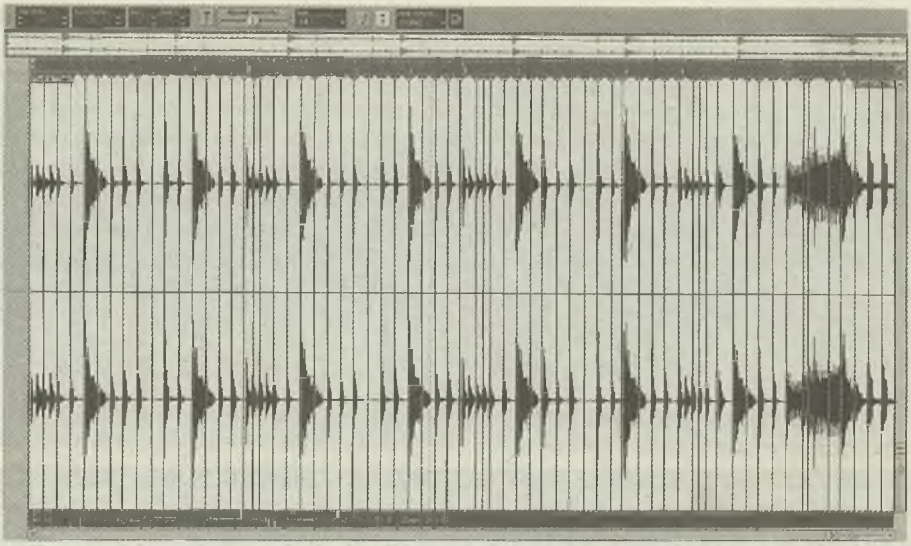


Рис. 10.3. *Пример анализа тактовой структуры аудиозаписи в программе Cubase SX с помощью алгоритма обнаружения местоположения долей тактов в аудиозаписи. В случае необходимости полученные результаты можно затем точно откорректировать вручную. После идентификации долей такта вы можете манипулировать ими с такой же легкостью, как MIDI-нотами*

го инструмента) или другие особенности, которые указывают на возможное местоположение начала доли такта в ритме басового звучания. Исходя из обнаруженного месторасположения резких переходов звука и результатов, полученных с помощью других методов анализа звука, программа разбивает фрагмент аудиозаписи на доли такта (**рис. 10.3**).

- **Подгонка долей такта.** Сопрягая отдельные доли такта в аудиосигнале с координатной сеткой, двигая их взад-вперед для подстройки к темпу вы можете подгонять разные фрагменты аудиозаписи к единому темпу, независимо от их изначального темпа. Эта технология используется обычно для цепочек циклически повторяемых аудиообразцов, в частности для реализации стиля ди-джеев, но ничто не мешает применять ее для обработки любых, а не только циклически повторяемых, аудиообразцов.
- **Нарезание звука на доли такта.** После того как эти доли такта идентифицированы, их можно (если это нужно) вырезать из аудиозаписи и манипулировать ими, в том числе перемещать независимо друг от друга (**рис. 10.4**).
- **Квантование аудиозаписи.** В ряде программ к звуку, "нарезанному" на доли такта, можно применить метод квантования по заданному ритмическому трафарету, используя в качестве ритмического трафарета MIDI-дорожку или еще одну аудиодорожку, а также превратить ритмический рисунок участка аудиодорожки, производящий неповторимое впечатление, в шаблон квантования по заданному ритмическому трафарету (groove quantization template) и применить его к другим участкам (о квантовании по заданному ритмическому рисунку (groove quantization) подробнее рассказано в главе 8).

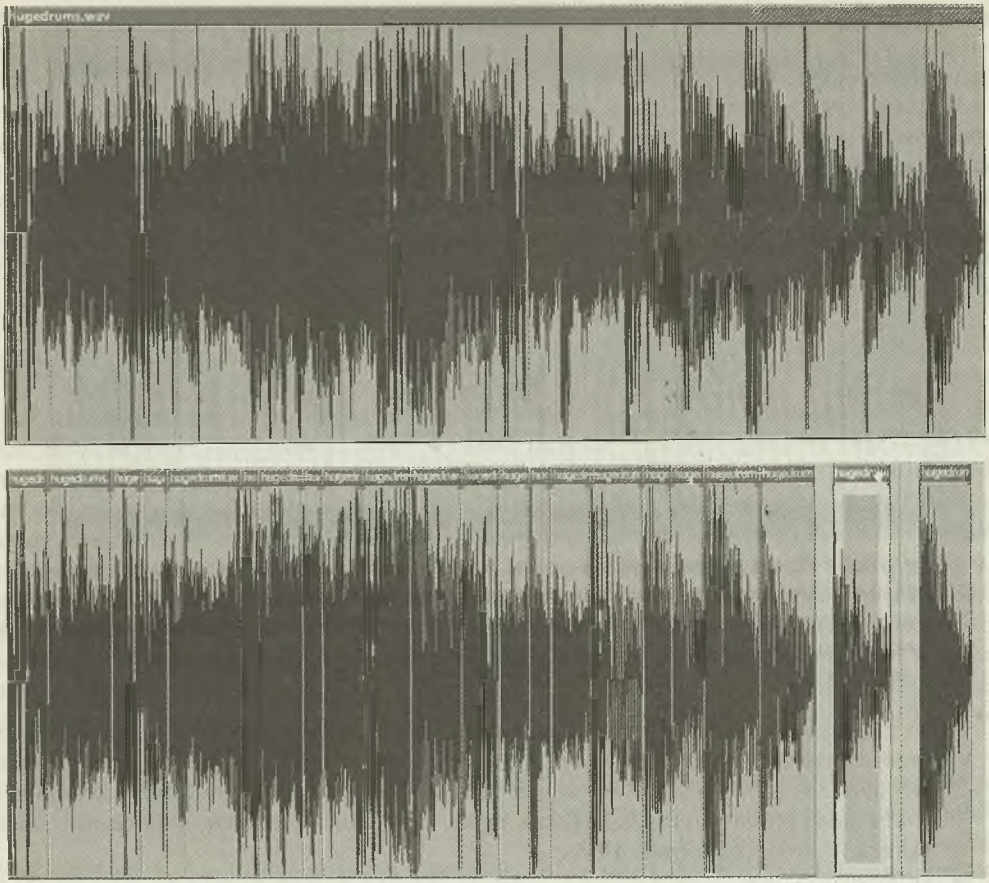


Рис. 10.4. *Использование технологии автоматического детектирования тактовой структуры аудиозаписи экономит время, затрачиваемое на разрезание аудиозаписи на ритмические интервалы. Например, в Digital Performer имеется команда Create Soundbites From Beats для конвертирования идентифицированных долей такта в отдельные ритмические сегменты (slice) записи, допускающие независимое редактирование. Эта технология столь же эффективна для обработки аудиозаписей речи, как для обработки аудиозаписей ударных инструментов*

По мере внедрения технологий распознавания тактовых интервалов, подгонки, разрезки и квантования аудиозаписей в практику цифровой звукозаписи они все чаще появлялись, наряду с другими инструментами обработки аудиозаписей, в различных рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW). В разных программных приложениях эти инструменты могут называться по-разному: в программе Digidesign Pro Tools они собраны в отдельном окне под названием Beat Detective, в программе Stemberg Cubase им присвоено общее название Audio Warp, в программе Cakewalk SONAR они сгруппированы в графическом редакторе Loop Construction View, а в программе MOTU Digital Performer они получили название Beat Detection Engine и собраны в меню Audio и в окне Soundbite.

В программе Ableton Live реализация этой концепция выполнена особым образом — через инструменты, которые получили название Warp Markers и (для автоматического

анализа) Auto Warp, отображаемые на уровне клипов, хотя в Ableton Live не предусмотрены инструменты квантования аудиозаписи по MIDI-трафарету (audio-to-MIDI), как и квантования MIDI-записи по аудиотрафарету (MIDI-to-audio).

Все более популярными становятся интегрированные инструменты детектирования ритмических интервалов, но наряду с этим имеются также мощные автономные средства реализации этой технологии. Одним из наиболее популярных инструментов детектирования ритмических интервалов и разрезки аудиосигнала на доли такта является приложение ReCycle компании *Propellerhead* (`www.propeller-heads.se`). ReCycle обеспечивает предварительную подготовку аудиозаписи для использования в других приложениях путем ее преобразования в файловый формат REX (этот вопрос рассматривался в главе 5). Многие рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) загружают и воспроизводят REX-файлы. Уникальность REX-файлов заключается в том, что каждому ритмическому сегменту ставится в соответствие MIDI-нота. Таким образом, вы можете исполнять их как набор ударных инструментов (drum kit) или изменять их порядок и аранжировать, используя MIDI-тоны. Это обеспечивает уникальные возможности, например, транспонирование MIDI-образца для создания совершенно другого звука барабана. Вместо того чтобы с помощью программы ReCycle, совместимой с Mac/Windows, самостоятельно готовить аудиофайлы, можно купить обширные библиотеки звуков в формате REX. Программа ReCycle была первой программой детектирования и разбиения аудиофайлов на ритмические интервалы, предназначенной для широкого круга пользователей, и некоторые из "фокусов", которые можно делать с REX-файлами, не так просто повторить с помощью какой-либо другой технологии.

Как работает технология "деформирования"

Одним из огромных преимуществ технологии обнаружения и разбиения аудиозаписи на ритмические интервалы является то, что она обеспечивает возможность более легко и более точно "деформировать" (warp) аудиозапись под заданный темп. Деформирование (warping) аудиозаписи называют также растяжением во времени (time-stretching).

Изменить темп исполнения MIDI несложно: все, что нужно для этого сделать, — задать в аудиоприложении необходимую скорость передачи MIDI-сообщений. Исполнение MIDI-ноты, например, состоит из двух сообщений — сначала идет MIDI-сообщение типа note-on, а за ним — note-off. Если между сообщениями note-on и note-off при темпе исполнения 120 bpm (bpm — beat per minute, долей такта в минуту) временной интервал составляет 1/4 секунды, то при темпе 60 bpm между ними будет 1/2 секунды. Изменить темп аудиозаписи куда сложнее. Как уже объяснялось в главе 5, в случае цифровой звукозаписи можно изменить темп, сохранив неизменной тональность (в отличие от аналоговых магнитофонов и проигрывателей — в этом случае скорость воспроизведения и тональность звучания записи взаимосвязаны). Одна из проблем заключается в том, что при растяжении целиком звука, например удара барабана, будут растянуты все фазы звука, т.е. фаза атаки станет продолжительнее и звук удара потеряет характерную резкость атаки. Другая проблема заключается в том, что при растяжении всего аудиофайла все тактовые интервалы в нем растягиваются в одинаковой пропорции, что может привести к несовпадению отдельных интервалов с заданным темпом исполнения (начало и конец аудиофайла могут быть в нужных местах, но при этом внутренние тактовые интервалы могут не совпасть с заданным ритмом).

Алгоритм деформирования (warping) обеспечивает разбиение аудиозаписи на ритмические интервалы, сохраняя переходные участки, характерные для звуков ударных инструментов и более аккуратно растягивая во времени отдельные доли такта. Это также

означает возможность индивидуального управления длительностью долей такта: расставляя метки, указывающие месторасположение каждой доли такта, вы можете переносить их с места на место или независимо изменять их продолжительность, а программа аккуратно подгонит их к темпу музыки.

Технология вырезания (slice) подходит не только для цепочек повторяющихся звуков ударных инструментов (drum loop). Невзирая на свои "узкоспециализированные" названия, инструменты разбиения аудиозаписи на ритмические интервалы вполне подходят для обработки и инструментальных партий. Вы можете попробовать использовать инструменты типа construction/beat marker для разбиения слов на ритмические сегменты или (используя функцию Strip Silence, показанную на **рис. 10.7**) регионы. По завершении такой операции вы сможете легко изменять их порядок, редактировать, аранжировать и перестраивать ритмический рисунок исполнения.

Советы по деформированию (warping) аудиозаписей в Ableton Live. Воспользуйтесь образцами, записанными на прилагаемом к книге DVD, для освоения этой операции, используя для этого в качестве ритмического трафарета цепочку циклически повторяемых образцов звука ударных инструментов (drum loop). Прочитайте урок Live Drum Lesson в папке Extras.

Использование технологии деформирования при работе с музыкой

Хотя методики использования инструментов деформирования аудиозаписей в разных программах несколько отличаются, между ними, конечно, есть достаточно много общего.

1. **Задаем размер, длительность.** Музыканты, как правило, на слух легко определяют размер и длительность такта, слушая исполнение музыкального сочинения. А вот программы с этим справляются с большим трудом. В общем случае вы сами должны указать, что сэмпл состоит из четырех тактов и размер такта составляет 4/4.
2. **Разбиваем сэмпл на доли такта.** Следующий шаг — программа автоматически расставляет границы долей такта, детектируя резкие скачки сигнала, характерные для звуков ударных инструментов, и отмечая их метками (**рис. 10.5**).

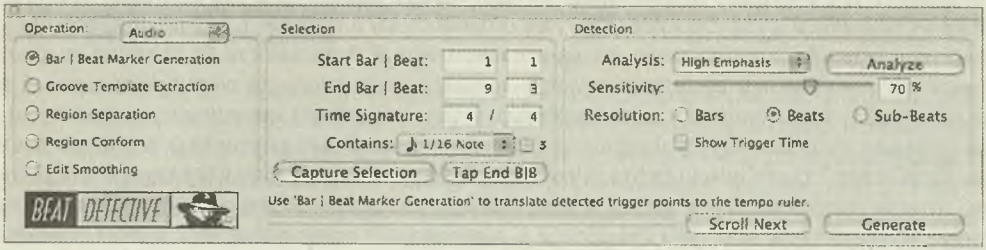


Рис. 10.5. *Средства автоматического обнаружения ритмических интервалов могут в ряде случаев и автоматически распознать темп исполнения, но дополнительные органы настройки дают возможность получить более надежные результаты или скорректировать значения, полученные путем автоматического распознавания. Например, в инструменте Beat Detective в программе Pro Tools предусмотрена возможность задания метода, чувствительности и информации, касающейся содержания распознаваемой аудиозаписи*

3. **Настраиваем инструмент на необходимую точность.** В ряде приложений вы можете задавать чувствительность распознавания, чтобы получить желаемую точность выполнения этой операции. Практически в любом приложении вы можете вручную передвигать метки, изменяя их позиции так, чтобы они стояли точно на границах доли такта.
4. **Работаем с долями такта.** По завершении анализа начинается самое интересное. Вы можете сдвигать доли такта по оси времени, подгонять цепочки циклически повторяемых аудиообразцов к единому темпу или (не во всех программах) выполнять квантование MIDI-to-audio, и наоборот. Поскольку в аудиозаписи доли такта уже помечены, эти операции выполняются достаточно гладко. Можно, например, выполнять квантование по такой аудиозаписи так, как будто это запись в формате MIDI, или увеличить заданный темп исполнения сочинения, и программа автоматически сократит продолжительность цепочек циклически повторяемых аудиообразцов, подогнав их с помощью механизма деформирования под него.

Ниже приведены возможные варианты использования этой технологии на практике.

- **Усиление исполнения.** Партия ударных инструментов сыграна почти идеально, за исключением нескольких ударов, которые сделаны слишком рано или слишком поздно? Разбив участок записи, в котором находятся эти удары, на ритмические сегменты и скорректировав их, вы с ювелирной точностью отредактируете запись.
- **Изменение характера ритма.** Если используемое вами приложение поддерживает квантование аудиозаписей по заданному ритмическому трафарету (groove quantization), вы можете перенести характер ритма, присущий выбранному вами аудиосэмплу, на любую аудио- или MIDI-запись. Вы можете сделать и обратное: подвергнуть квантованию по заданному ритмическому трафарету аудиозапись таким же образом, как вы делаете это с MIDI-нотами.
- **Подгонка цепочек циклически повторяемых аудиообразцов (loop) и других аудиозаписей.** При новой аранжировке ("remix" — "ремикс") музыки, преобразовании цифровой звукозаписи с целью изменения параметров дискретизации ("resampling" — "ресэмплинг"), оперативной цифровой звукозаписи вне студии (live sampling) и выполнении множества других разнообразных задач технология деформирования (warping) тактовых интервалов с целью подгонки звукозаписи к синхронизированному темпу дает возможность объединять аудиоматериалы, которые иначе звучали бы "невпопад". Аудиофайлы звукозаписей, выполненных в разном темпе и даже в одном и том же темпе, но отличающиеся ритмическим рисунком и характером ритма, могут быть согласованы друг с другом с помощью этой технологии (о том, как использовать эту технологию в "живом" исполнении, читайте в главе 13).
- **Создаем регионы (region) и метки (marker) для аранжировки.** Могут быть и другие причины, по которым необходимо разбить аудиозапись на ритмические интервалы, вовсе не связанные с необходимостью подгонки к заданному размеру и темпу. Например, может возникнуть необходимость разделить речевую фонограмму на отдельные слова. После того как слова выделены как регионы, ими можно легко манипулировать индивидуально, применяя эффекты, увеличивать и уменьшать громкость отдельных слов и вносить любые коррекции, которые вы считаете нужными.

Регионы

Регионы (*region*) — это блоки данных (аудио, MIDI или смешанные) в рамках более крупного проекта. Например, в вашем проекте может быть несколько записей группы духовых инструментов оркестра, разные пассажи ударных инструментов, пара сольных фортепианных партий и т.д.; все они — отдельные регионы в более крупном проекте.

Если вам уже доводилось работать с программами, базирующимися на циклическом повторении аудиообразцов, значит, вы уже работали с регионами. Аудио- и MIDI-образцы, рассмотренные в главе 5, представляют собой просто аудиоблоки или блоки, составленные из MIDI-нот, которые автоматически повторяются. В программе GarageBand компании *Apple* эти аудио- или нотные блоки даже названы "regions" ("регионы"), а не "loops" ("циклически повторяемые аудиообразцы"), давая понять, что они необязательно должны циклически повторяться. В программах Mackie Tracktion и Ableton Live эти блоки названы "clips" ("клипы"); в программе Cubase они названы "parts" ("элементы"). В других программах для них используются такие названия, как "sequences" ("циклы") или "patterns" ("трафареты"). Мы будем использовать общее название — "регионы".

При работе с данными в формате аудио, каждый регион изначально будет включать в себя единственный аудиофайл. При записи каждого нового дубля или перетаскивании импортируемого аудиофайла в аранжировку на экране будет появляться прямоугольное окно с графиком аудиозаписи, как в примере, показанном на **рис. 10.6**. Вы можете трансформировать файл, например растянуть или сжать его, потянув за края прямоугольного окна, или задать циклическое повторение аудиозаписи, или передвинуть его вперед-назад вдоль временной шкалы, потянув прямоугольник за центр, или перетащить вверх-вниз на другую дорожку. Конкретные приемы выполнения этих операций могут отличаться в зависимости от приложения, в котором вы работаете.

Рис. 10.6. *Типичная картина — два аудиорегиона в окне программы Apple Soundtrack Pro (1). Этот тип интерфейса получил такое широкое распространение, что его можно считать стандартным. Возможность передвигать вперед-назад по окну, обрезать, копировать и вставлять регионы расширяет возможности аранжировки, особенно с пополнением этого арсенала таким инструментом, как "razor blade" ("бритва"), позволяющим в случае необходимости разрезать регионы на сегменты (2)*

В большинстве приложений имеется такой инструмент, как "razor blade" ("бритва"), или аналогичный ему для разрезания региона на сегменты (хотя большинству из нас не приходилось редактировать аналоговые магнитофонные записи, разрезая магнитную ленту, этот стереотип перекочевал и в цифровую технологию). "Цифровая бритва" позволяет разрезать регион на отдельные части, которые можно двигать независимо друг от друга.

В случае записи в формате аудио разрезы, выполненные "цифровой бритвой", недеструктивные. Иными словами, вы можете записать, например, фразу "Когда моя крошка сбежала от меня", разрезать эту аудиозапись на отдельные слова и скомпоновать дорож-

ку звукозаписи, которая будет звучать так: "когда-когда-когда-моя-моя-моя..." и т.д. В каждом регионе будут использоваться данные, хранящиеся в исходном аудиофайле записи этой фразы, и вносимые вами правки не приведут к его изменению, пусть даже на экране вы увидите ряд регионов, идущих друг за другом по оси времени.

Недеструктивное редактирование. При недеструктивном редактировании аудиофайлы хранятся отдельно от файла аранжировки; регионы в файле аранжировки указывают, в каком месте композиции воспроизводятся эти файлы.

Не теряйте связи с файлами проекта. Поскольку в файле аранжировки имеются всего лишь ссылки на файлы, хранящиеся где-то на жестком диске, важно, чтобы не была потеряна связь приложения с этими файлами. Проверьте, что в вашем приложении включены настройки автоматического копирования файлов в сборную папку аудиоинформации, созданную для данного проекта, и не переносите их в другое место. (Это еще более важно, когда вы используете файлы в нескольких проектах одновременно; читайте раздел "Коллективная работа над проектами" далее в этой главе).

Еще один способ задания регионов — использование команды Strip Silence, которая служит для определения участков разрывов (gap) в звукозаписи по заданному минимальному динамическому порогу и длине паузы (**рис. 10.7**). Например, можно использовать команду Strip Silence для поиска разрывов в записи речи и затем сократить разрывы между словами. Команда Stripe Silence позволяет не только устранить разрывы между участками записи, например вокальными, но и создать из участков записи, находящихся между разрывами, новые регионы для последующего редактирования.

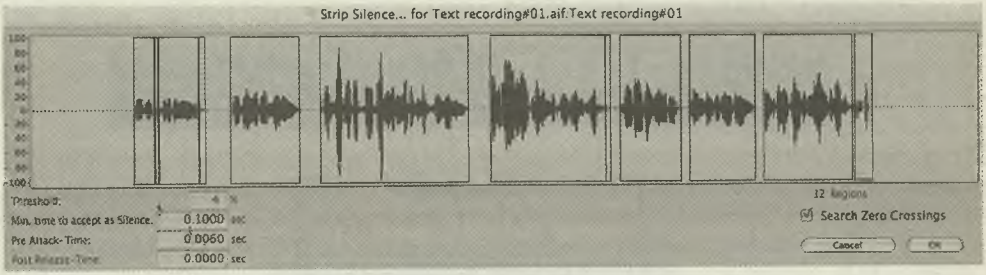


Рис. 10.7. *Функция Strip Silence в программе Logic Pro позволяет создавать новые регионы из аудиофайла, идентифицируя участки, уровень звука на которых находится ниже заданного порога, как разрывы между участками записи*

Что касается MIDI-данных, то в этом случае можно задать или более густую координатную сетку для определения регионов в долях такта и тактах, или гибко скорректировать точки начала и конца регионов. (В ряде приложений, например в MOTU Digital Performer, предусмотрена даже возможность настройки автоматического регулятора чувствительности на выделение начала и конца фразы, что облегчает отбор.) После задания начальных и конечных точек регионов MIDI-регионы в большинстве программ по функциональными возможностям ничем не отличаются от аудиорегионов. Их можно разрезать на части, передвигать, копировать и корректировать как угодно. Единственным

существенным различием является то, что редактирование MIDI-регионов является обычно деструктивным. Если вы разрезаете регион или переносите в нем ноты с места на место, то вы редактируете оригинал MIDI-данных, поэтому, возможно, имеет смысл заранее сделать резервную копию оригинала, записав ее в резервную дорожку, прежде чем вносить серьезные коррекции, если вы не уверены "на все сто" в том, что делаете.

Метки и координатные сетки

Вероятно, в вашем проекте будут особенно важные блоки времени на временной шкале композиции, например речитатив или хор в сочинении, переходы в инструментальной партии, части в струнном квартете или режиссерские метки записи звукового сопровождения фильма. Другие блоки времени, например пара тактов, в которых барабанщик не попал в такт с музыкой, с точки зрения точности совмещения будут не столь критичны. В процессе работы над проектом вы часто будете иметь дело с этими особыми блоками. В вашем распоряжении имеется несколько базовых технологий для работы с более короткими участками в масштабах временной шкалы проекта.

- **Настройки** In/out/cycle. Используя настройки in и out или punch на панели управления механизмом записи/воспроизведения, вы можете не только записывать данные в заданное место, но и редактировать события в пределах выделенного региона. В большинстве приложений предусмотрена также возможность циклического повторения (loop) конкретных временных регионов. Для этого они маркируются специальными метками, указывающими на то, что выделенный регион должен циклически воспроизводиться в то время, когда вы осуществляете редактирование и запись. (Начало и конец циклически повторяемого региона называют в одних программах *in point* ("точка входа") и *out point* ("точка выхода"), в других — *left locator* ("левый позиционер") и *right locator* ("правый позиционер"), как в примере, показанном на **рис. 10.8**.)

Рис. 10.8. *Такие настройки, как метки входа/выхода (punch in/out), предназначены не только для использования при записи. Во многих программах они используются для задания редактируемых участков проекта. Правый и левый позиционеры (L/R locator) на панели управления механизмом записи/воспроизведения Propeller Reason (1) используются для вставки записей и выделения редактируемых участков на временной шкале проекта (2)*

- **Функция привязки к координатной сетке (snap to grid).** С помощью курсора вы можете выделить определенные блоки времени с шагом в одну долю такта, такт, ритмический интервал (например, восьмая нота), секунду, кадр или другую единицу отсчета по временной шкале, используя функцию snap to grid ("привязка к координатной сетке") в используемом вами просмотрщике аранжировки или редакторе. (В зависимости от того, какое приложение вы используете, такая возможность может быть недоступна в определенных вариантах представления данных.) При включенной опции привязки (snap) вы можете изменять размеры выделенного участка, перетаскивая его границы мышью, и события в выделенном участке записи будут автоматически юстироваться по ближайшим линиям координатной сетки при перетаскивании указателем мыши влево-вправо по оси времени. При выключенной опции привязки (snap) точность задания размеров выделенного региона обычно находится на уровне одного пикселя изображения, что может быть как больше, так и меньше шага координатной сетки в зависимости от выбранного масштаба изображения. (В ряде программ при перетаскивании границ выделения на экран выводится числовое значение или предусматривается возможность задания выделения путем ввода числовых значений. Последний вариант не такой быстрый, но в ряде случаев он обеспечивает дополнительную точность.)
- **Позиция курсора.** Другой способ точного задания выделенного участка — установить курсор в определенной точке (обычно для этого достаточно щелкнуть мышью, установив указатель в определенную точку в окне просмотра), а затем создать выделение, привязанное к этой точке, с помощью мыши или комбинации клавиш (shortcut). Например, установим указатель на долю 1 такта 4, а затем расширим выделенный регион, захватывая мышью такты, следующие за ним. В большинстве программ имеется также команда nudge или другой инструмент относительного приращения выделения, позволяющий переносить выделенный регион или расширять/сужать его небольшими порциями, например ритмическими интервалами стука метронома или видеокадрами.
- **Метки.** Вместо того чтобы вручную раз за разом указывать позиции курсора, можно использовать метки для указания критических моментов в проекте и быстро передвигать к ним курсор при воспроизведении/редактировании. Такие метки часто называют позиционерами (locator), а перенос курсора на метку часто называют позиционированием (locating). В ряде программ можно привязать операции редактирования к меткам. Таким образом, вы можете перетаскивать мышью порции аудио- и MIDI-данных и они автоматически будут совмещаться с метками, даже в том случае, если метка стоит не на линии координатной сетки ритма. С помощью меток также можно задавать границы выделения **(рис. 10.9)**.

Метки играют ключевую роль при озвучивании видеозаписей. Поскольку в видеозаписи интервалы времени измеряются в минутах, секундах и кадрах, а не в ритмических интервалах типа доли такта и такта, вам придется ставить метки на тех моментах видеозаписи, которые являются критическими точками для синхронности звукового сопровождения видеозаписи. Подробнее об этой технологии читайте в главе 12.

Дорожка темпа

Если в вашем сочинении напрочь отсутствуют такие возможности, как изменение размера такта и изменение скорости исполнения, то дорожка темпа (tempo track) вам не нужна. Задав темп (например, 120 bpm) и размер такта (например, 3/4) при создании сочинения, вы можете больше не возвращаться к ним. Но в музыке изменение скорости

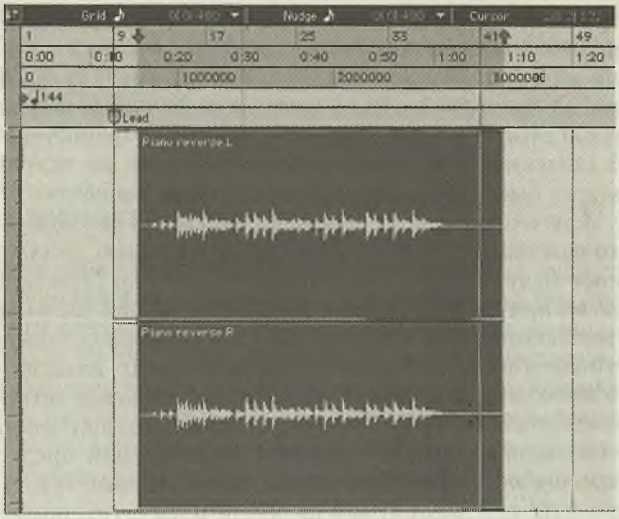


Рис. 10.9. *При включенной опции привязки к метке (snap-to-marker) в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) вы можете перетаскивать регионы мышью, и их начальные точки будут автоматически совмещаться с метками, что избавляет от необходимости выполнять вручную множество операций (обратите внимание на несколько шкал отсчета на оси времени в верхней части окна Pro Tools Edit)*

исполнения и размера такта — это обычное явление, за счет которого устраняется монотонность ритма. В поп-музыке и танцевальных ритмах это используется не так часто, как в музыкальном сопровождении фильмов, но куда чаще, чем вы могли бы подумать. Дорожка темпа (tempo track) — это дорожка, в которой записана информация только об изменениях темпа и размера. Эти изменения глобальные, они относятся ко всем дорожкам сочинения. (Если бы изменения темпа относились к отдельным дорожкам, было бы практически невозможно согласовать кучу записей, каждая из которых имеет собственный темп и ритм исполнения. Для авангарда это еще куда ни шло, но для остальной музыки это абсолютно не нужно.)

Дорожки темпа часто называют дирижерскими (conductor track), потому что они выполняют задачу дирижера. Дирижер оркестра дает команду музыкантам ускорить или замедлить темп и с помощью дирижерской палочки задает размер. Точно так же дорожка темпа задает эти параметры, обязательные для всех дорожек сочинения. Дорожку темпа называют еще "global track" или "master track"; в этом случае в ней могут быть записаны и другие глобальные настройки, например положение главного регулятора уровня сигнала.

Для записи информации об изменениях темпа и размера в дорожку темпа события можно вводить либо вручную, либо, как во многих программах, в графическом редакторе с помощью мыши, используя огибающие (эта технология описывается в разделе "Автоматизация регулирования параметров микширования и огибающие" далее в этой главе). Резкие изменения отображаются в окне просмотра в виде вертикальных линий. Для задания постепенного изменения темпа (в стиле accelerando или ritardando) вы можете создать наклонную прямую изменения темпа (**рис. 10.10**).

Дорожки темпа имеют особое значение для синхронизации звукового сопровождения в видеозаписи; этот вопрос рассматривается в главе 12.

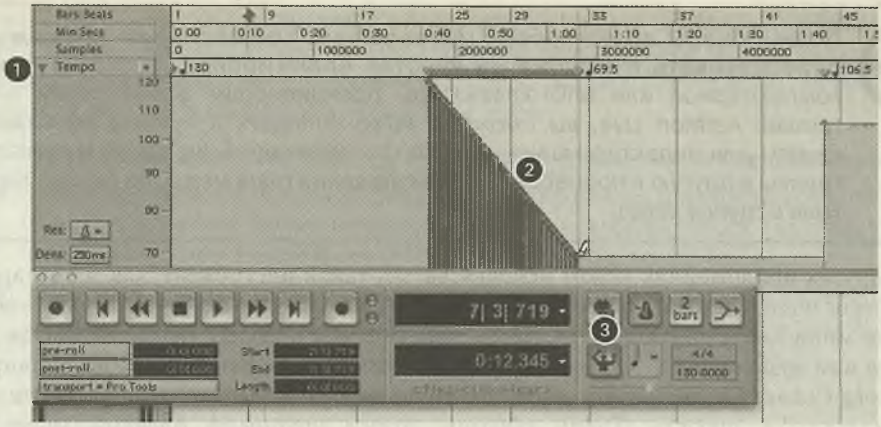


Рис. 10.10. *В программе In Pro Tools дорожка темпа в обычном режиме просмотра не отображается, но щелкните мышью на этом треугольнике (1) — и она появится на экране, чтобы вы могли внести изменения темпа исполнения в свой проект. Вы можете задать резкие или постепенные (2) изменения. Кнопка с изображением дирижера (3) позволяет включить режим следования дорожке темпа или выключить его и задать темп вручную*

Метки аранжировки и перегруппировка

Во многих приложениях имеются средства группировки и аранжировки музыкального произведения в целом. В программе Steinberg Cubase SX, например, предусмотрен такой инструмент, как дорожка Play Order, для записи информации о разных вариантах группировки данных в выделенную дорожку при работе над аранжировкой (**рис. 10.11**). Остановившись на наилучшем варианте группирования участков, вы можете "заморозить" (freeze) порядок воспроизведения, сделав его неизменным.

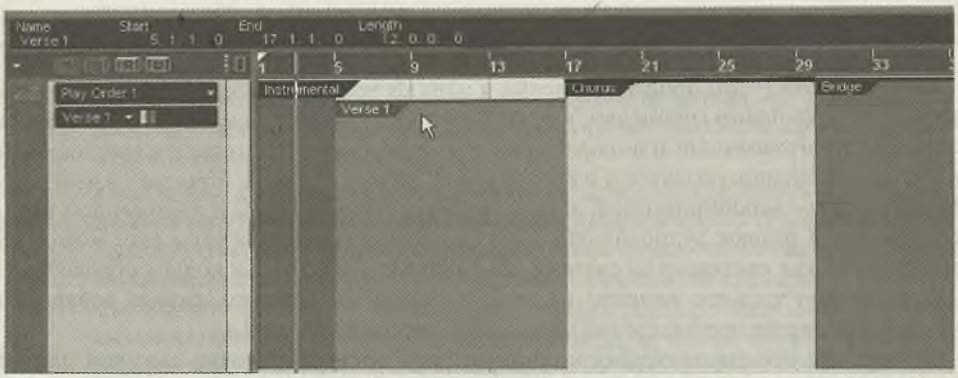


Рис. 10.11. *Дорожка Play Order в программе Steinberg Cubase SX позволяет экспериментировать с разными вариантами аранжировки, перемещая и перетаскивая мышью разные музыкальные группы. Эта дорожка, как и дорожка темпа, — отдельная служебная дорожка, управляющая воспроизведением аранжировки*

Позиционеры аранжировки (Arrangement Locator) дают возможность перескакивать с участка на участок аранжировки. Назначив клавиши компьютерной или MIDI-клавиатуры позиционерам аранжировки в программе Ableton Live, вы сможете легко попадать в нужные музыкальные группы для редактирования или быстро переходить из одной музыкальной группы в другую в процессе воспроизведения (например, из группы речитатива в группу хора).

В других приложениях может использоваться такой инструмент, как метки аранжировки или подпоследовательности (*subsequences*) разных музыкальных групп — обособленные мини-последовательности, путем объединения которых создается общая фонограмма или аранжировка. Аналогично использованию дорожки Play Order в программе Steinberg Cubase SX вы задаете эти более крупные музыкальные группы, исходя из общей структуры проекта. Таким образом, этими крупными блоками могут быть "речитатив" и "chorus" или любые другие содержательные секции структуры. Подобно регионам, эти секции очерчивают крупные порции данных, но в отличие от регионов они распространяются одновременно на все дорожки и представляют собой укрупненные компоненты структуры. (В некоторых программах предусмотрена возможность использования подпоследовательностей как инструмента группировки наборов сочинений).

В Ableton Live используется несколько иной вариант реализации этой технологии — позиционеры аранжировки (Arrangement Locator). Вы расставляете метки аранжировки в стратегических позициях аранжировки компонентов сводимой фонограммы (например, в начале речитатива или хора) и затем вызываете их в любой момент. Таким образом вы можете изменять порядок воспроизведения музыкальных групп в пьесе, но этот инструмент является инструментом не редактирования, а оперативной аранжировки в процессе воспроизведении. Или же вы можете компоновать сцены в окне Session View из разных клипов и вызывать их, создавая таким путем аранжировку. Эта технология дает возможность в ходе концертного выступления легко перемещаться по структуре аранжировки, импровизируя на ходу. О создании аранжировок для импровизации во время выступлений подробнее рассказано в главе 13.

Микширование

Микширование — это процесс сведения в одну фонограмму всех составляющих аранжировки музыкального сочинения, как записанных аудиодорожек, так и звуков, воспроизводимых программными и аппаратными синтезаторами. В результате микширования все эти составляющие сводятся в один звуковой сигнал. В самом строгом смысле конечный результат — микшированный звук — задается относительным положением регуляторов уровня в разных аудиоканалах и их взаимным расположением (это может быть стереофоническая система или система объемного звука). Но, поскольку обработка сигналов оказывает сильное влияние на звук, который мы слышим, любые добавляемые эффекты становятся неотъемлемой частью микшированного звука.

До того как производительность компьютеров стала достаточно высокой для того, чтобы обрабатывать цифровой звук в режиме реального времени, микширование осуществлялось отдельным устройством, микшером (mixer), которое еще называют консолью (console) или микшерным пультом (mixing desk). Хотя аппаратные микшеры не утрати-

ли своей популярности, теперь, когда все функции микшера может выполнять программа, без такого микшера можно вообще обойтись. Весь процесс микширования можно реализовать в компьютере. Но основополагающая концепция остается прежней. Микширование включается в себя три базовых элемента.

- **Уровень громкости.** Уровень сигнала каждой дорожки в составе аранжировки.
- **Пространственное расположение.** Панорамирование, позиционирование каждой дорожки в модели акустического пространства, имитирующей реальные условия восприятия звука (стереофонического или объемного surround).
- **Эффекты.** Уровни громкости и настройки эффектов, влияющие на звук (особенно настройки эквалайзера, поскольку они определяют относительный уровень звука в зависимости от частоты, о чем подробно рассказано в главе 7).

Регулятор уровня микшируемого сигнала и канальная панель

В основе микшера лежит канальная панель (channel strip). Мы уже познакомились с ней в главе 7, изучая добавление эффектов, а теперь давайте посмотрим, как канальная панель задействована в процессе микширования. Как уже говорилось, канальная панель — это средство визуализации маршрута прохождения сигнала через элементы тракта обработки сигнала в микшере: эффекты (подключенные в тракт с использованием механизмов вставки (insert) и посылки (send)), пространственное разнесение источников звука в пространстве стерео- или объемного звука ("регулятор панорамирования" — "pan pot"), а также уровня и баланса ("канальный регулятор громкости" — "mixer fader"). В состав канальной панели, как правило, входит собственный эквалайзер, а если его нет, то его несложно добавить, используя механизм вставки (insert).

Качественный контрольный канал прослушивания: что для этого нужно и как им пользоваться

Реалии жизни таковы, что надо рассчитывать на то, что созданная вами фонограмма будет воспроизводиться через акустические системы отвратительного качества: компьютерные или автомобильные акустические системы или клубную громкоговорящую установку. Это означает, что мониторинг микшируемого сигнала через высококачественные акустические системы лишен смысла, поскольку звук будет заведомо более высокого качества, чем это нужно в жизни. Вроде все верно?

А вот и нет: для мониторинга звука необходимо использовать настоящие студийные акустические системы, которые предназначены специально для достоверного воспроизведения микшируемого звука. Качественные студийные акустические системы и наушники имеют максимально равномерную частотную характеристику. Потребительские мерки здесь не подходят, акустические системы должны достоверно воспроизводить то, что вы на них подаете.

Акустические системы потребительского класса придают звуку благозвучие, выделяя определенные участки в спектре сигнала. Это как раз то, чего вам следует избегать, поскольку это означает, что вы лишаетесь привязки к опор-

ному уровню, относительно которого задаются настройки уровня, эффектов и частотной коррекции. Но, что еще хуже, недорогим акустическим системам и наушникам присущ завал частотной характеристики на низких частотах, а это значит, что рокот, просочившийся в сигнал по тем или иным причинам, может остаться незамеченным (это особенно скверно в том случае, если вы микшируете звук для создания объемного звучания, потому что при воспроизведении низкочастотный канал звука подается в сабвуфер, который даже самые незначительные фоновые шумы превращает в страшный грохот).

Идеальная система мониторинга содержит следующее.

- **Качественные студийные акустические системы (так называемые мониторы).** Они должны иметь приличную амплитудно-частотную характеристику в НЧ-диапазоне, чтобы вы могли слышать, что творится на нижнем участке спектра сигнала, и вносить минимальные искажения в воспроизводимый сигнал. Если в вашем распоряжении имеются две пары мониторов, маломощные в ближней зоне и более мощные, прослушивайте звук попеременно через обе пары. Это поможет бороться с эффектом притупления остроты слуха (ear fatigue) при длительном прослушивании и облегчит оценку качества звука.
- **Правильное размещение стереомониторов.** Как уже говорилось в главе 3, размещение мониторов так, чтобы они и ваша голова находились в вершинах равностороннего треугольника, поможет достовернее воспринимать эффект панорамирования в стереозвуке (размещение акустических систем для прослушивания объемного звука несколько сложнее, но и в этом случае вопрос правильного размещения столь же актуален; мы вернемся к нему ниже в этом разделе).
- **Хорошие стереонаушники.** Полезно время от времени прослушивать микшируемый звук через наушники, чтобы оценить качество микшированного звука под новым углом. Эффект панорамирования стереозвука воспринимается через наушники иначе, чем через акустические системы. Кроме того, наушники позволят еще раз проверить качество микшированного звука. Вы можете заметить на слух "неровности" и крошечные провалы, неразличимые при воспроизведении через акустические системы.
- После завершения микширования вы всегда сможете прослушать готовую запись через низкокачественную акустику (читайте "Сведение фонограммы, создание мастера-оригинала и тиражирование готовой звукозаписи" далее в этой главе), но мониторинг с использованием качественных акустических систем и наушников гарантирует достижение наилучших результатов микширования.

Регулировка коэффициента передачи

Большинство людей уверены, что канальные регуляторы уровня — это всего-навсего регуляторы громкости. Но если присмотреться к ним повнимательнее, можно заметить, что все не так просто, как кажется: для новичков маркировка "0" стоит в верхней трети шкалы регулятора, вверху стоит маркировка "+6", а внизу "$-\infty$" (минус бесконечность) (**рис. 10.12**). Такая маркировка может показаться лишенной всякой логики, но она приобретает смысл, если понять, для чего предназначен канальный регулятор уровня.

Рис. 10.12. *Канальная панель и индикатор уровня в окне программы Cakewalk SONAR. Поскольку регулятор уровня управляет коэффициентом передачи, его шкала размечена в децибелах, отсчитываемых от уровня входного сигнала (1). Индикатор (2), расположенный справа, отображает мощность выходного сигнала*

Как обойти ограничения. Если вы уже дошли до границы, выше которой начинается ограничение сигнала, а вам нужно сделать звук еще громче, примите к сведению следующее. Можно понизить уровень самых громких участков с помощью компрессии сигнала, подняв за счет этого уровень сигнала в целом. Расширение динамического диапазона сигнала вниз (downward expansion) не изменит его абсолютный уровень, но увеличит разрыв между громким и тихим звуками, что субъективно на слух воспринимается как повышение громкости. На субъективное восприятие громкости оказывает влияние также частотная коррекция. Эти эффекты рассмотрены в главе 7.

Шкала, нанесенная рядом с регулятором уровня, не отражает фактического уровня выходного сигнала, потому что он зависит от уровня сигнала, подаваемого на вход канала. Уровень выходного сигнала будет изменяться в зависимости от изменения уровня входного сигнала. Шкала регулятора уровня служит для задания коэффициента передачи сигнала с входа на выход. Коэффициент передачи (gain) является характеристикой степени усиления (ослабления) выходного сигнала по отношению к входному сигналу. Если регулятор уровня установлен в положение “0 дБ”, соответствующее коэффициенту передачи, равному единице, то сигнал на выходе канала теоретически в точности равен сигналу на входе канала при условии, что оборудование правильно откалибровано и в канале отсутствуют эффекты-вставки (в том числе эквалайзер), изменяющие уровень сигнала на его пути к регулятору уровня. Вот почему маркировка “0 дБ” находится не внизу, а в верхней части шкалы: “0 дБ” не означает полное отсутствие сигнала на выходе; это положение, при котором канал вносит “нулевое отклонение” уровня выходного сигнала по отношению к уровню входного сигнала. Чтобы полностью подавить сигнал на выходе, нужно установить регулятор уровня в положение “$-\infty$” — именно такая маркировка стоит на нижнем краю шкалы канального регулятора уровня.

Теоретически необходимо установить все канальные регуляторы на “0 дБ” и, приняв этот уровень за максимальный, уменьшать его (ослаблять сигнал в канале), двигая регулятор в направлении к “$-\infty$”. Но во всех аудиосистемах, в том числе цифровых, есть запас по коэффициенту усиления выше единицы, в пределах которого можно увеличить уровень сигнала, не опасаясь его ограничения (читайте раздел “Запас динамического диапазона” в главе 6, в котором приведено объяснение этого вопроса в общих чертах). Как правило, регулятор уровня на канальной панели имеет запас вверх на 6 дБ — не та-

кое уж и большое отличие от уровня 0 дБ, но заметное. (В ряде профессиональных систем, например в Pro Tools HD, предусмотрен больший запас — +12 дБ.)

Все эти значения относительны, пока вы не смешали все каналы в один сигнал. Соотношение между уровнями сигналов в каналах и уровнем микшированного сигнала зависит от того, какой аппаратный или программный микшер вы используете. С целью увеличения запаса по коэффициенту передачи микшированного сигнала во многих микшерах (и цифровых, и аналоговых) коэффициент передачи на входе цепи микширования снижен для компенсации естественного роста уровня микшированного сигнала, вызванного сложением сигналов отдельных каналов, в результате чего амплитуда микшированного сигнала превышает амплитуду сигнала в любом из отдельно взятых каналов.

Для правильной установки уровня вам понадобятся два инструмента: ваши глаза и уши. Следите за показаниями канальных индикаторов уровня и индикатора уровня микшированного выходного сигнала. Поскольку эти индикаторы называют измерительными приборами, процесс считывания их показаний называется измерением. Нужно внимательно следить за колебаниями показаний индикаторов, чтобы уловить момент *выброса* (*over*), когда уровень какого-либо из сигналов превысит допустимый предел. Как правило, такое событие индицируется красным предупреждающим сигналом, который остается включенным до тех пор, пока вы его не выключите, чтобы не пропустить такой момент. Как уже объяснялось в главе 6, в цифровой системе превышение допустимого уровня приводит к ограничению сигнала и нежелательным искажениям. Но только измерения сигналов еще недостаточно, необходимо также прослушивать дорожку звукозаписи, оценивая на слух искажения и баланс сигнала.

Варианты измерения уровня сигнала: pre-fader/post-fader

Точно так, как возможны два варианта вставки эффекта pre-fader (до регулятора уровня) и post-fader (после регулятора уровня), можно контролировать уровень сигнала, поступающего на регулятор уровня (вариант pre-fader) и снимаемого с него (вариант post-fader). Измерение уровня сигнала, поступающего на регулятор уровня (вариант pre-fader), дает возможность измерить уровень входного сигнала для установки коэффициента передачи на входе, в то время как измерение уровня сигнала, снимаемого с регулятора громкости (вариант post-fader), позволяет сравнить сигнал по уровню с остальными микшируемыми сигналами.

Группирование регуляторов громкости и дорожек

Сегодня нам уже не нужно манипулировать каждым регулятором в отдельности. Группирование регуляторов дает возможность изменять уровень, двигая одновременно всю группу регуляторов. Например, при оснащении инструментов ударной установки индивидуальными микрофонами (close miking) для этого потребуется минимум пять микрофонов, а то и больше, и все они будут стоять рядом с барабанами. Индивидуально регулировать уровень сигнала микрофона большого барабана, малого барабана, педальных тарелок и так далее — довольно утомительное занятие. Но вы можете регулировать уровень сигналов всех этих микрофонов одновременно, объединив соответствующие регуляторы уровня в группу fader group (**рис. 10.13**).

Назовите эту группу, например, “барабаны” — и синхронно регулируйте уровни сигналов всей группы (что не мешает в случае необходимости корректировать относительное положение регуляторов в группе, например корректировать уровень сигнала малого

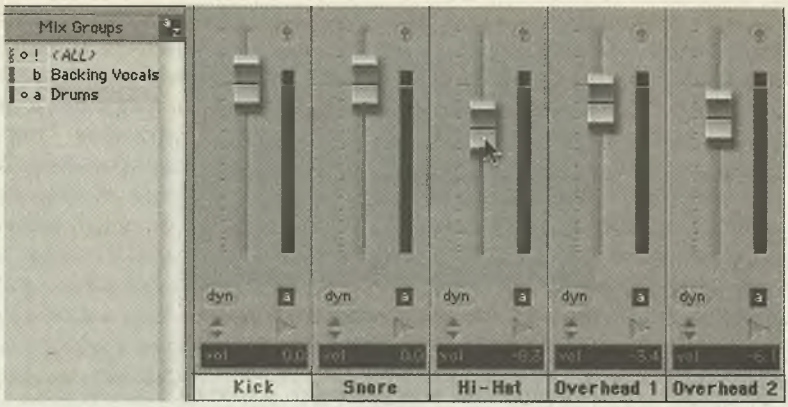


Рис. 10.13. *Регуляторы уровня сигналов нескольких микрофонов ударной установки, объединенные в группу fader group в программе Digidesign Pro Tools. Обычно изменение положения регулятора уровня никак не влияет на положение других регуляторов, они остаются на месте. Но когда регуляторы объединены в группу fader group, они жестко связаны друг с другом, и какой бы из них вы ни двигали, остальные будут двигаться синхронно с ним, сохраняя неизменным свое относительное положение в группе*

барабана, не трогая остальные регуляторы). Барабаны — это всего лишь один из примеров. Технология группирования поможет упорядоченно объединять и другие элементы аранжировки, обеспечивая сохранение управляемости набором микшируемых сигналов по мере его роста. И чем сложнее становится смесь аудиосигналов, тем более необходимым становится этот инструмент, обеспечивающий управляемость процессом микширования. Особенно он полезен, например, для микширования объемного звука.

Вспомогательные регуляторы уровня традиционных микшерских пультов. На панели традиционного микшерского пульта часто имеется группа из восьми регуляторов, так называемых вспомогательных (subfader) регуляторов уровня. Наличие этих восьми регуляторов уровня, естественно, облегчает настройку записи восьмиканального звука на аналоговые восьмидорожечные магнитофоны или более современные цифровые устройства записи типа Tascam DA-88, получившего широчайшее распространение. Сейчас необходимость в таком способе настройки каналов отпала, но это может пригодиться, например, для сопряжения с компьютерным аудиоинтерфейсом, имеющим восемь аналоговых выходов звука.

Вдобавок к группированию каналов с помощью технологии fader groups в ряде программ предусмотрена возможность группирования дорожек. Как и в первом случае, это обеспечивает групповой контроль над регуляторами уровня и над регуляторами mute/play дорожек, а также групповой контроль над дорожками при редактировании аудио- и MIDI-данных. Такие инструменты под названием track folders (или folder tracks) имеются в приложениях Steinberg Cubase и Nuendo, Cakewalk SONAR (**рис. 10.14**) и Digidesign Pro Tools (в последнем они названы "track groups").

Рис. 10.14. *Инструмент track folders для ударной установки в приложении SONAR. Точно так же, как инструмент fader groups обеспечивает возможность согласованного управления каналами, инструмент группирования дорожек track folders обеспечивает возможность согласованного управления дорожками звукозаписи*

Стратегии микширования

Как аромат ингредиентов, входящих в состав блюда, воспринимается в приготовленном блюде иначе, так и отдельные звуки воспринимаются в смеси звуков иначе, чем когда они воспроизводятся теми же акустическими системами изолированно. Суммарный эффект отличается от суммы эффектов составляющих.

Напомним, что при наложении колебаний друг на друга возникают эффекты их взаимной нейтрализации и усиления. Выходной аудиосигнал совершенно не похож на составляющие, из которых он скомпонован. Помимо этого, слуховое восприятие элементов в смеси также изменяется — причем не только по таким параметрам, как громкость и тональность, но и по качественным, музыкальным характеристикам (смесь слишком "густая" или слишком "тощая").

К счастью, для того чтобы добиться желательного звучания смеси звуков, не обязательно быть профессионалом в акустике. В конце концов, вы подбираете смесь так, чтобы она понравилась вам. Описанные ниже общие методики помогут вам получить смесь, которая вам понравится.

Балансирование

Балансирование — это искусство выбора оптимальной пропорции всех компонентов звука. А вот оптимальная пропорция целиком и полностью зависит от вашего вкуса: взяв одну и ту же смесь звуков, каждый из нас по-своему расставит акценты и решит, какие из них выделить, а какие приглушить. Балансирование — это просто инструмент достижения желаемого эффекта. Здесь нужно уметь не упускать из виду ни единого элемента смеси и при этом очень тонко чувствовать, как малейшие изменения пропорции того или иного элемента отражаются на восприятии звука в целом.

Сложность работы с панорамированием, коррекцией уровня и эффектами заключается в том, что вы лишены возможности изолировать какую-либо дорожку звукозаписи от контекста и получить ничем не "замутненную" картину. Теоретически максимальную часть коррекций нужно вносить при прослушивании микшированного звука. Отчасти

именно по этим соображениям нужно стараться четко представлять себе стадии записи/композиции и микширования как отдельные задачи, даже тогда, когда вы работаете в стиле импровизации и вносите множество изменений в микшированный звук в процессе композиции. Когда в вашем распоряжении такое обилие виртуальных "игрушек", от "продвинутых" эффектов до мощных инструментов автоматизации микширования, трудно избежать соблазна как можно скорее попробовать их на деле. Этому соблазну подвержены даже те, кто обладают изрядным опытом студийной звукозаписи.

Правильнее будет рассматривать первые записи, исполнения и импровизации как "заготовки" того, что должно в дальнейшем превратиться в законченную фонограмму. В противном случае вы, скорее всего, не распутаете мешанину звуков при микшировании и столкнетесь с проблемами при балансировании микшируемых компонентов из-за эффектов и настроек микширования, внесенных до того, как вы пришли к ясному представлению о том, как должна звучать композиция в целом. Компрессия, которая способна придать особый блеск сольному вокальному исполнению, может привести к противоположному эффекту: стоит добавить инструментальное сопровождение, и вокальная партия потеряет выразительность.

Относительный уровень компонентов микшируемого звука играет, конечно, первостепенную роль. Начнем с простого примера: представьте себе, что мы микшируем звук без каких-либо эффектов и прослушиваем результат в режиме моно через один громкоговоритель. Относительные уровни дорожек определяют баланс звучания компонентов смеси. Теоретически определенные коррекции в частотные и динамические характеристики компонентов уже внесены. Как мы же рассказывали в главах 6 и 7, такие коррекции делаются в процессе ввода и записи дорожек; не исключено, что была выполнена дополнительная "черновая" коррекция индивидуальных компонентов, например коррекция динамического диапазона и общего уровня громкости.

Вы можете использовать одну из следующих общих методик коррекции относительного уровня каналов. Изначально все регуляторы уровня устанавливаются на 0 дБ и от этой точки выполняются коррекции относительных уровней компонентов. Понятно, что никому не нужно, чтобы все звуки имели один и тот же уровень, поэтому обычно начинают с уменьшения уровня тех звуков, которые должны составлять фон, например со звука колокольчика, который звучит слишком громко. Установка исходного уровня "0 дБ" во всех каналах позволяет "очистить поле", но большинство из нас начинает работу со звуками, имеющими те уровни, которые были установлены при компоновке композиции, и в первом приближении уже подогнаны к тому, что нужно. Вносим незначительные изменения в отдельных каналах в процессе прослушивания микшированного звука, постепенно добиваясь идеальной пропорции звуков. На этом этапе не стоит изменять уровни, меняющиеся на протяжении звучания аранжировки. Нужно подобрать уровень составляющей смеси так, чтобы он подходил для всей аранжировки в целом. После этого можете корректировать уровни на отдельных участках записей, там, где это необходимо (читайте раздел "Автоматизация регулирования параметров микширования и огибающие").

Иногда непросто разобраться на слух в том, что не нравится в микшированном звуке, особенно если вы не профессиональный инженер звукозаписи или звукорежиссер. С помощью кнопок solo и/или mute вы можете при необходимости выделить группы дорожек, чтобы выяснить, с чем связана та или иная проблема нарушения баланса. Например, вы можете выделить партии гитары и ударных инструментов, чтобы, освободив звук этих двух дорожек от фона, создаваемого остальными дорожками, оценить баланс между ними и вчерне настроить его. Затем, подключив остальные дорожки и прослушивая полную смесь звуков, вносите последние штрихи в баланс микшированного звука. Хотя лучше

всего делать это, контролируя изменения по микшированному звуку, а увлекаться индивидуальной коррекцией дорожек не стоит, потому что это чаще всего приводит к тому, что, прослушав микшированный звук после такой коррекции, вы понимаете, что необходима еще одна коррекция, и так до бесконечности.

Пространство звука и обработка сигналов

То, что объединяет разнообразные элементы, согласуя их между собой, аудиоинженеры характеризуют словом "space" ("акустический диапазон"). Слушая готовую дорожку записи из альбома, вы, вероятно, осознанно воспринимаете акустический диапазон звука, законсервированного в звукозаписи: звук заполняет определенный частотный и определенный динамический диапазон, а стереозвук и объемный (surround) звук имеет и определенную локализацию в трехмерном пространстве. Элементы звука не должны конфликтовать друг с другом в этом акустическом диапазоне.

Но заполнить доступный акустический диапазон микшируемым звуком — вовсе не означает набивать его битком звуком; в действительности нужно как раз обратное. Контраст между элементами становится четче, если они не смешаны в кучу, а разнесены. Даже если вам необходим "полнозвучный" звук, в котором частный и динамический диапазоны заполнены до предела, контраст между громким и тихим звуками и между звуками разных частот позволит сохранить ясное восприятие отдельного элемента.

Хотя для процессоров динамических характеристик уровни устанавливаются, как правило, до балансирования звука в микшере, при прослушивании микшированного звука может возникнуть необходимость в дополнительной коррекции. Нажмите кнопку bypass на панели эффекта, чтобы прослушать, как звучит тот же микшированный звук без обработки эффектом. Какую бы то ни было частотную коррекцию лучше всего отложить до стадии микширования. Если же по каким-либо соображениям вы выполнили индивидуальную частотную коррекцию каналов, может оказаться необходимой дополнительная коррекция в процесс балансирования компонентов микшируемого звука или даже подача канальных сигналов в микшер в обход эквалайзеров, чтобы прослушать, как звучит микшированный звук без частотной коррекции.

Процессоры динамических характеристик и баланс

Вы уже знаете, как коррекция динамических характеристик влияет на звук отдельного канала, а вот какое результирующее воздействие на восприятие в целом оказывает динамический диапазон (dynamic space).

- **Компрессоры.** Поскольку компрессоры сужают разрыв между громким и тихим звуками, они делают звук полнозвучнее за счет сужения диапазона. Как ни странно, но вам, возможно, надо будет уменьшить компрессию в некоторых дорожках, расширив акустический диапазон смеси звуков. Компрессия — не обязательно вредит, но нужно уметь правильно ее использовать. Это еще один аргумент в пользу того, что микширование сначала нужно выполнять, используя необработанный звук — без какой-либо коррекции динамических характеристик, частотной коррекции и реверберации; и лишь получив микшированный звук, следует добавлять коррекцию динамических характеристик и другие эффекты, причем понемногу, прослушивая, как это сказывается на микшированном звуке.
- **Экспандеры.** Растягивая динамический диапазон, экспандер расширяет акустический диапазон дорожки звукозаписи, не изменяя при этом громкости звука на

максимальном уровне громкости (часто компрессию ошибочно используют именно для повышения громкости звука там, где это не помогает, а, наоборот, вредит).

"Сплющивание" всех динамических характеристик ради повышения громкости быстро приводит к переполнению микшированного звука. Необходимо использовать компрессию взвешенно, соотнося с общим динамическим диапазоном микшированного звука.

Частотная коррекция и баланс

Ошибкой было бы рассматривать динамический баланс в отрыве от тонального баланса, баланса различных звуков в частотной области. Слишком большой "поток" звука в каком-либо диапазоне частот снижает эффект влияния пространства. Если инструменты "давят друг друга" в каком-то диапазоне частот, микшированный звук превратится в мешанину звуков и станет неразборчивым. В нашем распоряжении имеется два основных способа решения этой проблемы: путем частотной коррекции уменьшить энергию звука, записанного в определенных дорожках, в определенных полосах частот, или использовать динамическую частотную коррекцию (процессоры динамических характеристик с частотно-избирательными органами регулировки для обработки звука в выбранных полосах частот).

Применение частотной коррекции для балансирования микшируемого звука должно быть акцентировано, скорее, не на добавлении, а на удалении части спектра звука. Участок спектра звука, обеспечивающий так называемый эффект присутствия, — полоса частот в пределах 5 кГц (зависит от инструмента) — придает звуку различимую на слух "искристость". В очень небольших пропорциях он оживляет невыразительно звучащий микшированный звук. Но стоит только переборщить — и это приведет к искажению микшируемых звуков инструментов, звук потеряет былую "живость" (за счет ослабления восприятия среднечастотных составляющих спектра) и станет утомляющим. Новички зачастую стараются придать звуку как можно больше "живости", поднимая высокие частоты, где только придется, а в результате звук становится тонким, неприятным, режущим слух и ничего, кроме раздражения, не вызывает.

Часто причиной нарушения баланса становятся обертоны. При микшировании множества звуков они накладываются друг на друга, вызывая конкуренцию сигналов. Ослабив этот вредный эффект путем прецизионной частотной коррекции, вы тем самым обеспечите более эффективное согласование каналов по спектру частот и в результате получите мощный динамичный звук, а именно этого вы, по-видимому, и добиваетесь.

Например, вместо того чтобы сделать "холодный" звук более "теплым" путем усиления спектральных составляющих на средних частотах, попробуйте ослабить сигнал за пределами этой полосы. Поскольку наш слух не особо восприимчив к низкочастотному участку спектра, ослабьте сигнал на самых низких частотах — отфильтруйте полосу "рокота", т.е. частоты ниже примерно 40 Гц, освободив пространство для средне- и высокочастотных составляющих спектра в перегруженной звуком дорожке. Этот прием в комбинации с компрессией особенно эффективен для басовой дорожки и позволяет предотвратить глушение басовым звуком всех остальных составляющих в микшируемом звуке. Это не означает, что мощность басового звука приносится в жертву: парадоксально, но "басы" после дополнительной, в разумных пределах, компрессии и обрезки НЧ-края спектра зачастую намного лучше "укладываются" в микшированном звуке, чем без такой обработки.

Идея такой коррекции базируется на том, что подавление одних частот вызывает одновременно противоположный эффект — выделение других частот. Обрежьте высокочастотные составляющие (полоса 15–20 кГц), придающие звуку резкий, режущий слух тембр, и звук станет полнее, теплее за счет выделения средних частот. Обрежьте полосу

рокота (ниже 40 Гц), и басы станут чище на частотах выше 40 Гц. В невыразительном звуке ослабьте средние частоты, и за счет выделения высоких частот станет более заметным эффект присутствия. Исходя из того, что запись выполнялась с использованием качественных микрофонов, при правильно подобранных уровнях и соответствующем размещении, записанный сигнал имеет широкий спектр, что дает возможность выделить необходимые частоты, ослабляя спектральные составляющие сигнала на остальных частотах, заглушающие нужный звук. Единственный способ по-настоящему овладеть мастерством частотной коррекции — практика. Последовательно внося аккуратные коррекции при прослушивании микшированного звука, объединяющего все необходимые компоненты исполнения, вы шаг за шагом приближаетесь к тому звучанию, которого добиваетесь (что касается темы частотной коррекции, в главе 1 подробно рассказано об особенностях слухового восприятия, а в главе 7 описаны технология использования частотной коррекции и эффект, производимый на субъективное восприятие звука различными частотными составляющими в спектре звука).

Не работайте на износ. Хотите верьте, хотите — нет, но злейшим врагом качественного микширования и правильной частотной коррекции является усталость. Проблема заключается в том, что при слишком длительном прослушивании наступает усталость слуха, и чем напряженнее вы вслушиваетесь в микшируемый звук, тем слабее различаете нюансы в нем (это касается в особенности начинающих, которые сталкиваются с трудностями при балансировании и частотной коррекции микшируемого звука). Поэтому сделайте перерыв на несколько минут и снова прослушайте тот же самый звук — вас может удивить то, что вы в нем услышите. Еще один рецепт — отключите настройки частотной коррекции, чтобы вернуться к исходному звуку; это позволит не потерять нить между тем, с чего вы начинали, и тем, к чему пришли.

Создание эффекта пространственного разнесения источников звука

Итак, до сих пор мы рассматривали динамические и частотные диапазоны при балансировании микшируемого звука, но только "одномерного", рассчитанного на воспроизведение одной акустической системой. При этом мы не затрагивали вопроса о способности микшируемого звука передавать информацию о пространственном расположении источников звука. Наши уши позволяют очень точно локализовать местоположение источника звука в окружающем нас пространстве. Поскольку наши уши столь чувствительны, точное позиционирование источника звука в стерео- или объемном звуке является мощным средством усиления его восприятия.

Позиционирование источника звука в микшируемом аудиосигнале называется "spatialization" — создание эффекта пространственного разнесения источников звука. Это способ творческого адаптирования микшируемого звука к способности нашего слухового аппарата определять направление прихода звука. В большинстве проектов, несомненно, микширование аудиосигналов будет выполняться, по крайней мере, в формате стерео, обеспечивая возможности изменения воспринимаемого направления прихода звука вправо/влево. А по мере накопления опыта вы, возможно, станете использовать один из форматов объемного звука, обеспечивающий еще более широкие возможности создания эффекта пространственного звучания. Панорамирование в формате стерео и формате объемного звука реализуется по-разному, поэтому мы рассмотрим эти технологии отдельно друг от друга.

Стереозвук

В технологии стереозвука используются два канала (левый и правый) для создания иллюзии поступления звука с разных направлений. Как мы уже говорили в главе 6 (см. табл. 6.2), для сохранения в аудиосигнале информации о пространственной ориентации источников звука используется технология стереофонической записи. Она реализуется одним из двух основных способов. Первый вариант — при записи используются два микрофона, установленных в одном месте, но направленных в разные стороны и, соответственно, по-разному воспринимающие один и тот же звук. Второй способ — два микрофона, разнесенных в пространстве и направленные в одну и ту же сторону, воспринимают звук, поступающий с разных направлений в две пространственно разнесенные точки. Эти способы записи позволяют сохранить информацию о взаимной ориентации слушателя и источника звука, поскольку наши уши улавливают едва заметные различия в задержке и громкости звука, что дает в результате восприятие объемности звука.

Стереофоническая запись — это способ регистрации естественного явления в двух каналах. Стереофоническое микширование — это нечто противоположное по своей сути: оно заключается в сведении любого количества каналов путем микширования всего в два канала, путем регулирования относительного уровня канального аудиосигнала, направляемого в каждый из двух каналов микшера, с помощью регулятора панорамирования на канальной панели. В то время как при стереофонической записи фиксируется реальное пространственное положение источника звука, при стереофоническом микшировании вы его задаете, самостоятельно определяя пространственное восприятие звука слушателем.

Установка субъективно воспринимаемого положения источника звука в стереофоническом акустическом диапазоне называется *панорамированием*. Этот термин, первоначально появившийся в киноиндустрии, является производным от слова "панорама" и наглядно характеризует суть стереофонического микширования. Идея заключается в том, что при воспроизведении стереофонической фонограммы в нашем восприятии формируется широкая панорама звуков, заполняющих пространство в обе стороны, причем все звуки отчетливо позиционированы в пространстве.

Для панорамирования уровня звука в традиционном аппаратном микшере вы поворачиваете регулятор, раньше это был обычный потенциометр, влево или вправо. Поэтому данный регулятор и называется по традиции "pan potentiometer" ("потенциометр панорамирования") или просто "pan pot". Регулирование субъективно воспринимаемого положения источника звука вправо-влево поворотом регулятора вправо-влево настолько удобно, что такой интерфейс перекочевал и в программные инструменты звукозаписи. Когда канал панорамирован по центру, уровни сигнала, поступающего в правый и левый каналы микшера, совпадают. При повороте регулятора влево от центра, уровень сигнала, поступающего в левый канал, не изменяется, а уровень сигнала, поступающего в правый канал, снижается. При повороте регулятора от центра вправо все происходит наоборот: уровень сигнала, поступающего в правый канал, остается прежним, а уровень сигнала, поступающего в левый канал, снижается **(рис. 10.15)**.

Особенности слухового восприятия пространственной ориентации звука в сочетании с используемым механизмом маршрутизации не обеспечивают отчетливо линейной связи между изменением положения потенциометра панорамирования и воспринимаемым на слух изменением пространственной ориентации звука влево-вправо, особенно когда это микшированный звук. Позиция потенциометра "влево на четверть оборота" — среднее положение между позицией по центру и позицией "до упора влево" — не будет, по-видимому, восприниматься на слух как смещение пространственной ориентации звука в точку точно посредине между крайним левым положением и положением по центру.

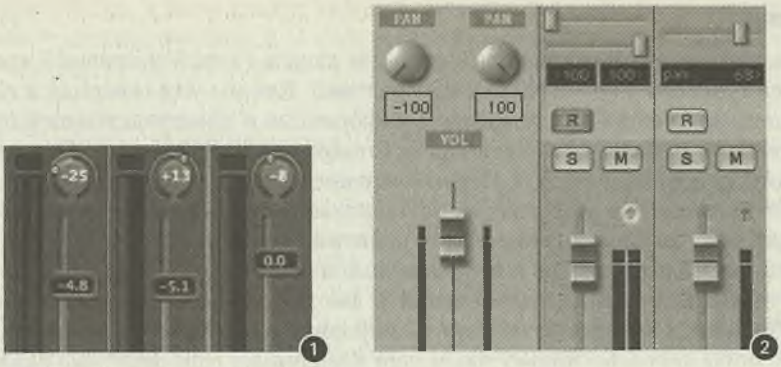


Рис. 10.15. *Потенциометр панорамирования в действительности служит для установки относительного баланса сигнала, поступающего в левый и правый каналы микшера. Чаще всего регулятор панорамирования изображается в виде поворотного регулятора, как, например, в Apple Logic Pro (1). В Digidesign Pro Tools наряду с поворотными потенциометрами панорамирования предусмотрены также движковые потенциометры панорамирования left/right и отдельные регуляторы уровня сигнала в правом и левом каналах микшера (2)*

Зависимость соотношения уровней сигнала в левом и правом каналах строится на базе разных численных моделей, а посему самым надежным и точным инструментом являются ваши уши. Слушайте, как меняется звук при изменении настроек панорамирования. Положение регуляторов — это не более чем грубая индикация соотношения между уровнями сигнала в каналах стереофонического микшера (опытные инженеры даже не смотрят на положения регуляторов).

Аналогично другим настройками микшируемого звука каких-либо стандартных методик настройки панорамирования нет, здесь следует полагаться только на свой опыт. Если вы послушаете стереозаписи 1960-х годов, то заметите, насколько резко тогда панорамировали звук до упора влево и вправо; сейчас манера панорамирования может восприниматься на слух как не очень умелая, особенно когда панорама звука смещена в начале дорожки до упора в одну из сторон или когда звук "скачет" туда-сюда. Причиной этого во многих случаях было то, что в то время оригинальные записи делались на четырех- или восьмидорожечных магнитофонах. Дефицит звуковой информации, создающей пространственное звучание, заставлял, например, настраивать дорожку ударных инструментов так, что в поле стереозвука звук барабанов смещался на правый край панорамы, за счет чего достигалось субъективное восприятие некоего подобия объемности микшированного звука. Если бы звучание ударной установки (монофоническая запись) панорамировалось по центру, никакого эффекта объемности звука не было бы и в помине.

В рок- и поп-музыке каналы вокальных и басовых партий, являющихся ведущими партиями, обычно панорамируются по центру. Поскольку запись барабанного аккомпанемента выполняется с помощью нескольких микрофонов, установленных вплотную к этим инструментам, несложно разнести звуки барабанной установки по пространству стереозвука и таким образом подчеркнуть характерность звучания этой дорожки. Аналогичным образом и звук гитары при желании "размазывается" в правой или левой части панорамы.

Одна из традиционных методик панорамирования сводится к воссозданию панорамы, имитирующей реальную расстановку музыкантов ансамбля на сцене, хотя далеко не все

звукорежиссеры механически следуют ей. Мы уже приучены слушать музыкальные звукозаписи с искусственно подобранной панорамой звучания. Крайности не приносят пользы стереозвуку. Например, иногда желательно создать эффект перемещения источника звука в пространстве стереозвука; это бывает необходимо как спецэффект, особенно в электронной музыке. Но, согласитесь, довольно непривычно, если кажется, что музыкант носится по сцене.

Поскольку наши уши обладают такой высокой чувствительностью, максимальный эффект может быть достигнут уже при минимальной коррекции настроек панорамирования. Многие звукорежиссеры никогда не настраивают ни один канал точно по центру: достаточно сместить звук всего на пару градусов от центра, чтобы его звучание приобрело эстрадный характер в пространстве стереозвука. Поскольку отклонение настройки от строго симметричной очень мало, звук пространственно остается практически по центру, но на слух становится отчетливее, особенно в составе микшированного звука.

С помощью регулировки уровня и реверберации можно также создать иллюзию разноса источников звука в глубину пространства. В реальности чем дальше находится от вас источник звука, тем слабее он звучит и тем сильнее проявляется эффект реверберации, вызванный ростом отражений, по сравнению с прямым звуком, и тем слабее становятся высокочастотные компоненты в его спектре. Достаточно просто добавить к звуку реверберацию, и даже без коррекции уровня и частотной коррекции создается впечатление, что он отступает на задний план в панораме микшированного звука. Вот еще одна из причин, по которой не следует злоупотреблять реверберацией, используя ее, где только можно. Вы замучаетесь с коррекцией такой неясной пространственной картины, в которой все звуки пропадают где-то в глубине.

Что касается коррекции звуков переднего плана, то чем ее меньше, тем лучше. В то же время звуки, предназначенные для звукового фона, можно "отодвинуть" подальше от слушателя. В дополнение к снижению уровня (а это вы, по-видимому, сделает обязательно) добавьте немного реверберации с небольшой предварительной задержкой и (если не хватит возможностей встроенного фильтра ревербератора) чуть ослабьте высокие частоты. Этим вы не только достигнете желаемого эффекта восприятия регулируемого звука, но и усилите ощущение объемности микшированного звука, акцентируя внимание на пространственном удалении звуков аккомпанемента.

Басы и панорамирование

Наши уши могут определять, откуда поступает звук, но эта чувствительность неравномерна по диапазону частот. Мы не можем локализовать источник в случае очень низкочастотного звука, поэтому иногда сложно понять, откуда идет басовый звук. Исходя из этих соображений, басовые звуки обычно позиционируют по центру (или близко к нему) панорамы микшированного звука.

Каким бы путем вы ни пошли, важно использовать весь доступный акустический диапазон стереозвука. При панорамировании всего многокомпонентного микшированного звука по центру звук станет восприниматься, как обычная монофоническая запись, потому что исчезнет ощущение пространственности звука. Начните с микшированного звука, панорамированного по центру, и постепенно раздвигайте в пространстве его компоненты, точно так же, как вы балансировали смесь. Возможно, вы почувствуете, что необходимо еще чуть-чуть подстроить уровни компонентов смеси, чтобы звуковая "картина" стала именно такой, какой вы добивались.

Реверберация и глубина панорамы

Точно так же, как вы настраивали баланс с помощью регуляторов уровня каналов в процессе микширования звука, попробуйте настроить баланс помощью регулировки уровня реверберации. Используя механизм insert (вставка), добавьте процессор реверберации в одну из шин (или в несколько, если нужен быстрый доступ к разным ревербераторам). Установите все регуляторы уровня send на минимум, чтобы полностью исключить влияние эффекта реверберации на компоненты микшированного сигнала. Затем постепенно увеличивайте уровень реверберации для тех звуков, которые необходимо отодвинуть на задний план, что в результате создаст иллюзию панорамы звука по направлению от слушателя в глубину пространства.

Объемный звук

Двухканальный стереозвук способен имитировать пространственное разнесение звуков по отношению к слушателю вправо-влево, но наши уши могут локализовать звук, приходящий практически с любого направления, а такие звуки имитировать в формате стерео невозможно. Surround Sound (объемный звук) — это любой формат звукозаписи, имитирующий круговую, 360-градусную панораму звука. Можно создать иллюзию объемности звука с помощью всего двух акустических систем, используя ряд технологий, базирующихся на целенаправленном добавлении в звук специально подобранных акустических сигналов, но обычно в системе объемного звука используется два дополнительных канала звука (и, соответственно, две дополнительные акустические системы). Имея отдельные каналы, намного проще управлять точным позиционированием звука и качественно его имитировать. Начать с того, что, как бы слушатели ни поворачивали головы, восприятие пространственной разнесенности звуков будет сохраняться.

Первые технологии объемного звука базировались на использовании четырех каналов звука, объединенных в систему, получившую название квадрофонической. Четыре акустические системы размещались по углам прямоугольника, в центре которого находился слушатель. Однако квадрофония так и не стала форматом звука для массового потребителя; в большинстве систем объемного звука в настоящее время используется, как правило, шесть, а то и более акустических систем.

Слово “surround” сейчас стало синонимом разнообразных форматов цифрового объемного звука, используемых в кинотеатрах и домашних мультимедийных центрах. В домашней аппаратуре система объемного звука зачастую имеет конфигурацию “5.1”, т.е. включает в свой состав шесть акустических систем (на самом деле такая система имеет конфигурацию не 5.1 (пять и одна десятая) акустической системы, а 5+1, т.е. шесть акустических систем!).

Пять акустических систем расставлены следующим образом: три (правая, левая, как в стереосистеме, и центральная) — фронтально перед слушателем, две (правая и левая) — по центру или за слушателем, плюс сабвуфер (**рис. 10.16**).

- **Фронтальные акустические системы — левая, правая, центральная.** Аналогично стереосистеме стереозвука в системе объемного звука есть фронтальные — левая и правая — акустические системы. Но, кроме них, есть еще третья, центральная акустическая система. Центральная акустическая система заполняет промежуток в ряду фронтальных акустических систем и повышает четкость восприятия пространственного разнесения источников в панораме звука, создаваемой фронтальными акустическими системами. В кинотеатре центральные акустические системы

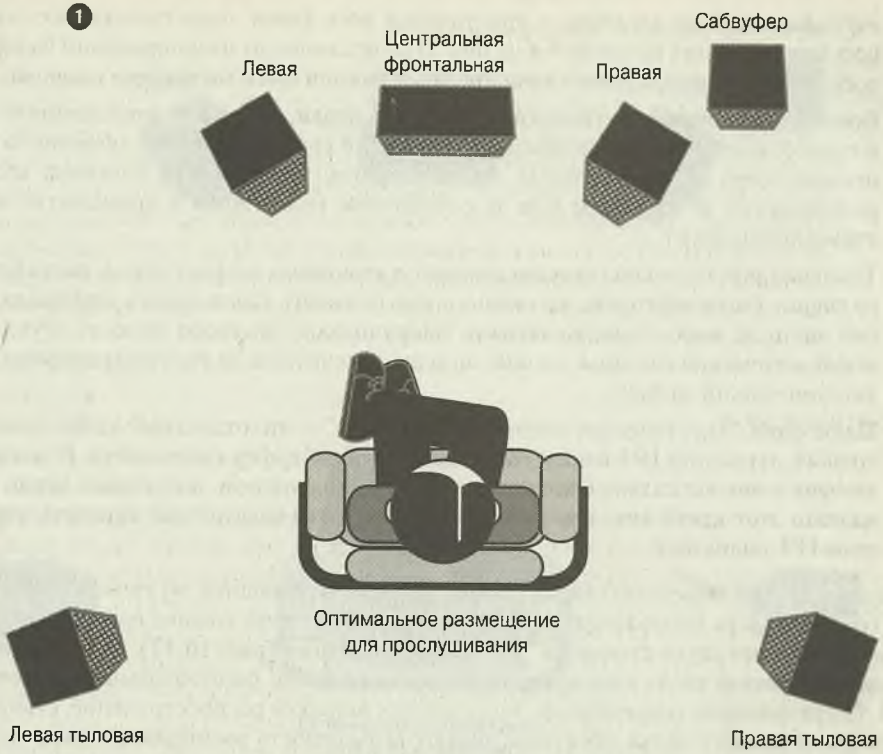


***Рис. 10.16**. Конфигурация системы объемного звука стандарта "5.1" (1), включающей пять акустических систем плюс сабвуфер. На рисунке показан типичный вариант расстановки акустических систем: левая и правая тыловые акустические системы повернуты примерно на 110°, а левая и правая фронтальные акустические системы — примерно на 30° по отношению к направлению звука центральной фронтальной акустической системы. Место расположения сабвуфера некритично, потому что слуховое восприятие направления поступления звука на очень низких частотах ослабевает. Вы можете настроить конфигурацию системы панорамирования звука в используемом приложении, например, системы панорамирования, входящей в сэмплер Kontakt компании* Native Instruments *(2), для конкретного набора акустических систем*

располагаются за экраном и практически весь (хотя теоретически все-таки не весь) звук диалога приходится на них. При правильном микшировании баланс левого/центрального/правого каналов звука должен быть достаточно гладким.

- **Боковые/тыловые акустические системы — левая, правая.** В дополнение к левой и правой акустическим системам фронтальной группы в системе объемного звука используются дополнительные левая и правая акустические системы, которые размещаются по сторонам или за слушателем (или где-то в промежутке между этими позициями).

  Тыловые акустические системы создают в кинозалах эффект звука, направленного сверху (звук вертолета, кружащего над головой). Поклонники домашних театров часто не знают чувства меры и "накручивают" до упора уровень звука через эти акустические системы, но они, по идее, рассчитаны на то, чтобы создавать достаточно тонкий эффект.

- **Плюс один.** Акустическая система "точка-один" — это отдельный канал низкочастотного звука или НЧ-канал, так называемый сабвуфер (subwoofer). В домашних театрах у нее несколько более сложная роль, но, в целом, достаточно верно будет назвать этот канал каналом "ударной волны". Это выделенная акустическая система НЧ-диапазона.

Помимо систем объемного звука стандарта "5.1", в домашних мультимедийных системах (особенно для компьютерных игр) и кинотеатрах в настоящее время используют системы объемного звука стандарта "7.1" или 8-канальные (**рис. 10.17**). Расширение сводится к увеличению числа каналов и акустических систем, расставляемых вдоль тех же линий. Спецификации современных, получивших широкое распространение, стандартов цифрового объемного звука предусматривают возможность расширения числа каналов до 14, и уже демонстрировались технологии, в которых используется еще большее число акустических систем. Конечно, по мере добавления каналов и акустических систем технические требования становятся значительно серьезнее, а поскольку эффект панорамирования достаточно отчетливо реализуется и при куда меньшем числе акустических систем, дальнейшее наращивание числа каналов дает в лучшем случае едва заметный эффект.

Стандарт "5.1" объемного звука, самый распространенный вариант объемного звука в домашних мультимедийных системах, предназначенных для реализации высококачественного звукового сопровождения телевизионных фильмов и компьютерных игр, становится также самым популярным среди форматов объемного звука, используемых в тиражируемых музыкальных записях. В домашних мультимедийных системах для воспроизведения объемного звука используется специальный декодер стандарта "5.1", который преобразует закодированную звукозапись, сделанную в одном из форматов типа DVD, в аналоговые сигналы, подаваемые на входы акустических систем. Для воспроизведения своих проектов цифровой звукозаписи вам не нужно их кодировать. Вы просто используете имеющийся многодорожечный проект, разведя сигналы по акустическим системам через многоканальное устройство сопряжения (аудиоинтерфейс). Кодирование звукозаписи, выполненной в формате объемного звука (соответственно, и декодирование), необходимо только для того, чтобы "упаковать" объемный звук как можно плотнее; для этого используется, например, один из форматов записи на DVD. Если, например, в используемом вами устройстве сопряжения с компьютером имеется, по крайней мере, шесть незадействованных выходов, вы можете подключить к ним акустические системы объемного звука. В используемом вами ПО, настроенном на работу в режиме объемного звука, вы будете использовать в рабочей станции цифровой звукозаписи панорамизатор объемного звука для панорамирования звука через акустические системы Surround Sound.

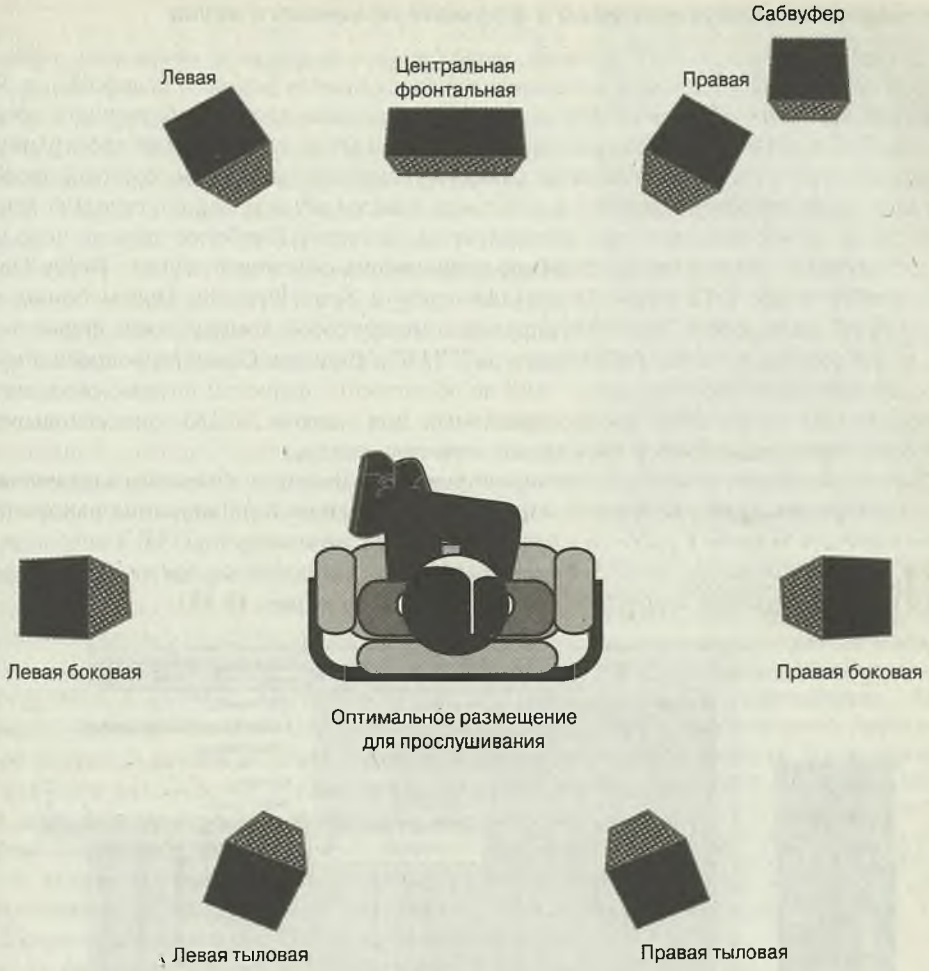


Рис. 10.17. *Типичная конфигурация системы объемного звука стандарта "7.1", используемая в домашних театрах. Стандарт "7.1" пока не такой распространенный, как стандарт "5.1", но все шире используется даже в домашних мультимедийных системах*

Микширование даже всего шести каналов звука в случае использования самого простого стандарта объемного звука, "5.1", — далеко не простое дело, с ним придется повозиться. Схватить суть стереомикширования довольно несложно, а вот микширование объемного (surround sound) звука — это уже само по себе искусство. Творческие технологии творения музыкальных звукозаписей в формате объемного звука продолжают эволюционировать: по сравнению с массой музыкальных звукозаписей, выпущенных в формате стерео, количество музыкальных дорожек, микшированных в формате объемного звука — капля в море. Если вы не можете понять, почему музыканты проявляют такой интерес к созданию фонограмм в формате объемного звука, постарайтесь, когда вам доведется слушать музыку в концертном зале, рок-клубе, соборе, вслушаться в особенности ее звучания в такой акустической обстановке. Вы почувствуете, что звук идет не только спереди, справа и слева — он окружает вас со всех сторон!

Тиражирование звукозаписей в формате объемного звука

Для тиражирования звукозаписей, выполненных в формате объемного звука, на DVD, в видеоиграх и фильмах, используются специальные форматы кодирования. Чтобы кодировать в одном из этих форматов многоканальные записи собственного сочинения, необходим кодер. Воспроизводящее устройство (будь то домашний проигрыватель или аппаратура в местном кинотеатре Cineplex) оснащено декодером, который преобразует закодированную аудиозапись в отдельные каналы звука и маршрутизирует эти аудиосигналы по соответствующим акустическим системам. Наиболее широко используются следующие коммерческие форматы кодирования объемного звука — Dolby Digital (`www.dolby.com`), DTS (`www.dtsonline.com`) и Sony Dynamic Digital Sound, или SDDS (`www.sdds.com`). Это конкурирующие между собой коммерческие форматы кодирования объемного звука. (Аббревиатура "THX" в фильмах *Lucasfilm*, вопреки широко распространенному заблуждению, — это не обозначение формата; помимо обозначения разнообразных технологий, распространяемых под маркой "THX", она используется в качестве сертификационной маркировки качества систем.)

Двумя основными компонентами микширования в формате объемного звука являются конфигурация панорамирования и формат кодирования. Конфигурация панорамирования означает задание в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) исходных условий панорамирования, исходя из которых затем выполняется настройка панорамы путем соответствующей коррекции дорожек звукозаписи (**рис. 10.18**).

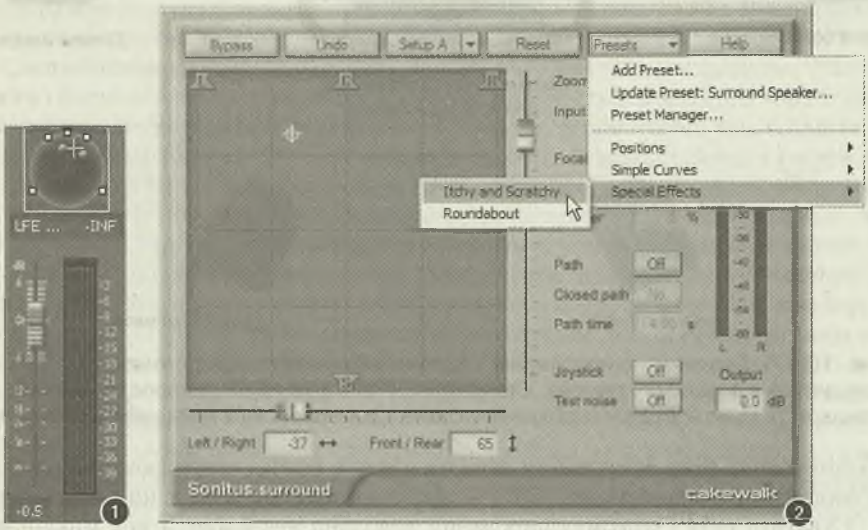


Рис. 10.18. *Для панорамирования объемного звука необходим специальный панорамизатор (panner), визуализирующий картину панорамы объемного звука по периметру 360° (1), как в Cakewalk SONAR, показанном на этом рисунке (обратите внимание на то, что ЖК-индикатор — шестиканальный, т.е. рассчитан на измерение уровней одновременно шести каналов звука). В число средств монтажа объемного звука, предусмотренных в Cakewalk SONAR, входит панорамизатор Sonitus: surround (2), визуализирующий локализацию звука в пространстве в процессе коррекции смеси*

В большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), рассчитанных на работу с объемным звуком, предусмотрены варианты стандартной конфигурации типа 5.1, 7.1 и 8.1. Чтобы полностью реализовать возможности технологии объемного звука, воспользуйтесь подключаемыми модулями, предназначенными для работы с объемным звуком. Такие модули входят в комплекты ряда приложений, например Cakewalk SONAR, MOTU Digital Performer, Digidesign Pro Tools TDM и других рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) (предлагаются даже инструменты, способные работать в режиме объемного звука, как, например, сэмплер Kontakt компании *Native Instruments*).

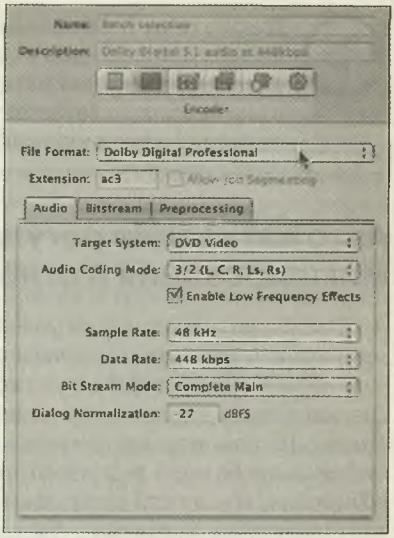


Рис. 10.19. *Раньше для кодирования звукозаписей в стандарте Dolby Digital требовалась очень дорогая аппаратура, а теперь с этим уверенно справляются персональные компьютеры. Кодер Compressor компании* Apple *кодирует в стандарте Dolby стереозаписи и записи в формате объемного звука; используя предусмотренные в нем настройки, вы можете выбрать необходимый вариант конфигурации для записи на выбранный носитель*

Если микшированная звукозапись предназначена исключительно для воспроизведения на компьютере, оснащенном многоканальным аудиоинтерфейсом, то больше ничего и не нужно. Но, по-видимому, вы когда-нибудь захотите перенести звукозапись в таком формате на видео- или аудиоDVD или преобразовать ее в один из стандартных форматов кодирования объемного звука. А для этого вам понадобится ПО кодирования для преобразования аудиозаписи в формат, предназначенный для выбранного варианта ее распространения. Кодеры редко включают в состав рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), но они входят в комплекты ПО для работы с видео, например Sony Vegas (в комплект входит кодер AC-3) и Apple Final Cut Pro (в комплект входит кодер Compressor, показанный на **рис. 10.19**).

Потребность в кодировании аудиозаписей в одном из форматов цифровой звукозаписи, используемых в Голливуде, возникает не только у тех, кто работает в киноиндустрии; например, вы хотите предоставить друзьям возможность послушать ваши сочинения на домашнем DVD-проигрывателе. Декодеры стандарта Dolby Digital сейчас входят в комплекты стодолларового ПО записи CD/DVD, например Toast Titanium компании *Roxio* (для Mac-компьютеров) и DigitalMedia Studio (для Windows-компьютеров). Они записывают закодированные в формате Dolby Digital звукозаписи объемного звука (или просто высококачественные цифровые стереозаписи) на аудиоDVD, которые можно воспроизводить на любом домашнем DVD-проигрывателе. Для воспроизведения, кроме того, необходим декодер, преобразующий цифровую звукозапись объемного звука в аналоговый аудиосигнал (так называемый ресивер (receiver)), но абсолютное большинство потребительской аппаратуры высококачественного воспроизведения звука рассчитано на воспроизведение объемного звука по стандарту Surround Sound, так что если ваши друзья могут смотреть фильм "Титаник" с звуковым сопровождением в стандарте объемного звука, то они и ваши аудиоDVD смогут слушать.

Джойстики и объемный звук. В ряде подключаемых модулей, предназначенных для работы с объемным звуком, предусмотрена возможность использования в качестве органа управления обычного игрового джойстика. Джойстик предназначен для управления движением в пространстве и идеально подходит для панорамирования объемного звука.

Автоматизация регулирования параметров микширования и огибающие

Теперь вы знаете, как осуществляется микширование звукозаписей в программных микшерах, а благодаря графическому интерфейсу они внешне ничем не отличаются от аналоговой аппаратуры — те же поворотные и ползунковые регуляторы и кнопки (разница лишь в том, что вы поворачиваете, двигаете и нажимаете их не пальцами, а мышью). До сих пор мы говорили о коррекциях, которые реализуются по принципу "установи и больше не трогай": они не изменялись на всем протяжении музыкального сочинения. Ну, а если необходимо сделать так, чтобы относительные уровни компонентов изменялись на протяжении песни? Например, необходимо, чтобы аккомпанемент гитары звучал тише во время звучания вокала и намного рельефнее во время инструментального соло. Изменения в смеси компонентов микшируемого звука можно, опять-таки, делать вручную в процессе воспроизведения песни. Но вносить сложные коррекции в микшируемый звук с помощью мыши в процессе исполнения может оказаться сложно, а то и вовсе невозможно. Ручная коррекция с помощью движковых регуляторов звукорежиссерского пульта сопряжена с ошибками, да и стоит такое оборудование немало.

К счастью, компьютеры предоставляют удобную альтернативу этим вариантам. Автоматизация и огибающие — вот что позволяет вносить такие коррекции в микшируемый звук и затем выполнять их автоматически. Существует два базовых варианта внесения таких коррекций: в первом случае изменение параметров регулирования записывается вручную, во втором — путем редактирования огибающих. В одних программах предусмотрена возможность какого-то одного из этих вариантов, в других — любого из них. Можно записать движения регулятора уровня вручную, с помощью мыши, и затем воспроизводить их, а можно нарисовать огибающую, задав, таким образом, закон изменения уровня того или иного слагаемого микшируемого звука. Такая огибающая обычно отображается над или под каждой дорожкой записи.

Система автоматизации регистрирует, как правило, не только уровень, заданный регулятором громкости, но и другие параметры, в том числе следующее.

- Pan (панорама)
- Solo/mute (соло/приглушить)
- Уровни сигналов, направляемых через процессоры эффектов с помощью механизма посылки (send), пропорция уровней необрабатываемого/обрабатываемого сигналов, эффект включен/выключен
- Настройки подключаемых модулей, в том числе индивидуальные параметры программных синтезаторов и эффектов

Путем регистрации этих параметров как управляющей информации вы можете создавать сложные композиции аудиозаписей и вносить дополнительные коррекции в аранжировку.

Автоматизация регистрации управляющей информации

Если вам удобно выполнять регулировки вручную, с помощью механических регуляторов и кнопок, вы можете напрямую записывать управляющую информацию, описывающую эти регулировки, в файл проекта. Поскольку эти данные "автоматизируют" физические перемещения органов регулирования, данный процесс называется *автоматизацией микширования*. Записывать данные автоматизации, двигая ползунки регуляторов мышью, не очень удобно, но это идеальный способ в том случае, если в вашем распоряжении имеется режиссерский пульт, оснащенный средствами управления аппаратными регуляторами. С помощью моторизованного режиссерского пульта, например, Mackie Control, Digidesign Command 18, или даже такого недорогого пульта, как Behringer BCF2000, можно записать каждое движение ползунков регуляторов и каждое нажатие кнопок и затем использовать эту управляющую информацию для автоматической регулировки параметров при воспроизведении композиции (**рис. 10.20**). Моторизованные (т.е. с электроприводом) органы регулирования будут автоматически передвигаться, устанавливаясь в надлежащее положение, стоит только навести позиционер воспроизведения (playback locator) на любую точку в композиции звукозаписей (для записи управляющей информации можно использовать и мышь, но впоследствии, вероятно, придется отредактировать эти данные; для этого можно использовать и немоторизованные органы управления, например движковые регуляторы музыкальной клавиатуры, хотя в этом случае вы будете лишены такого удобства, как автоматическое перемещение движковых регуляторов в соответствии с уже записанной управляющей информацией).

Процедура записи управляющей информации во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) выглядит следующим образом.

1. Для каждой дорожки, которую нужно записать, выбираем опцию automation. (Возможно, потребуется также задать, какие типы данных должны регистрироваться, например уровень, панорама, параметры подключаемого модуля и т.д.).
2. Задаем настройки записи управляющей информации, чтобы при записи не стереть важной информации. Например, может потребоваться указать границы (точки punch-in и punch-out) участка аранжировки, для которого необходимо записать новую управляющую информацию. Другие опции записи управляющей информации позволяют управлять условиями записи так, чтобы установленные настройки оставались неизменными до тех пор, пока вы не передвинете или не повернете регулятор, внося коррекции.
3. Включаем воспроизведение аранжировки и приступаем к записи управляющей информации. Во многих программах для этого не нужно нажимать кнопку Record на панели виртуального устройства записи/воспроизведения — эта кнопка предназначена для записи аудиоинформации в формате MIDI и аудио. Для записи только управляющей информации воспроизводим композицию дорожек, нажав кнопку Play на панели виртуального устройства записи/воспроизведения. Поскольку опция записи управляющей информации активизирована во всех каналах, коррекции в процессе этого прослушивания микшируемого звука, будут записаны.
4. Для того чтобы последовательно довести запись до нужной кондиции, задаем режим циклического повторения (это оказывается особенно кстати, если просто рук не хватает сделать все за один раз!).
5. Воспроизводим проект с включенным воспроизведением записи управляющей информации, и все изменения параметров микширования выполняются автома-

тически в процессе воспроизведения (настройки режима воспроизведения управляющей информации обычно собраны в отдельном меню, не связанном с кнопкой включения/выключения записи управляющей информации, хотя они могут автоматически включаться при выборе опции записи).

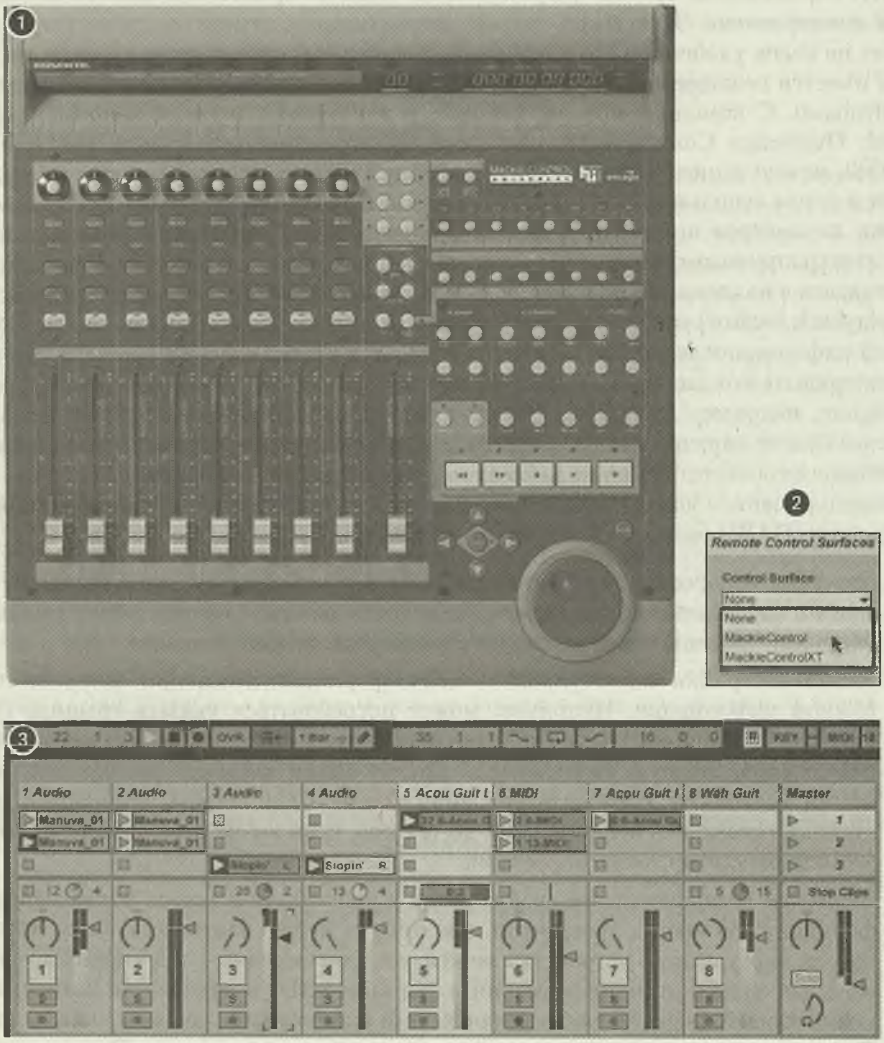


Рис. 10.20. *Программа Control Universal компании* Mackie *— инструмент управления программными микшерами, пользующийся популярностью за свою широкую совместимость без каких-либо дополнительных настроек конфигурации (1). Просто выберите его в настройках вашего приложения, например Ableton Live (2), и в вашем распоряжении мгновенно появится виртуальный моторизованный режиссерский пульт, обеспечивающий автоматическое управление параметрами микширования по записанной управляющей информации, и мышь станет ненужной (3)*

При включении режима автоматизации управления параметрами микшировании вам может быть предоставлена возможность выбрать вариант записи управляющих данных и задать условия записи — когда и как переписывать стандартные значения уровней и уже имеющуюся управляющую информацию, как показано на **рис. 10.21**.

Названия разных режимов записи не очень понятны, но, к счастью, в большинстве самых популярных рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) используется аналогичная терминология.

Рис. 10.21. *Настройки автоматического регулирования параметров микширования в программе Digital Performer. Для использования механизма автоматического регулирования необходимо нажать кнопку записи/воспроизведения управляющей информации и выбрать режим записи управляющей информации*

- **Overwrite/write (перезапись/запись).** Режим overwrite (или auto-write или просто write) — это простейший вариант записи управляющей информации. С момента нажатия кнопки Play до момента нажатия кнопки Stop все ранее записанные управляющие данные для всех дорожек аудиозаписи будут стираться и заменяться данными, соответствующими текущим положениям регуляторов и кнопок управления в процессе текущего воспроизведения проекта (даже если вы не прикоснетесь к ним, программа все равно автоматически сотрет старые данные и заменит их новыми, соответствующими текущему положению регуляторов и кнопок управления). ***Пример использования режима*** overwrite*: необходимо создать или откорректировать нарастание громкости в начале воспроизведения для какой-либо из дорожек аудиозаписи; вы нажимаете кнопку* Play *и полностью переписываете управляющую информацию для всего проекта.*
- **Touch (запись изменений с возвратом в исходное положение).** В отличие от режима overwrite, в режиме touch управляющие данные записываются только тогда, когда вы делаете регулировку. Как только вы отпускаете регулятор, он сразу же возвращается в исходное положение (может быть предусмотрена возможность задания скорости, с которой происходит возврат регулятора в исходное положение). ***Пример использования режима touch:*** *необходимо сделать чуть меньше громкость соло на клавишном инструменте, но использование для этого компрессии совершенно исключено; в таком случае включаем воспроизведение проекта перед участком сольной партии клавишного инструмента, поворачиваем влево и не отпускаем регулятор уровня, пока звучит соло, а как только оно сыграно, отпускаем регулятор.*
- **Latch/autolatch/x-over (запись изменений без возврата в исходное положение).** Аналогично записи в режиме touch запись в режиме latch начинается с момента изменения позиции органа регулировки, но после отпускания регулятора он уже не возвращается в исходное положение. Он остается в новом положении и все имеющиеся далее управляющие данные для этого регулятора перезаписываются до момента остановки воспроизведения композиции (удачный вариант этого режима — X-Over в программе Cubase SX — работает точно так же, но запись автоматически прекращается при пересечении с уже имеющимися управляющими данными с целью сохранения ранее записанной информации). ***Пример использования режима*** latch*: вы решили уменьшить уровень воспроизведения дорожки ги-*

тарной партии, дожидаетесь, пока исполнение дойдет до нужного места, снижаете громкость регулятором уровня (тем самым запуская запись в режиме latch*) и, установив нужный уровень, отпускаете регулятор. Запись в режиме latch обычно используют еще и для регуляторов панорамы, поскольку вряд ли кому придет в голову идея использовать для них режим записи с возвратом регулятора в исходное положение, ведь на самом деле никто так не регулирует панораму.*

- **Trim (подстройка).** В ряде программ (в том числе Cubase SX, Digital Performer и Pro Tools HD) добавлен четвертый основной режим записи, предназначенный для коррекции ранее записанной управляющей информации автоматического регулирования уровня смешиваемых сигналов (этот режим для других параметров микширования лишен смысла, поэтому он предназначен только для данных регулирования уровней смешиваемых сигналов). Вместо записи абсолютных значений уровня в режиме trim система автоматического регулирования центрирует регулятор уровня. Таким образом, при повороте регулятора уровня вправо, в сторону увеличения, ранее записанные данные уровня увеличиваются на соответствующую величину, а при повороте регулятора влево, в сторону уменьшения, ранее записанные данные уменьшаются на соответствующую величину (В программах Pro Tools HD и Digital Performer такая подстройка аналогично другим регулировкам может выполняться в режимах записи touch, latch и write).
- ***Пример использования режима trim:*** *автоматическое изменение уровня по ранее записанной управляющей информации не удовлетворяет, громкости чуть-чуть не хватает, но кривая изменения уровней громкости вам нравится; в этом случае вы выбираете режим записи trim touch и увеличиваете уровень, чтобы сделать звук громче.*

Такие режимы записи имеются в программах Digidesign Pro Tools, MOTU Digital Performer, Apple Logic Pro, Steinberg Cubase, Nuendo и Cakewalk SONAR, но не во всех приложениях имеется такой выбор режимов записи управляющей информации. Например, в программе Propellerhead Reason для включения режима записи управляющей информации предусмотрен дополнительный ручной выключатель (иными словами, в Reason стандартно используется режим перезаписи (overwrite)). В программе Ableton Live используется еще более простой вариант: вместо отдельных органов управления записью управляющих данных механизм регистрации движения органов управления параметрами включается автоматически, стоит лишь нажать кнопку записи в виртуальном устройстве записи/воспроизведения. Запись управляющей информации активизируется только в режиме записи музыкальной информации. (Хотя в Ableton Live данный режим записи и не назван "latch", по существу это именно этот режим.)

Рисуем огибающие

В мире программ цифровой звукозаписи возможности управления звуком не ограничены только физическими органами регулировки. В большинстве приложений заложены также возможности графического задания автоматических регулировок. Для этого используются инструменты, которые обычно называют automation envelopes — огибающие автоматического регулирования. Подобно огибающим, используемым в технологиях синтеза звука, огибающие автоматического регулирования задают изменение параметров во времени. Но в отличие от огибающих, используемых в технологиях синтеза звука, которые имеют простую форму, огибающие автоматического регулирования состоят из десятков и даже сотен сегментов и для их создания предусмотрены специальные графические инструменты.

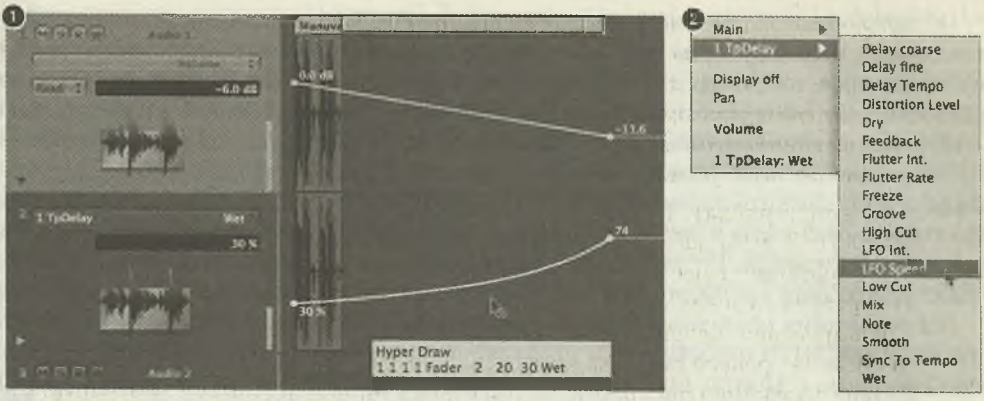


Рис. 10.22. *Графический редактор огибающих автоматического регулирования в программе Apple Logic Pro. Контрольные точки задают начальный и конечный уровни; соединяющую их линию можно оставить прямой, а можно растянуть, превратив в кривую (1). С помощью огибающих можно управлять практически любыми параметрами, в том числе индивидуальными настройками в эффектах типа Tape Delay (2)*

В разных программах используются разные инструменты графического задания формы огибающих автоматического регулирования. Самый простой способ конструирования огибающей — одиночным или двойным щелчком мыши задать контрольные точки (breakpoint) (**рис. 10.22**). Контрольные точки отмечают фиксированные значения параметра, например максимальный и минимальный уровни громкости перехода. Программа интерполирует промежуточные между этими двумя точками значения уровня, соединяя их прямой линией или кривой. Те, кому доводилось работать с ПО цифрового видеомонтажа, сразу увидят аналогию с таким инструментом, как keyframes (ключевые кадры). Редактирование, базирующееся на технологии ключевых точек, еще называют rubber-banding (растягивание резиновой ленты), потому что во многих приложениях для того, чтобы превратить прямую линию в кривую, нужно просто потянуть ее мышью за одну из промежуточных точек, как натянутую резиновую ленту. Имеются также инструменты, позволяющие рисовать кривые от руки или компоновать их из набора трафаретных кривых, например, произвольно меняющейся формы, в виде колебания треугольной, прямоугольной, синусоидальной формы и др.

Например, чтобы создать огибающую, задающую плавное повышение уровня (fade-in), задаем начальную точку на нижнем уровне (–? дБ), отступив на несколько секунд, и конечную точку на нужном уровне (например, 0 дБ). Рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW) автоматически соединит их наклонной прямой.

Редактирование, базирующееся на технологии ключевых точек, остается необходимым инструментом даже в том случае, если вы предпочитаете сначала с помощью ручных регуляторов задавать управляющие данные. После записи управляющей информации вы можете легко отредактировать ее, выведя на экран и откорректировав положения контрольных точек. В большинстве программ ранее записанная управляющая информация выводится на экран в виде кривой огибающей, составленной из сегментов, соединяющих контрольные точки. Вы можете просто двигать эти точки вверх-вниз (по шкале уровня), вправо-влево (по шкале времени), задавать новые контрольные точки, убирать уже имеющиеся и таким образом детализировать огибающую.

Область применения огибающих не ограничена только регулированием уровней составляющих микшируемого звука. Можно записывать огибающие в дорожки и для других параметров, например для настроек подключаемых модулей. В ряде программ возможности использования огибающих расширены до уровня регионов и клипов. Такие региональные/клиповые огибающие проявляются особенно эффектно при синхронизации их ритмом музыки. Можно, например, привязать к ритму музыки изменение уровня эффекта или изменить панораму звука в такт с ритмом так, что локализация звука будет двигаться вправо-влево в такт с ритмом, или в небольших пределах изменить тембр программного синтезатора. Региональные/клиповые огибающие входят в состав инструментов в таких программах, как Ableton Live, MOTU Digital Performer, Cakewalks SONAR и Projects.

Эта технология применима также и к MIDI-данным и в какой-то мере перекрывается с технологией MIDI-огибающих (о практике использования MIDI-огибающих на примере программы Ableton Live читайте в разделе "Практика: запись и редактирование MIDI-клипов" главы 8).

Сведение фонограммы, создание мастера-оригинала и тиражирование готовой звукозаписи

По окончании монтажа и коррекции микшированного звука ваш проект зазвучит именно так, как вы хотели. Но для того, чтобы другие могли послушать ваше произведение, им нужно будет воссоздать такую же, как и у вас, многоканальную систему воспроизведения и такое же размещение акустических систем. Поскольку с практической точки зрения это не годится, необходимо выполнить еще ряд операций.

Сведение (mix-down) — это процесс объединения всех дорожек записи, собранных в проекте, сколько бы их ни было — 14, 29 или 128, — в один цифровой аудиофайл, в котором будет столько же каналов звука, сколько акустических систем у слушателей. В процессе сведения создается цифровой аудиофайл, при воспроизведении которого звук будет в точности таким же, как звук, который вы прослушиваете на выходе микшера. Если вы производите запись в формате стерео, т.е. двухканальную (левый и правый каналы), то при сведении получите двухканальную фонограмму. Аудиосигналы левого и правого каналов, которые направляются в левую и правую акустические системы с выхода микшера, будут записаны в виде левого и правого каналов звука в файле стереозвука. Если на выходе микшера вы получаете сигнал в формате объемного звука, то при сведении будут записаны четыре дорожки (звук в формате квадро), шесть (объемный звук в формате 5.1) и восемь дорожек (объемный звук в формате 7.1), т.е. столько каналов звука, сколько необходимо в выбранном вами формате объемного звука.

Помимо того, что количество каналов звука должно соответствовать количеству акустических систем, необходимо еще учесть, в каких условиях потенциальные слушатели могут слушать вашу работу. Можно было бы просто свести все записи в один файл и на этом закончить, но это сопряжено с большим риском. Весь процесс микширования, вероятно, проводился при прослушивании через единственную пару акустических систем и вдобавок к ней — наушники. Но такой вариант акустики не учитывает всех возможных условий, в которых будут слушать эту запись другие люди. А как будет звучать ваша работа при воспроизведении через акустические системы компьютера, если кто-то будет слушать ее, загружая из Всемирной паутины (Web)? А при воспроизведении через вы-

сококачественную акустику меломана? Через дешевую стереосистему? Телевизор? Наушники-кнопки портативного плейера?

Коррекция готовых дорожек микшированной записи для подготовки мастера-оригинала, так называемый *мастеринг* (*mastering*), — это процесс ювелирной отделки готовых дорожек звукозаписи для их записи на выбранном носителе. Это — "глазирование" готовой микшированной звукозаписи, коррекция, благодаря которой звучание созданной вами звукозаписи доставит тем, кто будет ее слушать в другой акустической обстановке, такое же наслаждение, как и вам, когда вы прослушиваете ее в своей студии. Вы можете выполнить эту коррекцию в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), сводя фонограмму в нужное количество каналов и добавляя эффекты перед экспортом записи, или после экспорта в другую программу.

Не делайте этого дома

Если вы рассчитываете на распространение своей работы в виде тиражируемого коммерческого CD или создаете дорожки звукозаписи для любого иного варианта коммерческого распространения, ни в коем случае не делайте никакой коррекции дорожек микшированной записи. Предоставьте это профессиональным звукоинженерам.

В ряде случаев такую коррекцию действительно не следует делать. При подготовке микшированной записи для тиражирования на фирменных компакт-дисках такую коррекцию должен делать профессионал — специалист по подготовке мастеров-оригиналов записей, если вы можете себе это позволить. В таком случае следует оставить дорожки в нетронутом виде, насколько это возможно, сведя коррекции к минимуму. Конечно, в мире цифровой звукозаписи выполнить это требование не так уж и сложно, ведь сохранить в первозданном виде цифровую звукозапись несложно: если необходимо срочно выпустить специальную демозапись и вы чувствуете, что ее звучание необходимо сделать более мелодичным, то нужно всего лишь сделать копию файла проекта и добавить необходимые эффекты. Все равно затем вы передадите инженеру по подготовке мастеров-оригиналов нетронутую копию. Но поскольку многим из тех, кому это необходимо для других проектов, например для создания демозаписи выступлений ансамбля или наброска музыкального сочинения, услуги студии звукозаписи и звукоинженера не по карману, не остается ничего другого, как научиться самостоятельно выполнять такую коррекцию, соблюдая при этом чувство меры.

Контрольная фонограмма: тестирование звукозаписи

Пока вы дойдете до завершения проекта, вам придется многократно прослушивать микшированную запись. Лучше всего прослушивать ее поочередно через акустические системы и через наушники, а если у вас имеется несколько комплектов разных акустических систем, то и через разные комплекты акустических систем. Но даже это не решает проблемы. Одно дело — слушать звук в специально созданной акустической обстановке студии и совсем другое — в неподготовленных условиях. Как узнать, каким станет звук в акустической обстановке, отличной от студийной?

Единственный реальный способ найти ответ на этот вопрос — испытывать черновые фонограммы на различной аудиоаппаратуре, чтобы услышать, как они действительно звучат. Такой черновой вариант сведенной фонограммы микшированного звука называ-

ется reference mix (исходная, контрольная, фонограмма). Послушайте ее через двери из другой комнаты. Загрузите ее в iPod или MP3-плейер и послушайте на ходу, во время поездки в автобусе. Вытащите из кладовки старый кассетный Walkman и послушайте эту запись на нем. Послушайте, как она звучит через отвратительные громкоговорители ноутбука. Послушайте ее в своем автомобиле, опустив стекла. Если эта запись предназначена для звукового сопровождения видео, послушайте, как она звучит через штатные громкоговорители телевизора. Если в оборудование вашей студии входит сабвуфер, выключите его, послушайте эту запись через портативную стереосистему с небольшими колонками.

После часов или недель прослушивания в условиях, которые, как мы надеемся, являются оптимальными студийными условиями, цель заключается в том, чтобы послушать, как будет звучать фонограмма в плохих или просто других условиях. Если фонограмма хорошо продумана, то качество ее звучания не станет хуже и в тех, и в иных условиях. Если при таком прослушивании вы обнаружите недостатки, то придется внести коррекции. Например, если при прослушивании через другую аппаратуру звук басов окажется слишком громким, причиной этого могут быть акустические характеристики студии или студийных акустических систем, вызывавшие ослабление басов, что заставило поднять их уровень в микшируемой записи, чтобы компенсировать это ослабление. Естественно, что при прослушивании через недорогие акустические системы часто на передний план выступают средние частоты, а это значит, что может понадобиться расширение динамического диапазона записи на средних частотах. Завышенный уровень звука на высоких частотах возникает обычно вследствие чрезмерно резкой частотной коррекции или влияния акустических характеристик студии, вызывающих ослабление звука контрольных акустических систем на высоких частотах. Если удается добиться того, что фонограмма звучит хорошо в самых разных условиях, то можно считать, что вы справились со всеми проблемами.

Технология мастеринга для концертного выступления

Традиционно подготовка мастера-оригинала заключается в коррекции фонограммы для записи на долговременный носитель, например для записи CD-альбома, или для широковещания (например, ЧМ-радиовещания). Сейчас, когда вы можете всю свою студию взять с собой на сцену и исполнять музыку, пользуясь ее возможностями, правила изменились.

Взяв с собой на сцену ноутбук, вы можете оперативно использовать многие фундаментальные технологии, описанные в этой главе: с помощью дополнительной обработки динамических характеристик мастера-оригинала записи улучшить качество ее звучания, подстроив ее под конкретную аудиоаппаратуру. Фундаментальный принцип — коррекция звучания записи в целом с учетом условий ее воспроизведения — остается неизменным. Но самое ценное то, что использование программных эффектов дает возможность свести все необходимое оборудование к одному компьютеру и избавиться от необходимости тащить с собой громоздкую и тяжелую аппаратуру обработки звука и спецэффектов.

Если программные синтезаторы работают через базовое приложение, вы можете сделать звучание более мелодичным, пропустив уже микшированную звукозапись через эффекты. Например, в Ableton Live на дорожку мастера-оригинала можно добавить такой инструмент, как Compressor II, а в приложении использовать инструмент MClass Mastering Suite (**рис. 10.23**). Одно из достоинств использования ноутбука в сценическом выступлении заключается в том, что, оказавшись на сцене и обнаружив, что фонограмма через имею-

щуюся систему воспроизведения звучит отвратительно, можно на ходу внести необходимые коррекции и спасти выступление. (Более подробно специфика концертных выступлений рассматривается в главе 13.)

Рис. 10.23. *Типичный вариант "тонкой" настройки инструмента MClass Mastering Suite, который входит в состав приложения Propellerhead Reason, для коррекции сведенной фонограммы. В самом названии "MClass Mastering Suite" указано назначение этого инструмента — "mastering". В его состав входят типичные эффекты, используемые для коррекции готовой фонограммы, такие как эквалайзер, компрессор, процессоры расширения динамического диапазона и стереозвука, но ничто не мешает использовать эти же эффекты в процессе выступления*

Эффекты, предназначенные для использования на стадии подготовки мастера-оригинала записи

Общепринято использовать определенную группу эффектов для общей коррекции баланса и характера звучания микшированного звука. Это, как правило, очень незначительные коррекции, как в кино. Ну кому придет в голову вносить серьезные изменения в изображение, когда лента полнометражного фильма практически готова? Из главы 7 вы уже знаете большинство эффектов, используемых на стадии подготовки мастера-оригинала звукозаписи. На этом этапе они просто используются несколько по-другому, поскольку речь идет о коррекции не отдельных каналов, а микшированного звука. В идеальном случае после микширования какой-либо дополнительной подготовки мастера-оригинал не нужен; поскольку звук идеален, зачем его еще корректировать? Но на практике такое случается нечасто. Применение эффектов на стадии подготовки мастера-оригинала, поскольку коррекция касается одновременно всех каналов звукозаписи, — это, образно говоря, рисование малярной кистью. Вот почему при этом важно не переборщить.

Варианты использования эффектов на стадии подготовки мастера-оригинала

Производители, используя такой термин, как "mastering effect", обычно подразумевают под ним эффект, предназначенный для использования именно на последнем этапе процесса микширования. Но это вовсе не означает, что пригодны для этой цели только эти эффекты. Любой эффект может выступать в этом качестве, если он используется для обработки микшированного звука в целом. Это можно делать разными способами.

- **В основном проекте микширования.** Если вы хотите ввести эффект в имеющийся многодорожечный проект, добавьте его в мастер-канал, правый/левый канал выхода микшированного звука, подаваемого на запись. При экспорте законченной звукозаписи эти эффекты войдут в нее. Можно создать отдельный канал выходного звука, специально для применения эффектов, предназначенных для этапа подготовки мастера-оригинала, и у вас в этом случае будет два варианта микшированного звука — исходный и обработанный эффектами.
- **В новом проекте, предназначенном специально для подготовки мастера-оригинала.** Для создания нового файла проекта, предназначенного специально для подготовки мастера-оригинала, создайте дорожку стереозаписи (или дорожку записи в формате объемного звука, если проект создавался в нем), на которую запишите сведенную фонограмму и затем добавьте эффекты. Экспортируйте фонограмму микшированного звука из исходного проекта, сводя ее в формате стерео- или объемного звука. Затем импортируйте ее в новый проект и добавьте эффекты по своему усмотрению (для этой цели в большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрен специальный шаблон — mastering template). Экспортируете готовую запись и получаете новую версию мастера-оригинала. Этот метод особенно подходит для случая, когда нужно обработать одним и тем же ограничителем одновременно несколько дорожек, причем не покидая рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), используя ее встроенные эффекты.
- **В звуковом редакторе или каком-либо другом приложении, пригодном для подготовки мастера-оригинала.** Если вы предпочитаете использовать эффекты, предназначенные для подготовки мастера-оригинала, после экспорта микшированного звука из рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), импортируйте запись микшированного звука в выбранную вами программу и используйте предусмотренные в ней эффекты (**рис. 10.24**).

В чем исключительность эффектов, предназначенных для использования на этапе подготовки мастера-оригинала

Разработчики инструментов обработки звука могут доработать эффекты, предназначенные для использования на этапе подготовки мастера-оригинала, например уменьшить искажения, повысить качество обработки (что влечет за собой использование дополнительных ресурсов процессора) и оснастить их дополнительными органами настройки для более тонкой коррекции и манипуляции звуком. Во всем остальном термин "mastering effects" относится больше к методике использования эффектов, таких как, например, процессоры коррекции динамических характеристик и эквалайзеры, а не к их типу. Зачастую решающее значение имеет аккуратное использование настроек, а не поиск какого-то магического, "именно того, что нужно" процессора для подготовки мастера-оригинала.

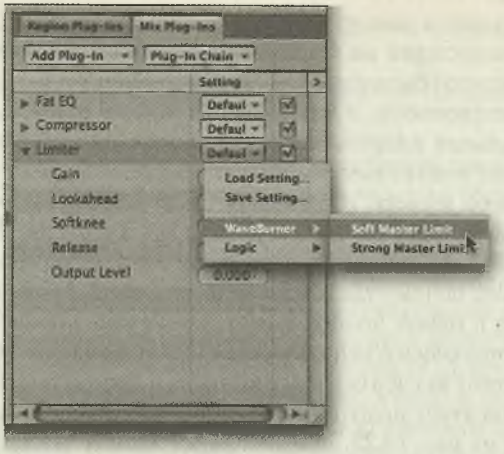


Рис. 10.24. *В качестве альтернативы традиционному способу добавления эффектов в выходные каналы микшированного звука в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) с помощью механизма вставки (insert) это можно делать позже, перейдя в приложение, предназначенное для подготовки мастера-оригинала и компакт-диска, например в WaveBurner компании* Apple *(входит в состав Logic Pro)*

Вообще-то, как правило, правый и левый каналы звука подвергаются одинаковой обработке эффектом, хотя не исключено, что может возникнуть необходимость сделать это по-разному, например, если нужно скорректировать баланс в одном из каналов. В этом случае создавайте отдельные каналы эффектов для каждого канала звука.

Эквалайзеры

Частотная коррекция в каналах выхода стереозвука, если ее использовать в микроскопических дозах, позволяет улучшить тональный баланс микшированного звука. Исходя из того, что все необходимые изменения, как индивидуальные (в каналах микшируемого звука), так и общие (на выходе), уже сделаны, остается только чуть-чуть "отполировать" звук. Вносите коррекции небольшими порциями и прослушивайте результат в течение одной-двух минут, стараясь уловить, как это повлияло на характер звучания, и не делая скоропалительных выводов. Примерно через 10–30 с вы иначе будете воспринимать звук на слух, чем в первые мгновенья прослушивания.

Общее представление о том, каким на слух должен быть звук при надлежащем тональном балансе, дает его сравнение по субъективному восприятию со звучанием симфонического оркестра, которое характеризуется широким диапазоном частот, большим динамическим диапазоном, сбалансированностью и, в целом, вызывает приятное ощущение. В многосерийном фильме "Звездные войны" звук такого характера используется в качестве спецэффекта. Монофоническая тема из старой версии "Звездных войн", снятой Альфредом Ньюмэном (Alfred Newman) на киностудии *20th Century Fox*, резко сменяется аккордами симфонического оркестра в стереозаписи (дополненными всплесками

звука ударных инструментов для усиления восприятия высоких частот). Симфонический характер звука характерен не только для классической музыки. Симфонический характер звука означает его сбалансированность в индивидуальных музыкальных диапазонах акустических инструментов, и такая оценка вполне применима к широкому кругу разнообразных музыкальных жанров, которые не имеют ни малейшего отношения к классической музыке (и даже к акустическим инструментам, собственно говоря). Звукорежиссеры рок-, поп- и джазовой музыки, работающие с совершенно разными инструментальными ансамблями, часто оценивают звучание с точки зрения его "симфоничности".

При надлежащей сбалансированности хорошая запись должна создавать эффект оркестрового звучания. Вот почему так важно не выпячивать слишком ту или иную полосу частот: усиление звука в одной полосе частот неизбежно снижает субъективную громкость звука в контрастирующей с ней полосе частот. И наоборот, можно усилить восприятие в одной полосе частот за счет ослабления звука в другой полосе частот. Что касается частотной коррекции на этапе подготовки мастера-оригинала, то легкая коррекция типа той, которая показана на рис. 10.23, придаст звуку записи теплоты или усилит эффект (более подробно об эффектах частотной коррекции в разных полосах частот рассказано в главе 7).

В ряде музыкальных жанров (таких, как танцевальная музыка, регги (reggae), хип-хоп (hip-hop) и др.) на одних участках частотного диапазона делается больший акцент, чем на других. Разобравшись в том, какими средствами достигается баланс звука, внимательно послушайте свои любимые записи, обращая внимание на характерные "неравномерности" в спектре звука. Например, звучание фортепианного трио Шуберт (Schubert), музыкального альбома мелодий в стиле death metal, старинной записи исполнения в стиле Motown и дорожки звукозаписи в стиле techno будет совершенно разным (что неудивительно). Вы можете сбалансировать звук на слух или воспользоваться программными инструментами типа "EQ matching", которые анализируют спектр записи звука и настраивают эквалайзер так, чтобы выровнять его.

Слушая звукозапись, выбранную вами в качестве образца, помните о том, что характер звука определяется, в первую очередь, выбором и размещением микрофона, а не "перепахиванием" сделанной записи с помощью эквалайзера. Для того чтобы воссоздать звук, идеально повторяющий тот звук, который вы слышите, помимо выбора надлежащих настроек эквалайзера, необходимо воссоздать условия записи.

Динамический диапазон

Аналогично частотной коррекции коррекция динамических характеристик применяется в большинстве своем к отдельным каналам, а не к микшированному звуку в целом. А это значит, что важнее всего при использовании этих процессоров на этапе подготовки мастера-оригинала вносить поменьше изменений, чтобы их влияние на микшированный звук не стало слишком велико. Цель использования компрессоров, ограничителей и экспандеров для подготовки мастера-оригинала заключается в балансировании динамического диапазона звука, исходя из выбранного варианта распространения готовой записи, и в заметном изменении субъективной громкости полученного микшированного звука.

Вот некоторые из распространенных заблуждений, касающихся использования компрессоров в процессе подготовки мастера-оригинала записи.

- При подготовке мастера-оригинала обязательно нужно использовать компрессор.
- Сжатие динамического диапазона — это самый верный способ повышения громкости микшированного звука.

- Сжатие динамического диапазона улучшает качество звучания при воспроизведении звука через дешевые акустические системы.
- Сжатие динамического диапазона необходимо с точки зрения "безопасности" воспроизведения.

Все эти предположения неверны. Во-первых, хотя коррекция динамических характеристик звукозаписи при подготовке мастера-оригинала является общепринятой манипуляцией, компрессор — отнюдь не единственный инструмент; для этого могут использоваться также ограничитель (limiter) и экспандер, расширяющий динамический диапазон вниз (downward expander). Во-вторых, хотя компрессия, несомненно, повышает субъективную громкость звука микшированной записи, это осуществляется за счет сужения динамического диапазона, что при излишней компрессии приводит к искусственной "сплющенности" звука. В-третьих, "безопасность" воспроизведения не имеет ничего общего с компрессией: цифровой звук имеет фиксированный максимальный уровень, и если вы хотите предотвратить опасность выхода из строя аудиоаппаратуры из-за выбросов аудиосигнала, то для этого необходимо использовать не компрессор, а ограничитель (и к тому же он нужен не в ПО подготовки мастера-оригинала, а в составе аппаратуры воспроизведения звука).

Сильная компрессия (heavy compression) — ее называют крутым ограничением (brick-wall limiting), потому что она сжимает в "кирпич" динамический диапазон — используется в коммерческих звукозаписях. Специалисты очень скептически относятся к нарастающему распространению этого варианта ограничения динамического диапазона звука, потому что в результате звук лишается контрастности динамического диапазона, делая его невыразительным для слухового восприятия (результат такой компрессии отчетливо ощущается в неестественности, "сплющенности" звука ЧМ- и телереклам). За последние 20 лет наблюдается устойчивая тенденция к повышению уровня компрессии популярных звукозаписей, распространяемых на CD (к неудовольствию ценителей и специалистов).

Не стоит подвергать запись сильной компрессии при подготовке мастера-оригинала, следуя распространенному заблуждению о том, что это необходимо или что без нее запись звучит "непрофессионально". Используйте ее ровно настолько, насколько лучшим она сделает, по вашему восприятию, звук.

Что такое максимайзер

Хотя название "максимайзер" (или "dynamics maximizer" — "максимайзер динамических характеристик") похоже на название какого-то необычного оборудования для занятий аэробикой, это всего лишь специализированный ограничитель. Он увеличивает громкость звука за счет повышения уровня аудиосигнала путем изменения коэффициента передачи.

Большинству людей хочется просто сделать так, чтобы звукозапись звучала громко и впечатляюще и чтобы при воспроизведении через акустические системы, отличающиеся от студийных, она звучала так же хорошо. Например, чтобы при воспроизведении через более маломощные акустические системы сохранить широкий динамический диапазон звука, зачастую необходимо не увеличивать, а уменьшать степень компрессии. При воспроизведении через автомобильные акустические системы или компактную стереосистему звук будет восприниматься на слух более "сжатым", чем при прослушивании через студийную акустику, и это вполне объяснимо, ведь у простых акустических систем динамический диапазон воспроизведения *у*же, чем у студийных.

Оптимальный вариант — чуть-чуть сжать звук, скорее, ограничить уровень самых больших выбросов. Далее процессор за счет дополнительного повышения коэффициента

передачи сможет поднять общий коэффициент усиления канала передачи, делая звук громче, "энергичнее". Это весьма деликатный процесс, поскольку сужение динамического диапазона приводит к снижению верности звуковоспроизведения, но зачастую незначительное сжатие или ограничение динамического диапазона оказывается полезным. Как всегда, проверяйте каждый новый вариант микшированного звука, внимательно прослушивая, как изменился звук в результате коррекции.

В ряде случаев мы говорим "Мне нужно сделать звук громче", а на самом деле нам нужно сделать его контрастнее, и в этом случае для придания звуку рельефности на стадии подготовки мастера-оригинала самыми подходящими инструментами оказываются экспандеры.

Расширители стереобазы, возбудители/расширители и другие инструменты отделки

Хотя при подготовке мастера-оригинала чаще всего используются такие технологии обработки звукозаписи, как частотная коррекция и коррекция динамических характеристик, для дополнительной "отделки" законченной фонограммы могут использоваться дополнительные эффекты.

- **Расширение стереобазы.** Процессоры — расширители стереобазы (stereo imaging processor) представляют собой специализированные процессоры, расширяющие пространство субъективно воспринимаемого стереозвука. В отличие от эффекта панорамирования в этом случае исходный сигнал является уже стереофоническим (таким образом, эти эффекты считаются специализированными, предназначенными для использования на стадии подготовки мастера-оригинала). Вообще говоря, особенно это касается тех, кто еще не имеет достаточного опыта в микшировании, расширение стереобазы должно обеспечиваться, в первую очередь, путем аккуратного использования эффекта панорамирования в отдельных каналах звука, а не использования стереоэффекта в качестве волшебной палочки, способной устранить проблемы оригинальной микшированной записи.
- **Возбудители/расширители.** Возбудители (exciter) и расширители (enhancer) вносят незначительные искажения, которые придают звуку дополнительную "горячность" или "искристость". (Название "exciter" зарегистрировано в качестве торговой марки компанией *Aphex Systems* (www.aphex.com), но этот эффект стал настолько широко известен, что многие вместо нефирменного названия "enhancer" используют слово "exciter".) Теоретически эти процессоры предназначены для восстановления гармонического состава сигнала, искаженного или утерянного в процессе звукозаписи вследствие ограничений, накладываемых характеристиками аналоговых средств звукозаписи. "Восстановление" спектра осуществляется путем внесения гармонически связанных искажений. На этапе подготовки мастера-оригинала использовать такую обработку следует очень осторожно — она лучше подходит для индивидуальной обработки каналов, но для некоторых звукоинженеров возбудитель (эксайтер) исключительно высокого класса — излюбленный инструмент.
- **Подъем басов (bass boost).** Самый лучший вариант подъема уровня низких частот — индивидуальная компрессия и частотная коррекция дорожек записи, но эти эффекты предназначаются и для подъема басов готового микшированного звука. Во многих музыкальных жанрах нет необходимости в подъеме басов, но в танцевальной музыке и ряде жанров, в которых необходимо сделать особый акцент на НЧ-спектре звука, стоит попробовать этот эффект. Вы также заметите, что подъем басов позволяет устранить проблемы на низкочастотном участке спектра звукоза-

писи, не внося при этом заметных искажений. При использовании этого эффекта прослушивайте звукозапись через акустику с мощным сабвуфером; подъем басов может сопровождаться такими проблемами, как рокот и просачивание помех, которые без сабвуфера вы просто не расслышите.

Литература по подготовке мастеров-оригиналов звукозаписей

Книга *The Art and the Science* (Focal Press, 2002), написанная Бобом Катцем (Bob Katz), настоящим мастером своего дела, представляет собой практическое руководство по подготовке мастеров-оригиналов звукозаписей. Хотя она написана на достаточно серьезном техническом уровне, так как адресована, в первую очередь, звукоинженерам, в ней дано углубленное описание технологии мастеринга с научной и музыкальной точек зрения.

Сведение и экспорт

После того как микшированный звук станет таким, как вы хотели, его необходимо экспортировать в файл (или в раздельные файлы) фонограммы двухканального стереозвука или многоканального объемного звука. Сведение в программной обработке цифрового звука означает смешивание выходных данных всех активных каналов звука в заданном регионе и сохранение полученного результата в новом аудиофайле (**рис. 10.25**). Эта операция обычно называется "bounce", "bounce to disk", а иногда просто "render to disk" или "export". Она фактически заключается в двух основных операциях: смешивании выходных данных каналов, в том числе всех предусмотренных эффектов, и записи результата в выбранном файловом формате.

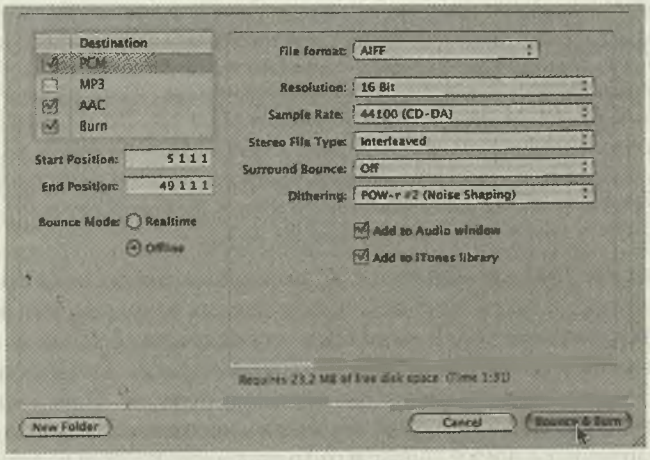


Рис. 10.25. *Типичное диалоговое окно сведения микшированного звука dialog дает возможность экспортировать аудиозапись в любой из множества форматов. Функция bounce в приложении Apple Logic Pro предусматривает возможность одновременного экспорта данных в несколько форматов и записи на CD по одной команде, а также высококачественное сглаживание (dithering) и подавление шумов*

Обычно в диалоговом окне сведения предлагаются следующие основные опции настройки операции.

- **Регион (Region).** Если по каким-либо причинам (например, в конце микшированной записи имеется много пустых тактов) нужно свести не всю запись от начала до конца, задайте начало и конец участка записи, который вы хотите экспортировать в файл. Регион задают либо путем его выделения в окне редактора (перетаскивая мышью границы участка записи), либо указывая начальную/конечную точку этого участка в диалоговом окне сведения в зависимости от конкретной рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW).
- **Активные каналы (Source channels).** В ряде приложений можно вручную отсортировать каналы, которые нужно свести, выбрав выходы конкретных каналов в качестве источников данных для сведения (bounce target). (Вы можете воспользоваться этой опцией для "распечатки" разных вариантов смешения каналов, например для создания дорожки инструментального сопровождения без вокальных партий для ее использования в качестве аккомпанемента вокального исполнения или для занятий.)
- **Каналы назначения (Destination channels).** Эта опция дает возможность задать режим сведения — моно, стерео или объемный звук.
- **Глубина квантования по уровню (bit depth) и частота дискретизации по времени (sample rate); сглаживание (dithering).** Для записываемого в файл цифрового звука необходимо задать глубину (разрядность) квантования по уровню и частоту дискретизации по времени, исходя из того, для чего он предназначен. Например, если проект создан с параметрами цифрового звука 24 бит/192 кГц, а необходим мастера-оригинал для CD, то при сведении микшированного звука нужно получить цифровой звук с параметрами 16 бит/44,1 кГц. Сглаживание (dithering) обеспечивает сохранение качества звучания первоначальной звукозаписи при снижении глубины квантования; подробнее этот вопрос будет рассмотрен чуть позже.
- **Формат и тип файла.** Вы можете выбрать один из доступных файловых форматов, например AIFF/PCM, WAY MP3, WMA, AAC и т.п. Во многих современных рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возможность записи аудиоданных при сведении одновременно в нескольких файловых форматах; таким образом, если вы хотите экспортировать фонограмму в iPod и одновременно записать CD, это позволяет сэкономить время.
- **Режим записи: real или offline.** Если такая опция предусмотрена, вы можете осуществлять сведение в режиме реального времени, одновременно воспроизводя полученную фонограмму, или выполнить эту операцию быстро, не отвлекая ресурсы компьютера на воспроизведение. Преимущество второго варианта (offline rendering) — операция сведения выполняется быстрее. При достаточно мощном процессоре и не очень сложной обработке на сведение 15-минутного многоканального микшированного звука потребуется всего несколько минут. В чем же тогда смысл режима real? Выполняя сведение в режиме реального времени, вы получаете возможность еще раз прослушать звукозапись на наличие ошибок. Вы можете также использовать средства звукозаписи в режиме реального времени, например устройство записи CD для получения резервной или просто дополнительной копии микшированного звука. Хотя все это не столь уж и важно, но если вы хотите еще раз прослушать микшированный звук при сведении, то сведение в режиме реального времени вполне походит для этой цели.

- **Пакетная обработка и дополнительные опции.** Раньше об этом и мечтать не приходилось, а сейчас во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) доступны такие опции, как сведение нескольких файлов одновременно, выполнение в пакетном режиме простых задач обработки звука и даже автоматическая запись дорожки на CD или добавление файлов в библиотеку iTunes. Хотя эти возможности не заменят специализированных инструментов пакетной обработки и мастеринга CD, их может вполне хватить для выполнения простых повседневных операций.

Сглаживание (dithering) и качество экспортируемой звукозаписи

В цифровых системах выборки округляются до целочисленных значений. Чем меньше шаг квантования (и, соответственно, чем больше глубина или разрядность квантования), тем меньше ошибка, связанная с округлением (читайте раздел "Качество оцифрованного звука" главы 1). Но что происходит при снижении глубины квантования по уровню при увеличении шага округления значений выборки? Точность округления значения выборки снижается, что вызывает сужение динамического диапазона. Как мы уже рассказывали в главе 1, ошибки округления особенно заметны на нижнем участке динамического диапазона — они проявляются в виде воспринимаемых на слух нелинейных искажений. Иными словами, при уменьшении разрядности квантования возрастает уровень шума на "спокойных" участках звукозаписи, на которых динамические характеристики звука меняются плавно (в разделе "Цифровые искажения" главы 7 обсуждаются возможности использования этой особенности в качестве спецэффекта на примере эффекта Redux из приложения Ableton Live).

Проще всего было бы вовсе отказаться от уменьшения глубины квантования, но это невозможно из практических соображений. Например, для записи Audio-CD требуется глубина квантования 16 бит. Альтернатива — всегда выполнять проект при глубине квантования 16 бит, но это тоже не выход. Обработка звука при повышенной глубине квантования имеет ряд преимуществ, пусть даже на выходе приходится ее уменьшать. В ряде систем, например в Pro Tools LE и HD, при выполнении проектов с выходным 16-разрядным звуком в самой системе используется 24-разрядный звук (при внутренней обработке или сопряжении в рамках системы).

Нам нужен способ снижения глубины квантования без внесения дополнительных искажений. Устранить погрешность округления невозможно, но можно за счет сглаживания сделать эти искажения не такими заметными на слух. Сглаживание обеспечивает снижение заметности на слух искажений, вызванных уменьшением глубины квантования, путем добавления случайного низкочастотного шума в прореживаемый (downsampled) сигнал. В результате субъективно снижается уровень шума на "спокойных" участках звукозаписи за счет того, что эти искажения не группируются на гармониках в спектре сигнала, а распределяются по нему случайным образом. В результате такой обработки запись звучит лучше.

Ограничение уровня шумов — задача, родственная сглаживанию. Хотя технически она решается иначе, чем сглаживание, цель остается прежней — сделать шумы незаметными на слух. Технология ограничения шумов заключается в переносе шумов, вызванных погрешностью округления, в полосу частот, в которой острота слуха ниже и эти шумы становятся не так заметны на слух (в аудиоприложениях опции сглаживания и ограничения шумов часто сгруппированы вместе).

Сглаживание выполняется только один раз

При многократном сглаживании искажения не снижаются, а, наоборот, возрастают. Поэтому выполняйте эту обработку только один раз — при уменьшении глубины квантования, поскольку соответствующий алгоритм обработки перед снижением глубины квантования добавит сглаживание.

Во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возможность выбора нескольких вариантов использования сглаживания и ограничения шумов (либо одного из них, либо обоих) при снижении глубины квантования до 16 бит. Наиболее широко используется фирменный алгоритм комбинированного сглаживания и ограничения шумов под названием "POW-r" (Psychoacoustically Optimized Wordlength Reduction). Алгоритмы снижения глубины квантования типа POW-r встроены в такие приложения, как Pro Tools, Logic Pro и SONAR.

Для записи на CD

В формате Audio CD, соответствующем стандарту Red Book

Параметры выходного цифрового звука при сведении

Стерео, 16 бит, 44,1 кГц

Инструменты для записи Audio CD

Встроенные инструменты ОС Windows и Mac, а также специализированные приложения, предназначенные для создания музыкальных CD. На платформе Mac ОС это, например, Roxio Toast и Roxio Jam (`www.roxio.com`), Apple WaveBurner (входит в состав Logic Pro) и BIAS Peak (`www.bias-inc.com`). На платформе Windows это, например, Sony Sound Forge 8 (`www.sonymediasoftware.com`), Nero (`www.nero.com`) и CakewalkPyro (`www.cakewalk.com`).

При снижении разрядности цифровой записи для создания файла фонограммы обязательно включайте опцию сглаживания (повторное сглаживание увеличивает искажения, поэтому, если по каким-либо причинам необходимо уменьшить разрядность цифровой записи в несколько раз, применяйте сглаживание на самом последнем этапе). Сглаживающие фильтры иногда оснащены дополнительными опциями (например, вариант noise shaping (комбинированный вариант сглаживания с ограничением шумов) или straight dithering (только сглаживание)), но, поскольку преимущества того или иного варианта зависят от характеристик конкретной записи, лучше всего выбрать оптимальный вариант методом проб и ошибок, перепробовав их все и сравнив результаты. Если ваше приложение не поддерживает технологии сглаживания, вы можете, например, экспортировать запись в формате 24 бит, а затем в другом приложении выполнить сглаживание и снижение разрядности записи (во многие аудиоредакторы, например в BIAS Peak и Sony Sound Forge, а также в инструменты записи CD типа Roxio Jam, включены алгоритмы сглаживания).

Но не забывайте о том, что нельзя сначала уменьшить разрядность записи, а затем выполнить сглаживание или ограничение шумов: сглаживание должно предшествовать операции уменьшения разрядности звукозаписи.

Распространение готовых звукозаписей

После успешного сведения микшированного звука и подготовки мастера-оригинала ваша работа готова для переноса на выбранный носитель или иного выбранного вами варианта публикации. Для каждого из них предусмотрены отдельные технические требования, форматы и, соответственно, специализированные инструменты для выполнения этой работы.

CD

Стандартный формат аудиозаписи на музыкальные CD называется Red Book или Compact Disc Digital Audio (CDDA) (подробная информация об этом стандарте опубликована на Web-сайте CDDA по адресу `www.licensing.philips.com`).

В противоположность распространенному заблуждению, если вы создаете авторский компакт-диск и выполняете запись на компьютерном пишущем CD-дисководе или пишущем CD-плейере, вы не получаете CD стандарта Red Book. Говоря техническом языком, вы получаете CD стандарта Orange Book. Это стандартный формат, разработанный для записываемых CD, но он обеспечивает их совместимость со стандартными CD-плейерами, позволяя слушать на них самодельные музыкальные компакт-диски. Для вас эта информация не столь уж и важна; если вы решите выпустить коммерческий CD, вам придется обратиться в одну из компаний, занимающихся выпуском коммерческих CD, в которой вам укажут конкретные требования к аудиозаписи, которые вы должны соблюдать (можете быть уверены, что в такой компании CD тиражируют не на внутреннем пишущем дисководе CD-R!).

Программа для записи на CD предоставляет возможность выбора формата записи — data CD (CD-R, который можно читать только на компьютере) и audio CD (тип компакт-диска, совместимый с аудиоплейерами), или гибридный формат, включающий как данные в формате, предназначенном для чтения на компьютере, так и аудиоданные в формате, предназначенном для CD-плейеров (**рис. 10.26**). Если вы записываете только звук, выберите формат audio CD.

Что означает PCM? "PCM" ("ИКМ") расшифровывается как "Pulse-Code Modulation" ("импульсно-кодовая модуляция"). Это метод кодирования цифрового сигнала, лежащий в основе многих аудиоформатов (в том числе AIFF и WAV) и большинства форматов записи, в том числе audio CD и DVD (но к Super Audio CD это не относится).

Гибридный формат (его называют по-разному: CD-Extra, CD-Plus или Enhanced CD) дает возможность записывать на компакт-диск с аудиофайлами также файлы данных. Это могут быть видеозаписи выступлений вашего ансамбля, нотные партитуры в формате PDF, Flash-мультипликации и любые другие компьютерные файлы. Для стандартного CD-плейера эти данные будут оставаться "невидимыми", но Mac- и PC-компьютеры их прочитают. (ОС Mac совместима с Windows на уровне разделов, и Linux способна читать Windows-данные, поэтому разумнее всего записывать данные на платформе Windows, чтобы обеспечить кроссплатформенную совместимость.) Создание гибридного CD обычно сводится к перетаскиванию файлов данных в папку, предназначенную для записи на CD, и отдельно — файлов аудиозаписей для записи аудиораздела компакт-диска. Фактически любой Mac- и Windows-компьютер способен сейчас правильно прочитать файлы данных и любой CD-плейер может читать аудиоданные, не обращая внимания на файлы данных.

Рис. 10.26. *Гибридные CD дают возможность хранить как аудиоданные, которые может читать CD-аудиоплейер, так и файлы, которые может читать компьютер. Например, в программе Cakewalk Pyro для этого поместите дорожки аудиозаписи (1) на вкладке Make Audio tab (2), как вы обычно делаете это, затем перейдите на вкладку Data CD/DVD (3) и добавьте файлы данных. Нажмите кнопку Burn CD (4), и Pyro запишет на компакт-диск аудиофайлы и выбранные вами файлы данных*

Обратите внимание на паузы. Важно правильно выбрать паузы между отдельными дорожками звукозаписи, чтобы задать нужный темп воспроизведения альбома. В этом одна из причин, по которым стоит использовать специализированные программы создания авторских CD (во многих пользовательских программах длительность паузы задается стандартным значением, как правило, две-три секунды). Подберите длительности пауз с учетом характера музыкальных записей, чтобы максимально донести до слушателей характер ваших произведений. Затем запишите целиком CD и прослушайте его, проверяя, правильно ли вы это сделали.

Инструменты записи компакт-дисков встроены в Windows, в Mac OS и даже во многие рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW), но у специальных приложений для создания авторских CD есть свои преимущества. Специализированные инструменты предоставляют дополнительные возможности — управление эффектом кроссфединга (для плавного перехода при желании с одной дорожки на другую), длительностью пауз между дорожками и записываемой на CD метаинформацией, такой как оглавление (для поиска дорожек) и текстов песен (отображаемых на ЖК-дисплее CD-плейера) (**рис. 10.27**).

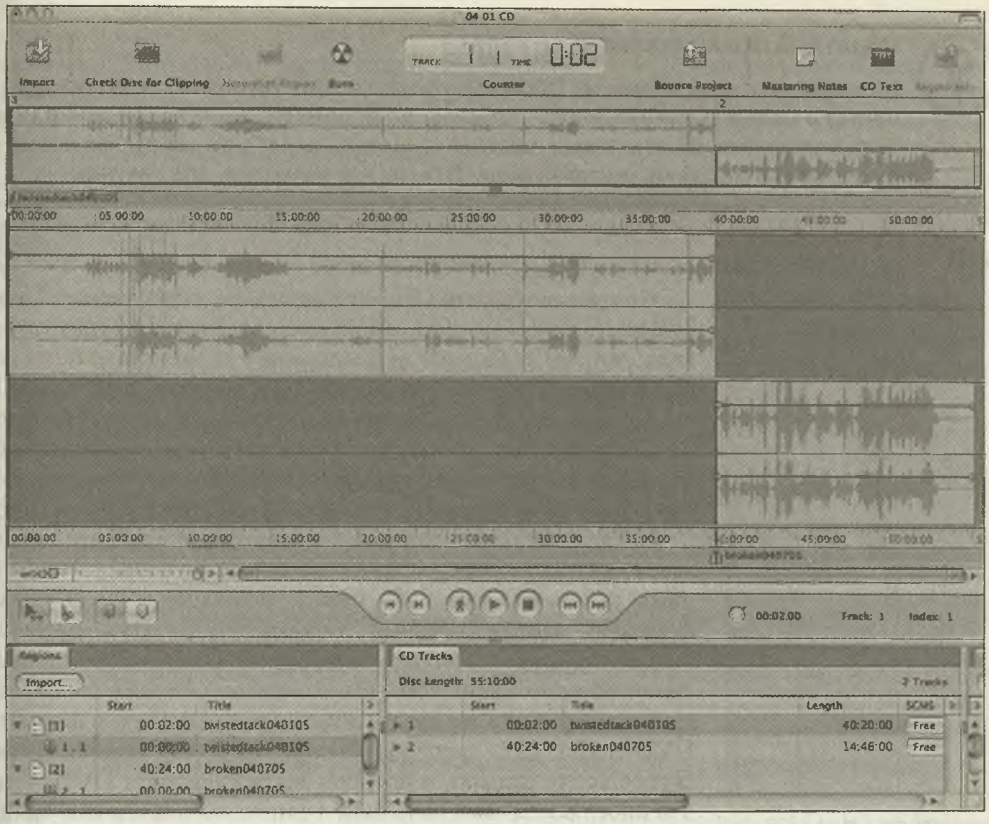


Рис. 10.27. *Полнофункциональные приложения для создания авторских CD, например Apple WaveBurner, обеспечивают все необходимое для компоновки компакт-диска, задания пауз, плавных переходов с одной дорожки на другую и включения в состав компакт-диска текстовой информации для воспроизведения на дисплее CD-плейера, не считая других опций*

Такие приложения, как Sound Forge, Peak и WaveBurner, имеют двойное назначение — они одновременно являются инструментами редактирования и инструментами подготовки мастеров-оригиналов, поэтому вы можете выполнить "отделку" микшированной заготовки звукозаписи, скомпонованной в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), и создать авторский CD с помощью одной программы. (В каждой из этих программ предусмотрены также встроенные эффекты и поддержка подключаемых модулей эффектов, выпущенных сторонними разработчиками для пополнения вашего арсенала инструментов мастеринга.)

Во многих приложениях для записи CD включены также основные технологические инструменты для записи DVD facilities. В этих программах, как правило, не предусмотрены инструменты для создания сложных меню в стиле видеоDVD и сложные алгоритмы кодирования аудио/видеоданных, но если ваши потребности не столь велики, то и этих инструментов может оказаться вполне достаточно.

Обратный отсчет времени до нуля

Паузы между дорожками на CD могут отсутствовать (нулевая продолжительность) с целью беспрерывного, дорожка за дорожкой, воспроизведения или быть короткими. Можно также задать отрицательный обратный отсчет времени до начала дорожки, но пауза должна быть, как минимум, две секунды.

DVD

Рис. 10.28. *В программе Roxio Toast вы можете записывать цифровые фонограммы и на DVD, и на CD. С технической точки зрения эта программа записывает DVD в стандарте DVD-Video, даже если будут только аудиозаписи — не путайте со стандартом DVD-Audio, который является специализированным форматом. Оставив в стороне технические подробности, отметим преимущества музыкальных DVD, записываемых в этой программе, — более высокое качество цифрового звука, большая продолжительность и совместимость со стандартными DVD-плейерами*

Создать авторский CD несложно: всего один аудиоформат (PCM, 16 бит/44,1 кГц), и процесс сводится, по существу, к тому, что вы собираете аудиодорожки и записываете их на CD-болванку. Но совсем по-другому обстоит дело с DVD, стандартом, поддерживающим множество форматов и требующим специализированных инструментов для реализации определенных алгоритмов кодирования и разработки меню для видео — работы, которая по сложности превосходит Web-дизайн.

Хотя, если речь идет только о записи цифрового звука, здесь действуют определенные неизменные условия. Необходимо понимать различие между стандартом DVD-Video, форматом записи, который "понимают" все DVD-плейеры потребительского класса, и стандартом DVD-Audio, специализированным форматом, для которого требуется специальный плейер. Если вы создаете авторский DVD не в формате DVD-Audio для воспроизведения на DVD-аудиоплейере, скорее всего, формат, в котором вы записываете DVD, — не что иное, как DVD-Video, даже если он обозначен как "audio DVD" (**рис. 10.28**). Это название означает всего лишь то, что на этом диске, предназначенном для воспроизведения DVD-плейерами, записан только цифровой звук.

Стандарт *DVD-Video* поддерживает множество аудиоформатов, но наиболее распространенными являются PCM и Dolby Digital (AC-3). PCM — это тот же формат цифрового звука, который используется на аудиоCD. В случае DVD отличие заключается в другой глубине квантования по уровню и частоте дискретизации по времени. Эти параметры имеют следующие значения: 16 бит/48 кГц (а не 44,1 кГц, как в случае CD) или 24 бит/96 кГц. Стандарт Dolby Digital AC-3 — это специальный формат сжатия цифровой фонограммы, который пригоден для записи как стерео-, так и объемного (как правило, 5.1) звука.

Непонятно, зачем записывать звук на DVDs в сжатом формате с потерями, если DVD обладает большей емкостью по сравнению с CD? Причина заключается в "прожорливости" видеофайлов; прибавьте к этому необходимость в дополнительных каналах при записи звукового сопровождения в формате объемного звука, и не останется ничего другого, как только сжимать файлы. Технология Dolby AC-3 специ-

ально оптимизирована для сжатия звукового сопровождения без заметной потери качества звука. В отличие от звука, записанного в формате PCM, для декодирования звука, записанного в формате Dolby Digital, необходимо специальное приложение; оно встраивается в ПО для работы с DVD или включается в пакет ПО в виде отдельной программы APack, разработанной компанией *Dolby*.

Стандарты DVD-дисков аудиозаписей

DVD-Video (самый распространенный), DVD-Audio (менее распространенный)

Формат цифровой фонограммы, предназначенной для записи на DVD

Несжатый AIFF-файл или сжатый (обычно в формате MPEG2), или кодированный (в формате Dolby) файл; параметры цифрового звука, как правило — 16 бит/48 кГц или 24 бит/96 кГц (192 кГц для DVD-Audio).

Инструменты создания DVD-дисков аудиозаписей

Специальные программы разработки и записи авторских DVD, в том числе инструменты записи DVD-дисков во многих программах потребительской категории, предназначенных для создания CD/DVD. На операционной платформе Mac примерами могут служить Apple DVD Studio Pro и Roxio Toast Titanium. На платформе Windows — серия продуктов Sonic Solutions, в которую входят разнообразнейшие программы — от программ для записи DVD ценой менее $100, рассчитанных на массового потребителя, до программ создания авторских DVD профессионального уровня, которые стоят десятки тысяч долларов (`www.sonicsolutions.com`), а также Roxio Easy Media Creator (`www.roxio.com`), Pinnacle Studio (`www.pinnaclesys.com`) и разнообразные продукты компании *U lead* (`www.ulead.com`).

Понятно, почему DVD представляет куда больший интерес, чем CD, даже при записи только звука. DVD-плейеры как аппаратура воспроизведения звука в формате стерео- или surround sound потребительской категории по цене сейчас доступны практически всем. При записи цифрового звука в формате PCM на DVD при тех же, что и у CD, параметрах (16 бит) вы получаете огромный выигрыш в продолжительности звукозаписи или возможность значительного (до 24 бит/96 кГц) повышения качества звука. Используя технологию Dolby Digital, вы можете кодировать объемный звук, при условии что у вас имеется ПО для его декодирования; например, на Mac-компьютерах для этого можно использовать программу Roxio Toast Titanium, которая стоит порядка $100, а не аппаратуру, которая обойдется в тысячи долларов.

Сейчас конкурентная борьба за рынок цифровых аудиозаписей идет между другими форматами. Речь идет об альтернативных форматах записи звука с высоким разрешением — SuperAudio CD или SACD (`www.superaudio-cd.com`) и DVD-Audio. Поддержка новых форматов может быть предусмотрена в аппаратуре звуковоспроизведения высшего класса, а также встроена в игровых системах, таких, например, как Xbox 360 компании *Microsoft* и PlayStation 3 компании *Sony*. Аналогично на рынке видеозаписей повышенного разрешения соперничают такие форматы, как Blu-ray (`www.bluraydisc.com`) и HD-DVD (`www.dvdforum.org`).

Несмотря на пугающее разнообразие стандартов технология кодирования цифрового звука в новых стандартах во многом остается такой же. За исключением стандарта SACD, в котором вместо PCM используется технология, получившая название Direct Stream Digital (DSD), при записи дисков в новых форматах будут использоваться мно-

гие из уже имеющихся технологий кодирования. Увеличение емкости диска означает возможность использования формата Dolby Lossless для записи высококачественного объемного звука в стандарте Blu-ray, но PCM и AC-3 также подойдут для него. Рост популярности этих стандартов стимулирует появление ПО потребительской категории для записи звука на оптические диски — даже раньше аппаратных средств для такой записи (компания *Apple* выпустила пакет DVD Studio Pro, поддерживающий стандарт HD-DVD, до того, как появились дисководы, способные осуществлять такую запись).

Распространение звукозаписей через Интернет

Файлы для загрузки или прослушивания через Интернет в режиме потоковой передачи данных

Форматы звукозаписи для распространения через Интернет

Windows Media, Apple AAC/QuickTime, OGG Vorbis, Real, MP3

Сетевые инструменты

В большинстве аудиопрограмм предусмотрены базовые инструменты конвертирования файлов. В число таких Mac- и Windows-программ, специально предназначенных для ведущих сетевых форматов, входят Apple QuickTime Player (`www.apple.com/quicklime`), Apple iTunes (`www.apple.com/itunes`), Microsoft Windows Media Player и Windows Media Encoder (`www.microsoft.com/windows/windowsmedia`), Real Networks RealProducer (`www.realnetworks.com`) и разнообразные бесплатные инструменты с открытым исходным кодом для OggVorbis (`www.vorbis.com`).

Распространение по сети

Несжатые аудиофайлы слишком велики для передачи и загрузки по сети, поэтому нужно выбрать один из двух вариантов распространения записей: или формат со сжатием звука, такой как MP3 или WMA, для ускорения загрузки файлов, или потоковый сервер для передачи аудиозаписи не целиком, а небольшими порциями.

Из двух этих вариантов проще вариант использования форматов со сжатием: все, что для этого нужно, — инструмент конвертирования несжатого файла (чаще всего это сведенная фонограмма в формате AIFF или WAV) в формат со сжатием (например, MP3, Ogg Vorbis, Microsoft WMA или Apple AAC). В большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена поддержка, по крайней мере, одного из этих форматов; кроме того, компании *Apple*, *Microsoft*, *Real* и другие предлагают бесплатные загружаемые (пусть даже усеченные) версии таких программ. Бесплатные программы часто уступают в удобстве пользования более совершенным профессиональным приложениям, но зато они бесплатны.

Например, в программе iTunes, установленной на Mac- или Windows-компьютере, можно конвертировать аудиофайл из формата AIFF или WAV (или CD audio) в формат MP3, AAC или Apple Lossless (**рис. 10.29**). Задайте нужный формат (Preferences⇨Advanced⇨Importing), перетащите мышью файл в Library и после того, как он будет импортирован, перетащите его в нужную папку. Эта процедура становится утомительной при конвертировании множества файлов, но она вполне годится для эпизодического преобразования, и полученные файлы будут воспроизводиться большинством Web-браузеров и плейером.

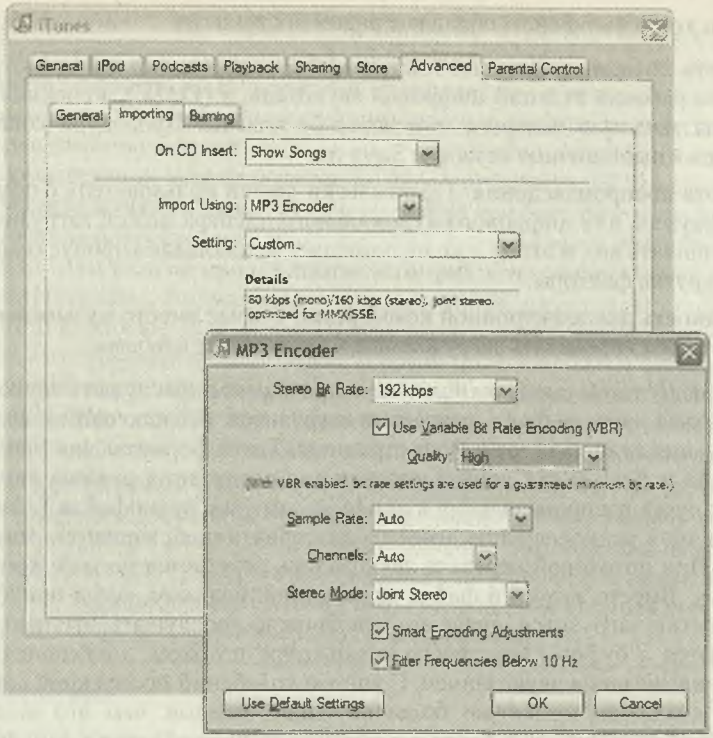


Рис. 10.29. *Программа iTunes обеспечивает удобный способ кодирования со сжатием аудиофайлов; бесплатные версии имеются как для Windows, так и для Mac. Опции инструмента импортирования файлов, встроенного в эту программу, типичны для большинства MP3-кодеров. Битрейт (bit rate) определяет пропускную способность механизма сжатия, хотя в зависимости от конкретного формата сжатия результаты будут разными*

Пакетная обработка

Пакетная обработка — это выполнение одной или нескольких операций обработки одновременно над группой (пакетом) файлов, в отличие от поочередной обработки файлов вручную. В звуковых редакторах часто предусмотрены возможности выполнения таких операций, как конвертирование и добавление эффектов, в режиме пакетной обработки файлов. На операционной платформе Windows, например, программа Sound Forge компании *Sony* может выполнять сценарии преобразования форматов и обработки аудиофайлов эффектами в режиме пакетной обработки. На операционной платформе Mac OS программа Soundtrack Pro компании *Apple* автоматически выполняет в пакетном режиме преобразование форматов, редактирование и обработку эффектами с помощью инструментов Automator и Apple-Script.

Сжатые загружаемые файлы обладают рядом достоинств.

- **Простота создания.** Базовые инструменты кодирования предусмотрены в большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), а специализированные утилиты зачастую недороги или вовсе бесплатны. Процедура конвертирования сводится к выполнению команды Save as.
- **Простота воспроизведения.** Практически любой пользователь с помощью своего Web-браузера или цифрового музыкального плейера может, загрузив такой файл, прослушивать его, и этому уже не помешает меняющаяся пропускная способность сети и другие факторы.
- **Пригодность для электронной коммерции.** Сейчас вместо музыкальных компакт-дисков можно продавать загружаемые музыкальные альбомы.

Основной недостаток такой технологии — прежде чем прослушать звукозапись, необходимо дождаться, пока ее файл полностью загрузится. (Исключением является технология встраивания аудиофайлов в Web-страницы. Такие форматы, как Flash, QuickTime, Windows Media и Real, могут использоваться для реализации режима автоматического (instant-on) запуска воспроизведения в процессе загрузки аудиофайла.) Для трансляции звука, аналогичной радиовещанию, имеется альтернативный вариант — потоковая передача данных. При потоковой передаче звукозапись передается по сети крошечными пакетами данных. Вместо загрузки файла звукозаписи целиком, когда приходится ждать, пока он полностью загрузится, иначе его невозможно прослушать, эти пакеты аудиоданных загружаются в буфер клиентского компьютера потоком, достаточным для непрерывного воспроизведения звукозаписи. С учетом колебаний пропускной способности сети в буфере создается несколько больший запас пакетов, чем это необходимо для воспроизведения звукозаписи в режиме реального времени. Поэтому при снижении пропускной способности сети "провалов" в звуке не возникает (механизм, аналогичный тому, который используется в автомобильном CD-плейере и устраняет "заикания" звука из-за вибраций автомобиля).

Главная проблема технологии потоковой трансляции звука заключается в том, что для ее реализации необходимо специальное серверное ПО, которое называется потоковым сервером (streaming server). Компаниями *Real*, *Microsoft* и *Apple* разработаны коммерческие программы потокового сервера, конкурирующие между собой. Тем, кто знаком с системным администрированием, известно, что, помимо коммерческого ПО, доступны и разнообразные серверные программы с открытым кодом, которые распространяются бесплатно: три варианта, пользующихся популярностью, — Darwin Streaming Server компании *Apple* (`http://developer.apple.com/darwm`), Icecast server (`www.icecast.org`) и VideoLAN (`www.videolan.org`).

Вполне возможно, что вы не против были бы переложить утомительные обязанности администрирования сервера на кого-нибудь другого. К счастью, большинство Web-узлов предоставляют в пользование недорогие потоковые серверы и обеспечивают их администрирование. Если денег на это нет, вы можете загрузить свою музыку на бесплатные Web-узлы, например, Shout-cast компании *Nullsoft* (`wwwshoutcast.com`) или открытые сайты, например Player's Paradise компании *Yamaha* (`www.playersparadise.net`) и сайт поклонников электронной музыки EM411 (`www.em411.com`).

В обоих вариантах распространения звукозаписей — потоковой трансляции и загрузке файлов звукозаписи по сети — используются методы сжатия для удаления "лишних" данных с целью экономии места. Скорее всего, вы будете использовать методы сжатия с потерями и вам, следовательно, придется искать компромисс между качеством звукозаписи и размером файла или необходимой пропускной способностью канала передачи.

Битрейт (bit rate) — это параметр, измеряемый в килобитах в секунду (Кбит/с — kbps или kbit/s). Он представляет собой наиболее важный показатель, характеризующий сравнительную эффективность форматов кодирования со сжатием данных. Битрейт — это характеристика пропускной способности канала передачи данных, соответствующей конкретному алгоритму сжатия: он указывает, какой объем данных считывается из файла при воспроизведении или передается по сети при потоковой трансляции. Чем выше битрейт, тем выше качество звука, но одновременно тем больше файл или поток данных.

Использование битрейта как характеристики качества звука связано с одной проблемой: разные методы сжатия при одинаковом битрейте не обеспечивают одинакового качества звука. Например, формат AAC компании *Apple* представляет собой лицензируемый вариант технологии, используемой для записи на DVD звука в стандарте Dolby Digital audio. Этот формат лучше оптимизирован по сравнению с форматом MP3. В результате качество звука при воспроизведении файла, закодированного в формате AAC с битрейтом 128 Кбит/с, будет превосходить качество звука при воспроизведении файла, закодированного в формате MP3 при битрейте 160 Кбит/с, при прочих равных условиях. Исходя из этих соображений, для обеспечения максимального качества звука лучше всего использовать новые стандарты кодирования, например бесплатный формат Ogg Vorbis, или новейшие технологии сжатия аудиоданных, предлагаемые компаниями *Apple*, *Real* и *Microsoft*. Поскольку новейшие форматы поддерживаются далеко не всеми плейерами и Web-браузерами, наряду с ними стоит, возможно, подготовить и вариант в формате MP3 для обеспечения максимальной совместимости.

Без потерь

Выбор формата кодирования цифрового звука — как выбор из двух зол. Что лучше — пожертвовать качеством звука в угоду компактности файла или, наоборот, за счет увеличения размера файла сохранить максимальную достоверность звука. Форматы кодирования со сжатием без потерь представляют собой "золотую середину", обеспечивая уменьшение размера файла звукозаписи без ухудшения качества звука. В числе популярных форматов — Windows Media Lossless, Real Audio Lossless, Apple Lossless Audio Codec (ALAC) и Ogg Free Lossless Audio Codec (FLAC). Подробные сравнительные характеристики форматов представлены на сайте Lossless Wiki компании *Hydrogen Audio* (`http://wiki.hydrogenau-dio.org/index.php?title=Lossless_comparison`).

Но после того, как вы останавливаете свой выбор на одном из форматов кодирования, битрейт превращается в превосходный инструмент оценки качества звука: хотя сложно сравнивать качество звука звукозаписи в формате AAC и формате MP3 с одним и тем же битрейтом 128 Кбит/с, вы можете быть уверены в том, что качество звукозаписи в формате AAC напрямую зависит от величины этого параметра (при битрейте 192 Кбит/с качество звука будет выше, чем при битрейте 128 Кбит/с). Выбор настроек кодирования зависит от исходной звукозаписи, доступного места на жестком диске, где будут храниться файлы, и вашего вкуса, поэтому нужно оценить, сколько места вы сможете выделить для этого, и послушать результаты сжатия при разных настройках, чтобы выбрать тот вариант, который вас устроит более всего.

Чтобы сохранить высокую достоверность воспроизведения, для разных участков звукозаписи степень сжатия должна быть разной. Таким образом, одним из способов повышения эффективности алгоритма сжатия является использование технологии кодирования под названием VBR (Variable Bit Rate — сжатие с переменным битрейтом). Как

следует из самого названия, технология VBR заключается в изменении битрейта в зависимости от изменения характеристик звука исходной звукозаписи, в противовес кодированию всей звукозаписи с постоянным заданным битрейтом. Для этого необходимо проанализировать звукозапись, поэтому вам могут встретиться такие опции кодирования, как, например, 1-pass VBR (кодирование по алгоритму VBR за один проход) и 2-pass VBR (кодирование по алгоритму VBR за два прохода). Два прохода дают возможность алгоритму кодирования более точно учесть вариации характеристик исходной звукозаписи. Помимо VBR, в ряде инструментов кодирования (в том числе даже в такой скромной по своим возможностям программе, как iTunes) предусмотрены дополнительные возможности повышения достоверности звука, например фильтрация низких частот, подверженных помехам.

Рекламирование и продажа музыкальных записей по сети

Одно из главных достоинств распространения звукозаписей по сети состоит в том, что оно является альтернативой продаже CD-дисков и дает возможность зарабатывать деньги, не используя физические средства доставки товара заказчику. Если вашу музыку записала одна из известных фирм, то она сама позаботится о том, чтобы эта запись появилась в таких сетевых магазинах, как, например, iTunes, MSN Music и Rhapsody. Но если вы независимый автор, то вам самому предстоит позаботиться о сбыте своей музыки.

Web-технологии рекламы музыкальных записей получают все более широкое распространение. Помимо посреднических контор сетевой торговли типа CD Baby (`www.cdbaby.net`) и информационных служб типа `GarageBand.com` (не связанной с компанией *Apple*), появляются новые возможности для тех, кто предпочитает вести собственное дело. С помощью Jamroom (`www.jamroom.net`) вы можете создать собственный Web-сайт для распространения своей музыки; для индивидуальных пользователей это стоит $19, при этом обеспечивается даже поддержка потоковой трансляции звукозаписей. Если вы хотите зарабатывать на загружаемых файлах, можете, например, объединить возможности сайта Jamroom и службы EasyBe (`www.easybe.com`) и создать свой сетевой музыкальный магазин или использовать коммерческую службу совместного использования файлов Weed (`www.weedshare.com`). С помощью EasyBe вы можете создать сетевой магазин даже на собственном сайте.

Формат MP3 остается общепринятым стандартом музыки, распространяемой по сети, и такие службы, как EasyBe, дают возможность продавать MP3-записи без защиты от копирования, что обеспечивает максимальную совместимость с различными платформами и портативными устройствами.

Коллективная работа над проектами

Коллективная работа над проектами — это куда более сложная задача, чем просто сведение материала в законченную звукозапись. Участникам коллективной работы необходимы "сырые" дорожки звукозаписи, чтобы вносить изменения в отдельные партии, не испытывая затруднений.

Если те, с кем вы работаете, используют такое же ПО, как и вы, то считайте, что вам повезло. Для обеспечения максимальной совместимости необходимо ограничить до минимума или вовсе отказаться от использования подключаемых модулей сторонних разработчиков (или же согласованно использовать такие программы или общедоступные

наборы таких модулей). Например, такая программа, как Propellerhead Reason, если все участники используют ее, становится очень эффективным средством разработки, поскольку у всех участников имеется общий арсенал эффектов и инструментов (в противном случае вам придется сводить запись, обработанную инструментами и эффектами, которые имеются только в вашем распоряжении, что лишает других участников проекта возможности корректировать исходники MIDI- и аудиозаписи).

Необходимо также следить за тем, чтобы в пересылаемые копии проекта входили все аудиофайлы (вернитесь к разделу "Управление файлами" в этой главе). В приложении Ableton Live имеется опция Save Set as Self-Contained, обеспечивающая упорядоченное хранение всех аудиофайлов, включенных в проект, в отдельной папке. Если в используемой вами программе такая опция отсутствует, неустанно следите за тем, чтобы файлы хранились в одном месте, чтобы вашему коллеге, открывшему присланную вами работу, не пришлось столкнуться с сообщением об ошибке `file not found` или `media disconnected`.

Для пересылки больших файлов электронная почта не очень походит, поэтому освойте такие средства обмена данными, как файловые Web-службы и FTP (тем, у кого нет собственного Web-сайта, следует обратиться к провайдерам услуг Интернета, многие из которых, наряду с Web-службами, предоставляют FTP-сервис; стоит поближе познакомиться с их возможностями). Вы можете также использовать такой прием, как сжатие отправителем дорожек аудиозаписи, например, в формат MP3 с последующим их декодированием получателем. До тех пор, пока на вашем жестком диске хранятся несжатые копии файлов аудиозаписей, вы всегда в состоянии вернуться к ним на стадии завершения проекта.

Форматы для обмена данными между приложениями

Для переноса файлов данных из одних приложений в другие вам понадобится формат, обеспечивающий импорт и экспорт ключевой информации типа данных синхронизации и регулирования уровня. Этот вопрос приобретает особое значение при озвучивании видеозаписей, потому что аудио- и видеорежиссеры используют разные программы, а необходимо обеспечить их совместную работу (например, аудиорежиссер может использовать такие приложения, как Pro Tools и Logic Pro, а видеорежиссер — Avid и Final Cut).

Необходимо тщательно изучить спецификации всех используемых программ, чтобы выбрать нужный формат. Наибольшую поддержку приобрел формат под названием OMF, но это не исключает возможности выбора одного из множества конкурентных форматов, которые также (что весьма странно) имеют архаичные названия, состоящие также из трех букв.

- **OMF (Open Media Framework).** Разработанный компанией *Avid* (`www.avid.com`) в 1991 году, формат OMF особенно широко используется для обмена данными между такими приложениями, как Avid video и Digidesign Pro Tools. Поскольку эта пара программ используется очень широко, данный формат поддерживается большинством рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW).
- **AAF (Advanced Authoring Format).** AAF представляет собой кроссплатформенный формат, поддерживаемый AAF Association (`www.aafassociation.org`), группой компаний, объединившихся в ассоциацию с целью развития и внедрения этого формата. Поскольку набор инструментальных

средств разработки программного обеспечения для этого формата SDK (software development kit) является бесплатным ПО с открытым исходным кодом, формат AAF также приобрел широкую поддержку; ведущим разработчиком ПО для этого формата является компания *Avid*, и этим объясняется активная поддержка этого формата в системах, базирующихся на Avid video и Pro Tools.

- **MFX (Material eXchange Format).** Формат MFX близок к формату AAF, и его сторонники настойчиво добиваются его признания в качестве стандарта. Этот формат действительно тесно связан с форматом AAF — он является результатом совместной разработки ассоциации *AAF* и организации *Pro-MPEG Forum* и обладает аналогичными формату AAF функциональными возможностями, обеспечивая при этом меньшие размеры файлов.
- **XML (Final Cut Pro).** Поскольку в форматах AAF и MFX используются данные разметки по спецификации XML, это дает возможность дополнять эти файловые форматы фирменной информацией. Такой подход реализован в ряде приложений, например в Final Cut Pro. Например, вы можете переносить XML-файлы проекта из Logic Pro и Final Cut Pro и обратно.

Если не удается избежать необходимости в использовании разных приложений, это ограничивает свободу выбора. Если обе программы поддерживают общий формат, то не остается другого выбора, кроме как использовать его, чтобы не потерять информации, касающейся подключаемых модулей, автоматизации микширования и т.п. (читайте раздел "Форматы для обмена данными между приложениями"). Если выбора нет, единственными подходящими форматами являются форматы исключительно цифрового звука WAV и AIFF, один из форматов кодирования со сжатием и формат SMF (Standard MIDI File — стандартный формат MIDI-файлов) для MIDI-данных (о нем читайте в разделе "Использование формата SMF" главы 8). Но формат SMF подходит лишь при условии, что все участники совместного проекта используют в точности одни и те же MIDI-инструменты (или нечто сравнимое, например похожий звук акустического пианино, который вы можете использовать взамен подключаемого модуля, используемого вашим коллегой по проекту).

Инструменты совместной работы, базирующиеся на использовании подключаемых модулей, упрощают все эти задачи даже в том случае, если вы работаете в разных приложениях. Уже появились новые многообещающие службы, в том числе Digital Musician Net (`www.digitalmusician.net`), которая обеспечивает возможность совместной работы над MIDI- и аудиофайлами в режиме реального времени посредством использования кроссплатформенного подключаемого VST-модуля, и вдобавок — инструменты коллективного пользования, средства обмена файлами между приложениями и оперативной видеосвязи.

ГЛАВА 11

Создание компьютерной нотной партитуры

Независимо от того, что вы сочиняете (песню или концерт для симфонического оркестра), нотные партитуры остаются важным средством передачи замыслов композиторов исполнителям. Программы нотной записи предназначены для записи, редактирования и распечатки партитур.

Ключевые вопросы

Создание компьютерной нотной партитуры

Соблюдение логической последовательности операций в процессе создания партитуры и понимание основополагающих правил нотной записи помогут создавать такие нотные партитуры, какие нужны. Мы познакомимся с имеющимися в нашем распоряжении инструментами нотной записи и приемами их эффективного использования.

- Задачи, решаемые ПО нотной записи, и правильный выбор инструментов с учетом поставленной задачи
- Использование шаблонов и инструментов быстрого старта
- Способы ввода нот: компьютерная клавиатура, мышь, MIDI-инструменты, сканирование и распознавание, обработка аудиозаписей
- Компоновка нотной записи, форматирование листов и выделение партий
- Воспроизведение музыки по нотной партитуре
- Обмен файлами с другими приложениями и пользователями

Ключевые термины

- Ноты
- Разделение (split)/точка деления (split point)
- Задаваемое квантование (input quantization) и отображающее квантование (display quantization)
- Табулатура; аппликатурная сетка

- Партии; извлечение партий
- Реплики; многотактовые паузы
- Библиотеки звуков формата SoundFonts/DLS
- Формат обмена данными MusicXML

С чего начать

Введите и отредактируйте простую партитуру, например ноты песни, в специализированной программе нотной записи. Если у вас нет такой программы, воспользуйтесь бесплатной программой Finale Notepad, работающей под управлением Mac и Windows (`www.finalenotepad.com`); она имеет ограниченные возможности, но для первоначального знакомства с ПО нотной записи отлично подходит.

Какие задачи решает ПО нотной записи

Ну и что, что вам далеко до славы Бетховена? Это вовсе не означает, что вам не нужна программа для нотной записи музыки. У вас тоже может возникать необходимость в нотной записи сочиненной вами песни или партитуры для исполнителей вашего ансамбля, или нот для учебных целей, не говоря уже о такой масштабной работе, как оркестровка симфонии. Тому, кто занимается музыкальной композицией, независимо от жанра, и умеет читать нотные записи, полезно уметь составлять и распечатывать партитуры. В этой книге вы познакомились с множеством разнообразных инструментов, предназначенных исключительно для создания звука; в отличие от них инструменты нотной записи предназначены для документирования партитур и их распечатки на бумаге.

"Распечатать ноты" — такая задача может, на первый взгляд, показаться простой, но из-за сложности и большого разнообразия знаков нотной записи этот процесс включает в себя множество операций. Не важно, используете ли вы инструменты нотной записи своей рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или специализированное ПО. Даже для простой записи песни (нотной записи мелодии, последовательности аккордов и текста) программа нотной записи должна обладать немалыми функциональными возможностями.

- **Ввод и редактирование нот.** Необходим способ ввода и редактирования условных обозначений высоты тона звуков. Если для ввода используется MIDI-клавиатура, программа нотной записи должна знать правила "музыкальной орфографии" (например, как записать "соль-диез" или "ля-бемоль"). Нужно также иметь возможность записывать особенности ритма, например триоли (три ноты, укладывающиеся в интервал звучания двух нот), паузы и другие нюансы (**рис. 11.1**).
- **Символы.** В музыкальной нотации используется множество специальных символов (**рис. 11.2**), от обозначения стаккато (точками над нотной головкой) до гитарной табулатуры и аппликатуры (изображения, показывающего расположение пальцев на ладах).
- **Расстановка элементов.** Программа, используя сложный алгоритм "гравирования", распределит элементы на странице надлежащим образом — так, чтобы они не "наезжали" друг на друга и ноты было легко читать. Поскольку то, что сделает программа, может не всегда устраивать, должны быть предусмотрены инструменты для редактирования компоновки нотного листа.

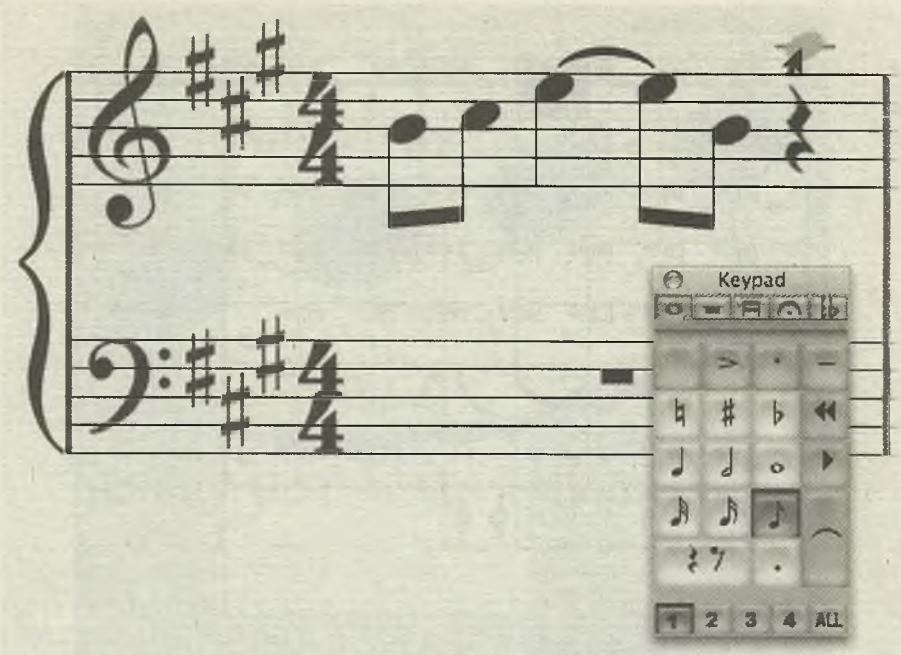


Рис. 11.1. *Первый шаг при создании музыкальной партитуры — ввод нот; это можно делать с помощью мыши, компьютерной (QWERTY) клавиатуры, записи во время исполнения сочинения на MIDI-инструменте или пошагового ввода с помощью той же MIDI-клавиатуры (в качестве примера показано, как это делается в программе Sibelius)*

- **Линии и кривые.** Такие фигуры, как лига и вилка (обозначения crescendo и decrescendo), и обозначения педали непросто изобразить от руки, например, в графическом редакторе. Должны быть соблюдены очень строгие требования к изображению (например, толщина лиги) и расположению этих знаков по отношению к другим элементам на нотном листе (**рис. 11.3**). При изменении компоновки листа лиги должны автоматически растягиваться или сжиматься.
- **Текст.** К расположению и расстановке таких элементов, как название произведения, обозначения динамических нюансов, указания исполнителю, а также других текстовых элементов (**рис. 11.4**) предъявляются свои требования. В нотах песни слова текста должны быть "привязаны" к конкретным нотам и аккорды должны меняться в такт с мелодией.
- **Компоновка.** Помимо расстановки всех индивидуальных элементов, программа нотной записи должна распределить нотные линейки на странице так, чтобы заполнить пространство страницы и придать ей привлекательность и удобочитаемость.
- **Печать.** Когда нотная запись готова, вы должны быть в состоянии ее распечатать.

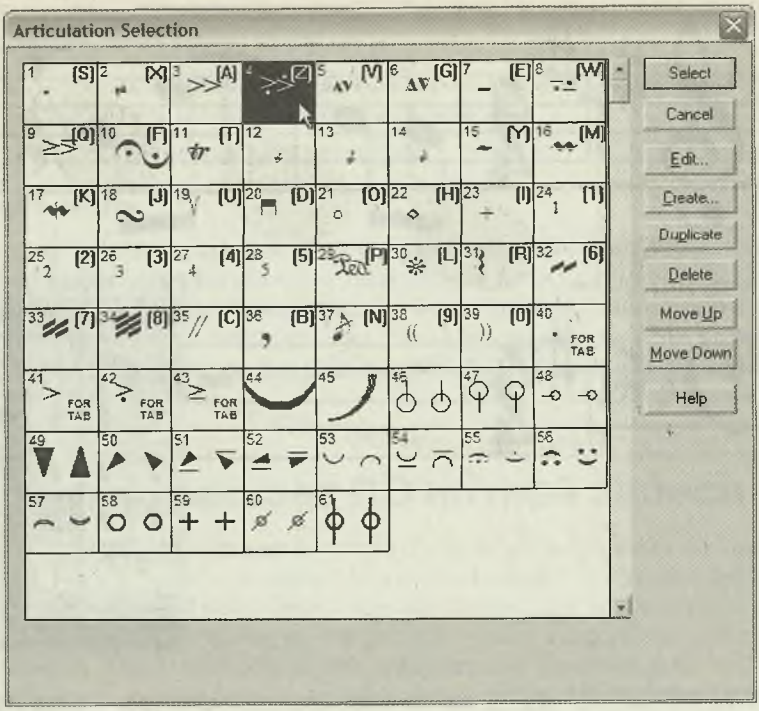


Рис. 11.2. *В число специальных символов, используемых в нотной записи, входят такие знаки, как стаккато, знаки для смычковых и щипковых музыкальных инструментов; в нотном редакторе предусмотрены средства добавления таких знаков к отдельным нотам и группам нот (в качестве примера использована программа Finale)*

Для удовлетворения этим требованиям ПО нотной записи по своим возможностям должно намного превосходить текстовый редактор, в то же время оставаясь столь же простым и удобным в использовании. Приведенный выше перечень далеко не полон — для более сложных партитур требуются дополнительные инструменты.

- **Охват разных инструментов.** Музыкальные инструменты отличаются диапазонами воспроизводимых нот и в ряде случаев особенностями нотной записи, а для таких инструментов, как, например, кларнет и валторна, должны быть предусмотрены возможности транспонирования (**рис. 11.5**). Ноты, исполняемые на транспонирующих инструментах, по тону звучания отличаются от нот, указанных в партитуре.
- **Альтернативные типы нотных станов и нотных головок.** Для нотной записи партитур ударных и ряда других инструментов могут использоваться однолинейный нотный стан и разные варианты пятилинейного нотного стана. Для записи нотных партитур ударных инструментов и особой техники исполнения на ряде других инструментов требуются различные нотные головки, соответствующие характеру партитуры (**рис. 11.6**).
- **Выделение инструментальных партий.** В камерных ансамблях, эстрадных группах и оркестрах музыканты играют по разным нотным партитурам, в которых записаны только их партии, а не ноты всего произведения.

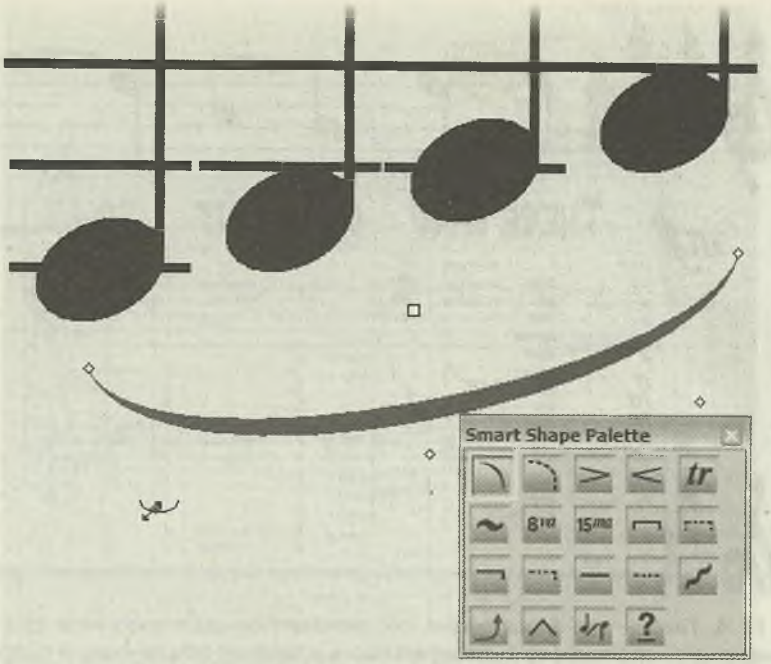


Рис. 11.3. *Нотный редактор обязан обладать "талантами" графического ПО для прецизионной коррекции кривых и линий, например, знаков лиги. В эти объекты заложен характер поведения, гарантирующий правильность их изображения и их привязку к конкретным нотам (в качестве примера использована программа Finale)*

- **Высококачественное воспроизведение.** Для того чтобы пользователи имели возможность в случае необходимости создать демозапись сочинения или просто прослушать ноты для контроля ошибок (которые расслышать намного легче, чем рассмотреть), в ПО нотной записи должны быть предусмотрены средства контроля качества исполнения музыки виртуальными инструментами по нотной записи.
- **Экспорт и совместное использование.** Для работы с другими приложениями заочного обучения, коллективной работы, сетевых демонстраций и продаж или просто для отправки нотных записей быстрее, чем по электронной почте, существенное значение приобретают функциональные возможности, обеспечивающие экспорт и совместное использование.

Теперь, представляя в общих чертах, что может понадобиться от ПО нотной записи, поговорим о том, как подобрать инструменты, удовлетворяющие нашим потребностям и требованиям, и о том, как ими пользоваться.

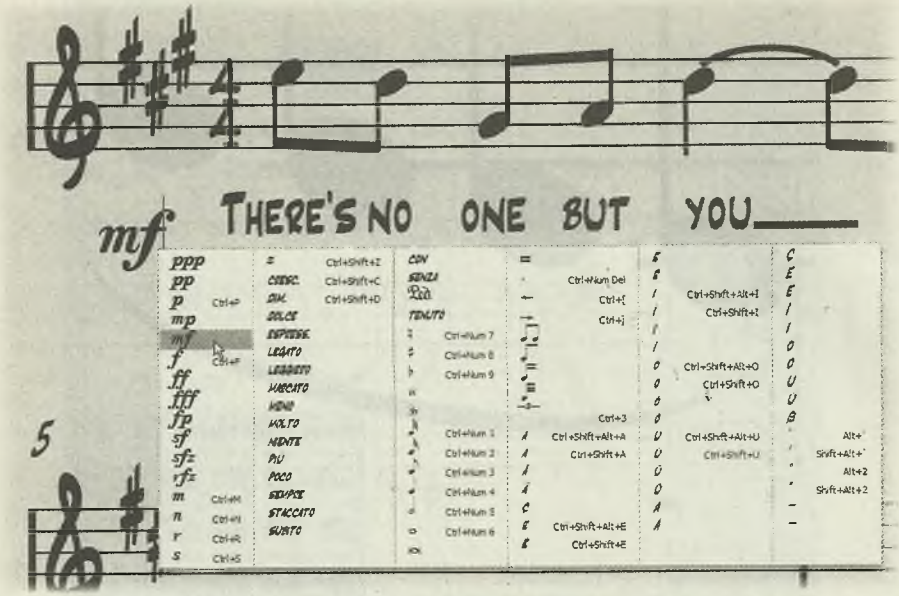


Рис. 11.4. *Текст — это слова песни, обозначения динамических нюансов, знаки, указывающие исполнителю выразительность и технику исполнения, и сопроводительный текст к партитуре: название, имя композитора, информация об авторских правах, колонтитулы, номера страниц и музыкальных интервалов (в качестве примера использована программа Sibelius)*

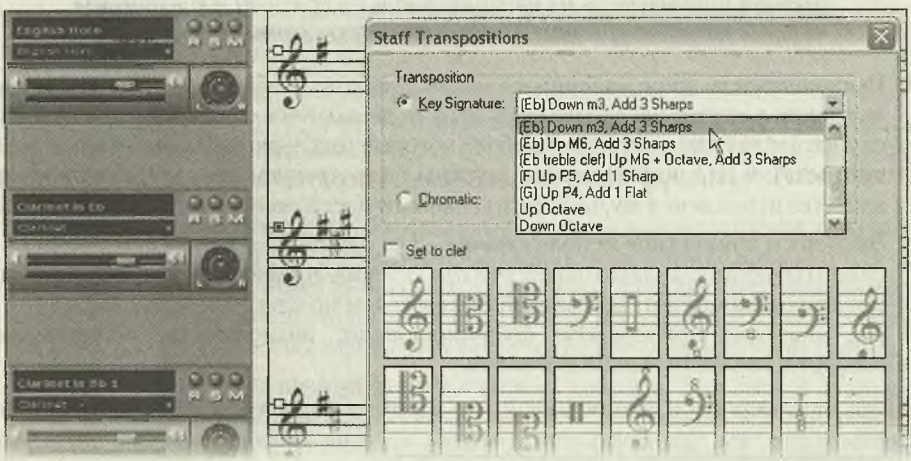


Рис. 11.5. *Транспозиция необходима многим музыкальным инструментам, для которых ключевые знаки и ноты в нотной записи записываются в ключе, отличном от концертного строя таких инструментов, например, как пианино и флейта. В таких программах, как Finale и Sibelius, переход между транспонированным и нетранспонированным отображениями осуществляется легко (в качестве примера использована программа Finale)*

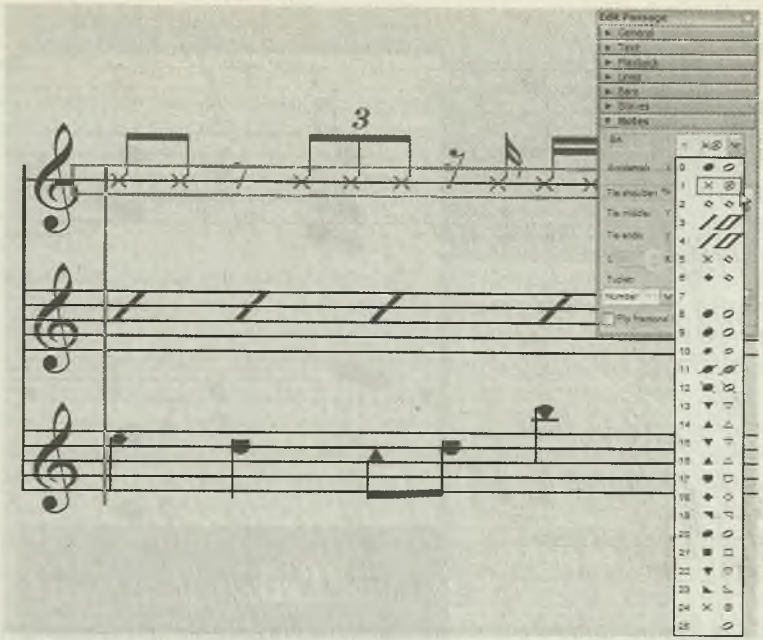


Рис. 11.6. *Для разных партитур — а это могут быть как простые нотные записи (например, ноты для ударных инструментов), так и малоупотребительные и архаичные (например, "гречишная" нотация) — требуются разные типы нотных станов и нотных головок. Путем смены атрибутов нот и нотных станов вы можете совместить разнотипные нотации в партитуре, избавившись от необходимости вводить множество специальных символов вручную (в качестве примера использована программа Sibelius)*

Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) в сопоставлении со специализированными программами

Первое, что необходимо сделать, — решить, какой инструмент будет использоваться. Если ваша основная цель — печать простых нотных партитур MIDI-дорожек, записанных в используемой вами рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), возможностей встроенных инструментов нотной записи будет вполне достаточно **(рис. 11.7)**.

Создание нотной партитуры с помощью штатных средств рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) обеспечивает массу преимуществ. Во-первых, в этом случае вы, по-видимому, уже имеете записанные, отредактированные и "отполированные" MIDI-дорожки, представленные в привычном интерфейсе. Достаточно щелкнуть мышью на MIDI-дорожке или дорожках, которые вы хотите отредактировать в виде нотной партитуры, как откроется окно просмотра нотной партитуры. Теперь можно приступать к работе. Во-вторых, поскольку нотная запись представляет собой просто вариант отображения одних и тех же данных, можно вообще вносить правки как в окне нотной записи, так и в окне синтезируемого звука: это, по сути, будет одна и та же коррекция (хотя отдельные партии все равно придется редактировать индивидуально и может понадобиться сделать вторые копии дорожек, для которых требуется более мудреная нотная запись, например это относится к партии ударных инструментов). В противоположность этому

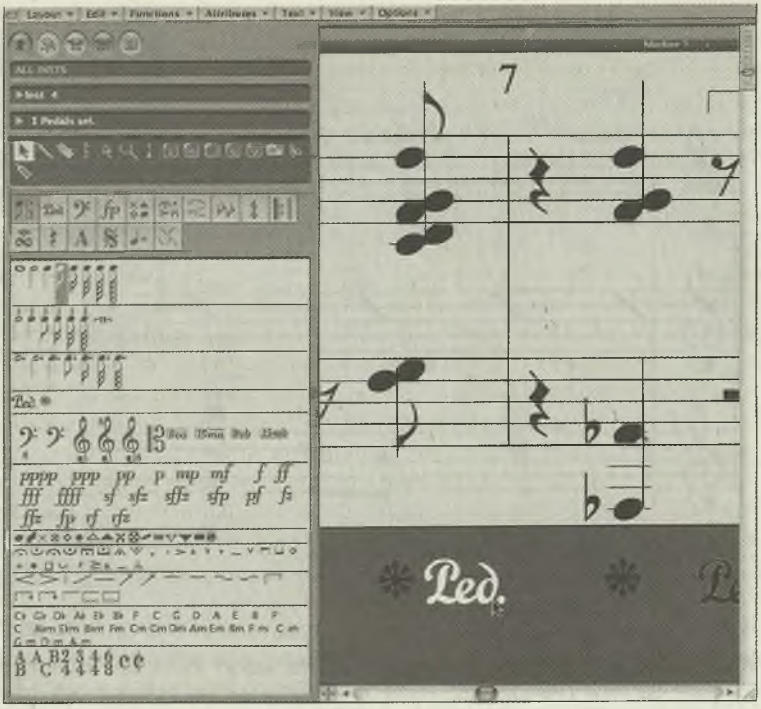


Рис. 11.7. *В ряде рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), например в Logic Pro компании* Apple, *для просмотра, редактирования и распечатки нотных записей предусмотрен интегрированный просмотрщик нотных записей. Главное достоинство такого варианта работы заключается в возможности относительно "гладкого" переключения из режима редактирования нотной записи в режим редактирования MIDI-записи и обратно*

для сохранения соответствия друг другу независимых копий дорожки, одна из которых в виде последовательности MIDI-команд используется в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), а другая в виде партитуры — в программе нотной записи, необходимо согласованно обновлять каждую из них в отдельности. В-третьих, штатные инструменты рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) обеспечивают возможность прослушивания нотной записи с помощью программных синтезаторов. Во многих программах нотной записи предусмотрены встроенные библиотеки звуков, а программа Finale 2006 и ее последующие версии поддерживают подключаемые модули VST/AU компании *Native Instruments*. Но рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW), вероятнее всего, обеспечит возможность использования всех имеющихся у вас программных синтезаторов.

Однако далеко не все рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) способны выдавать нотные партитуры. Такие приложения, как Apple Logic Pro и Logic Express, Steinberg Cubase SX и MOTU Digital Performer, оснащены мощным арсеналом средств нотной записи; у программы Cakewalk SONAR возможности не столь обширны, но она пригодна для создания и распечатки нотных партитур. Другие программы цифровой звукозаписи в большинстве своем лишены инструментов нотной записи. В таких рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW), как Digidesign Pro Tools, Ableton Live, Sony ACID и Mackie Tracktion, подобная возможность вовсе не предусмотрена. Программа Apple

GarageBand оснащена просмотрщиком записей в виде нотных партитур, но лишена возможности их распечатки. Приходится экспортировать MIDI-дорожки из таких программ и открывать их в специализированных приложениях нотной записи (или в случае использования GarageBand открывать проект в Apple Logic Pro).

Для решения более сложных задач и получения более "привлекательных" по внешнему виду партитур лучше использовать специальные программы нотной записи. Во многих случаях это единственный способ получения нужной партитуры: даже самые простые программы нотной записи обладают более широкими возможностями по сравнению со штатными инструментами нотной записи рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW). Даже для начинающих оснащение категории "pro" – это не роскошь: оснащение ведущих приложений нотной записи продумано с точки зрения максимального ускорения процесса создания нотных партитур. Даже те, чьи потребности в нотной записи достаточно скромны, могут счесть такие возможности, как Web-инструменты групповой работы, форматы нотных листов профессионального уровня и другие, весьма существенными.

В этой главе мы будем использовать в качестве примеров приложения Sibelius и Finale, поскольку они обладают широкими функциональными возможностями и пользуются популярностью. Они соперничают друг с другом в непрерывной гонке возможностей. Обе они также выпускаются в разных специализированных версиях. Sibelius выпускается в версиях Student Edition, Educational Suite и G7 для гитаристов; компания *MakeMusic!* выпускает широкую гамму версий Finale, от флагманской версии до бесплатной Finale NotePad, и учебное ПО SmartMusic (`www.smartmusic.com`). Многие принципы, которые мы будем обсуждать на примерах Sibelius и Finale, справедливы и для других программ нотной записи; это касается и средств нотной записи рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW).

Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW), способные создавать нотные партитуры

MOTU Digital Performer (для Mac; `www.motu.com`)

Apple Logic Pro (для Mac; `www.apple.com`)

Steinberg Cubase SX (для Mac и Windows; `www.steinberg.net`)

Популярные специализированные программы нотной записи

Sibelius (ассортимент версий для Mac и Windows; `www.sibelius.com`)

MakeMusic! Finale (ассортимент версий для Mac и Windows; `www.finalemusic.com`)

Нотная запись звука (невозможна)

Дорожки цифровой аудиозаписи, в принципе, "не по зубам" программам нотной записи. Это оцифрованный звук, а не коды нот, поэтому аудиозаписи невозможно преобразовать в нотные записи. Для получения нотной партитуры аудиозапись приходится транскрибировать вручную, технологии автоматического транскрибирования все еще находятся на стадии разработки.

С чего начинается нотная партитура

Если вы готовы приступить к созданию нотной партитуры, выберите тип нотной записи и введите ноты и другие обозначения. Шаблоны и мастеры (wizard) быстрого старта облегчают выполнение такой нудной работы, как задание инструментов, названия и имени композитора, музыкальных ключей, тактовых размеров и других элементов, которые задаются в начале создания нотной записи. Когда речь идет о вводе нот, у нас имеется широкий выбор вариантов: выбирайте тот из них, который дает возможность делать работу быстрее. В случае отсутствия MIDI-клавиатуры подойдут компьютерная (QWERTY) клавиатура и мышь, хотя при пошаговом вводе или вводе в режиме реального времени в процессе исполнения на MIDI-клавиатуре работа идет быстрее.

Шаблоны и инструменты быстрого старта

Когда нотная партитура создается "с нуля", лучше всего задать все инструменты, музыкальные ключи, тактовые размеры и остальные текстовые элементы с самого начала. Тем самым вы избавитесь от лишних забот по ходу работы и исключите опасность выпуска партитур с пропусками. Чем пропускать вступительный (стартовый) диалог в Sibelius или Finale, лучше использовать его для задания этих элементов в партитуре (**рис. 11.8**). В обеих программах работа начитается со стандартного шаблона (чистого листа или стандартного бланка), в который, следуя инструкциям мастера, вносятся эти элементы. Таким образом, вы не пропустите ни одного шага (да, случается, что даже профессионалы-композиторы забывают указать тактовый размер).

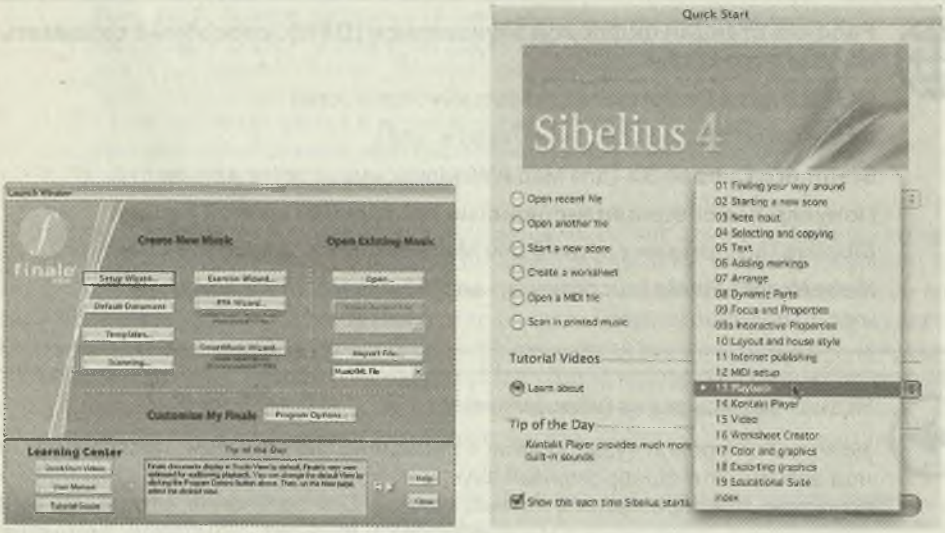


Рис. 11.8. *Стартовые диалоги в приложениях могут иногда казаться довольно нудными, но в программе нотной записи они на самом деле экономят время. Окно Launch Window в программе Finale (слева) и окно Quick Start в программе Sibelius (справа) обеспечивают быстрый доступ к справочным материалам, шаблонам и другим функциональным инструментам*

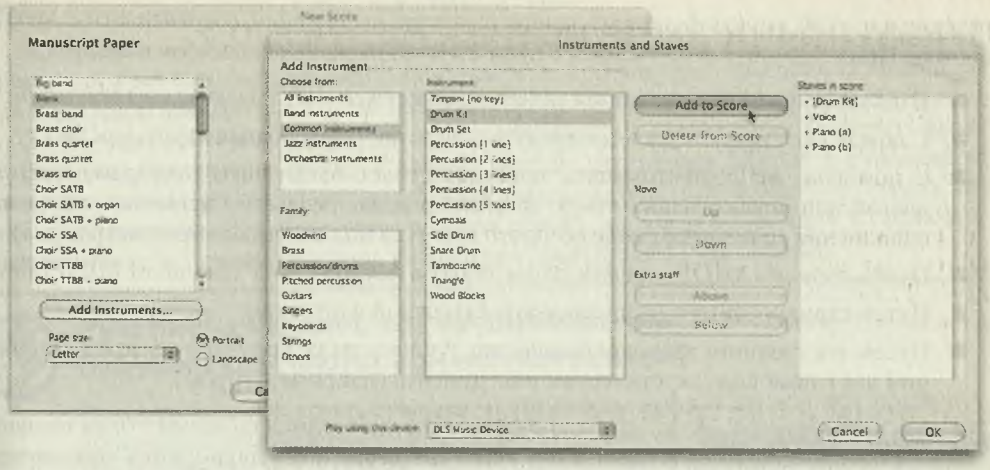


Рис. 11.9. *Для создания нотной партитуры с чистого листа выберите пустой шаблон и задайте нужные инструменты, как показано на этом рисунке на примере программы Sibelius (в программе Finale диалог практически такой же). В дальнейшем вы сможете сэкономить время на этой операции, подготовив шаблоны для типов партитур, которые вам требуются часто*

Если вы начинаете со стандартного бланка, значит, у вас имеется заготовка нотного листа для ансамбля, — остается только внести в нее название, музыкальный ключ, тактовый размер, темп и т.д. Эти шаблоны представляют собой электронные эквиваленты бланков нот, которые продаются в музыкальных магазинах, — листов бумаги с размеченными нотными линейками для оркестра, хора, струнного квартета, эстрадного ансамбля и т.д. Если ни один из имеющихся шаблонов не подходит для вашей цели, выберите чистый лист и задайте инструменты (**рис. 11.9**). Помните о том, что в партитурах разных типов нотные линейки инструментов располагаются в различном порядке. В программе Sibelius стандартным, заданным по умолчанию, является обычный оркестровый порядок, который подходит для большинства случаев, в то время как в программе Finale предусмотрена возможность выбора разных вариантов. После создания нотных линеек вы можете изменить порядок их следования. Изменение ради удобства стандартного порядка нотных линий в партитурах для небольших групп инструментов — не такая уж и редкость.

Большинство из нас, как правило, пользуется практически одними и теми же форматами, поэтому после настройки бланка партитуры, прежде чем приступать к вводу нот, стоит сохранить его в виде шаблона. В следующий раз, когда вам понадобится срочно записать партитуру для вашей фисгармонии, саксофона, трио диджеридоо, вы воспользуетесь этим шаблоном с уже готовыми нотными станами, шрифтами и другими опциями, настроенными по вашему вкусу.

Ввод нот

Следующий шаг — ввод нот в партитуру. При создании партитуры в программе нотной записи, интегрированной в рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW), музыкальные партии, которые нужно переложить на ноты, уже могут быть у вас в виде MIDI-дорожек; ниже, в разделе “Отображающее квантование и сохранение индивидуальности исполнения”, объясняется, как механизм отображающего квантования обеспечивает со-

хранение в нотной записи индивидуального характера исполнения, сохраненного в MIDI-дорожке. При создании нотной записи с нуля имеется несколько способов ввода нот.

- С помощью мыши, устанавливая указатель на нужную ноту и щелкая кнопкой мыши
- С помощью компьютерной клавиатуры, "печатая" нотную партитуру, как текст
- С помощью MIDI-инструмента, последовательно вводя ноты (аккорды) одну за другой или осуществляя нотную запись в режиме реального времени в процессе исполнения сочинения (чаще всего это делается под аккомпанемент метронома)
- Путем импорта MIDI-дорожек, записанных в формате SMF (Standard MIDI File)
- Путем сканирования и распознавания бумажной партитуры
- Путем построчного транскрибирования аудиосигнала, получаемого при исполнении нот с помощью акустическом инструмента (например, трубы)

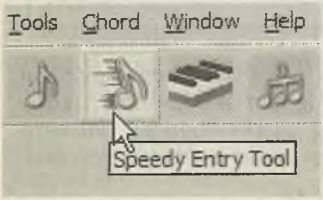


Рис. 11.10. *В программе Finale ставка сделана на подбор инструментов для решения конкретной задачи; это касается и методов ввода данных — Simple Entry, Speedy Entry и HyperScribe. Чтобы выбрать конкретный метод ввода данных и соответствующие настройки, необходимо сначала выбрать инструмент*

Мы поочередно познакомимся со всеми этими вариантами. Чаще всего для ввода нот используются компьютерная клавиатура и MIDI-технология (независимо или в комбинации друг с другом), поскольку они обеспечивают наивысшую скорость и надежность работы. Сканирование бумажных нот и транскрибирование аудиозаписи — это новейшие технологии, но, хотя они зачастую самые привлекательные для тех, кто хотел бы тратить как можно меньше времени на нотную запись, они еще не настолько хорошо справляются с этой задачей, как хотелось бы (сейчас появилась еще одна многообещающая технология — рукописный ввод нот на планшетном ПК; об этом читайте ниже, в разделе "Рукописная запись нот на планшетном ПК: будущее компьютерной нотной записи?").

Большинство программ нотной записи предусматривают, как минимум, ввод нот с помощью мыши, компьютерной клавиатуры и MIDI-инструментов. Например, в программе Finale им присвоены разные названия, поскольку они реализуются с помощью разных инструментов (Simple Entry, Speedy Entry и HyperScribe) (**рис. 11.10**). В программе Sibelius все эти возможности предусмотрены, при этом для их использования нет необходимости в задании конкретного инструмента.

Ввод с помощью мыши

Большинство тех, кто осваивает компьютерную нотную запись, вводят ноты в партитуру, устанавливая указатель и щелкая кнопкой мыши. На практике во всех программах нотной записи имеются палитры стандартных длительностей нот и музыкальных символов, выбираемые с помощью мыши, поэтому самый простой способ ввода этих элементов в партитуру — отметить необходимый объект, щелкнув на нем мышью, а затем тоже с помощью мыши вставить его в партитуру. Хотя такой способ будет работать и он в ряде случаев остается необходимым для решения некоторых задач составления партитуры, он слишком медленный.

Ввод с помощью компьютерной клавиатуры

На компьютерной клавиатуре ноты можно печатать вслепую, как текст на пишущей машинке; это намного быстрее, чем с помощью мыши. В ведущих программах нотной записи и инструментах нотной записи большинства рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрен обширный набор комбинаций клавиш для быстрого ввода (shortcut) нот без помощи мыши. В первых версиях программы Sibelius, в руководстве пользователя, даже рекомендовалось убирать мышь со стола, чтобы быстрее усвоить эти комбинации клавиш. Это, наверное, слишком сурово, но, когда вы освоите на практике методику ввода нот с компьютерной клавиатуры, дело пойдет куда быстрее.

Рукописная запись нот на планшетном ПК: будущее компьютерной нотной записи?

По мере того как компьютерные инструменты нотной записи все шире используются композиторами и музыкантами, многие из них приходят к выводу, что утрачивают интуитивное чувство пера и способность работать с рукописными нотами на дирижерском пульте или пюпитре пианино. Компьютеры на платформе Tablet PC компании *Microsoft* обеспечивают пользователю возможность записывать ноты на компьютере не так, как на ноутбуке, а почти как на бумаге, и такой планшет можно поместить на устойчивом пюпитре.

Для создания технологии ввода компания *Microsoft* вступила в сотрудничество с исследовательской группой из Университета Брауна (Brown University) с целью создания инструмента, обеспечивающего пользователям планшетных компьютеров (Tablet PC) возможность рукописного ввода партитур. Компания *Microsoft* выпустила готовый инструмент в виде PowerToy, назвав его "Tablet PC Music Composition Tool" ("Инструмент для сочинения музыки на планшетном компьютере"), а группа разработчиков из Университета Брауна распространяет это ПО под названием "Music Notepad" ("Музыкальный блокнот") по лицензии BSD как ПО с открытым исходным кодом (**рис. 11.11**).

Вместо ввода нот с помощью клавиатуры или мыши музыкальный блокнот дает возможность записывать их от руки, автоматически преобразуя рукописные символы в печатные ноты партитуры. Возможность сохранения рукописных символов отсутствует; как и при распознавании рукописных букв во многих карманных компьютерах (PDA), сначала необходимо выполнить небольшую настройку, чтобы программа правильно распознавала рукописные символы. Правила рукописного ввода просты и к ним легко привыкнуть. Рукописные нотные записи сохраняются в MIDI-файле для последующего переноса в полнофункциональную программу нотной записи. Единственный недостаток — для использования этой программы без планшетного ПК не обойтись, поскольку ее невозможно инсталлировать ни на каком другом Windows-компьютере. Но поскольку эта программа распространяется как ПО с открытым исходным кодом, есть надежда на то, что такое ПО для настольных ПК рано или поздно появится. У этой программы примитивный интерфейс пользователя, но многообещающее качество распознавания рукописных нот.

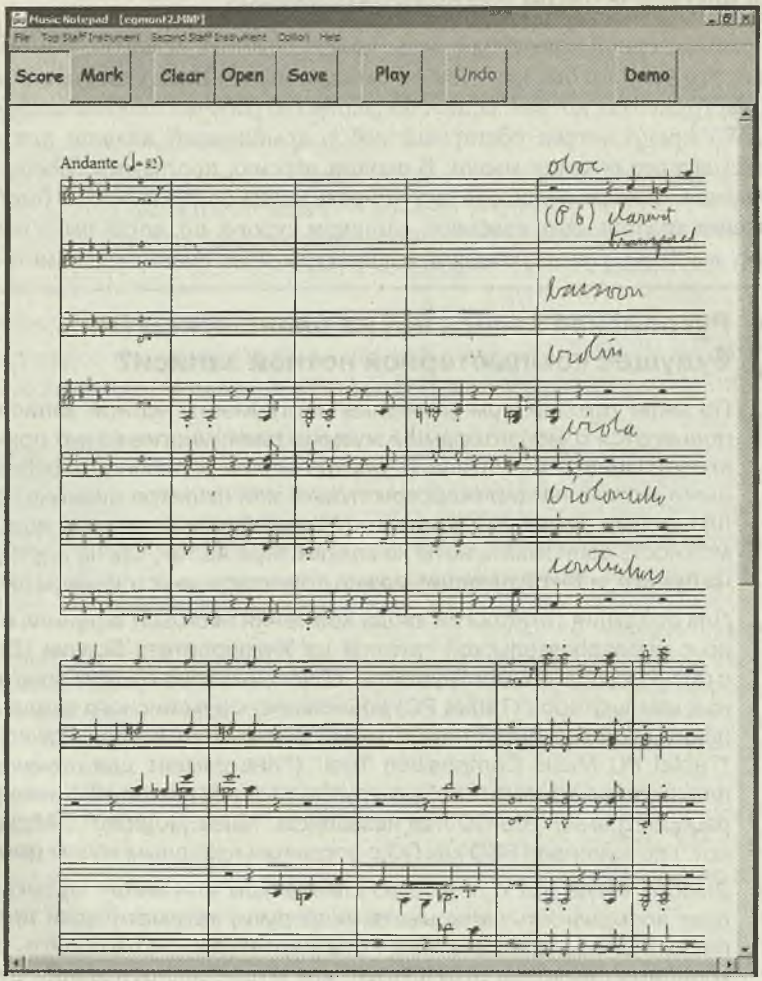


Рис. 11.11. *Программа Music Notepad (Музыкальный блокнот) дает возможность записывать ноты от руки на планшетном Windows-ПК компании Microsoft почти так же, как на бумаге. Программа автоматически преобразует рукописные символы в компьютерную нотную запись, которую можно редактировать, экспортировать и использовать для исполнения (изображение окна программы публикуется с любезного разрешения исследовательской группы компьютерной графики (Computer Graphic Group Research) Университета Брауна)*

В большинстве программ нотной записи ввод нот осуществляется с помощью клавиш, а перемещение вперед-назад по нотному стану — с помощью клавиш управления курсором <→> и <←>, как в любом текстовом редакторе. В программе Sibelius и в программе Finale, работающей в режиме Simple Entry, вы можете задавать длительности нот (одна шестнадцатая, одна четвертая и т.п.) с помощью вспомогательной цифровой клавиатуры — группы промаркированных цифрами клавиш в правой части компьютерной клавиатуры, напоминающей клавиатуру калькулятора (**рис. 11.12**). Высоту тонов опре-

деляют названия нот — они вводятся с помощью соответствующих буквенных клавиш: (<A> ("ля"), <B> ("си"), <C> ("до"), <D> ("ре"), <E> ("ми"), <F> ("фа"), <G> ("соль")). (В ряде приложений, в том числе в программе Finale, при выборе режима Speedy Entry гамма тонов присваивается строкам клавиш компьютерной клавиатуры; в этом случае нотам "до", "ре", "ми" и "фа" соответствуют клавиши <Q>, <W>, <E> и <R> или <A>, <S>, <D> и <F>, а не <C>, <D>, <E> и <F>.) Немного попрактиковавшись, вы сможете вводить ноты почти так же быстро, как текст (компания *Sibelius* даже продает компьютерную клавиатуру с цветной кодировкой).

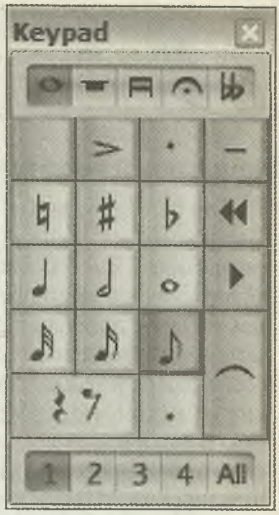


Рис. 11.12. *Усвоение комбинаций клавиш ускоренного ввода способствует резкому сокращению времени, затрачиваемого на создание нотных партитур. Чтобы побудить пользователей активнее применять эту методику, в программе Sibelius многие такие комбинации отображаются на изображении цифровой панели клавиатуры, выводимом в окне программы*

Дополнительная информация

Стоит усвоить комбинации клавиш для ввода других элементов партитуры, таких как лиги, мультиоли и текст, и вы зачастую сможете набирать на клавиатуре целые нотные листы, ни разу не воспользовавшись мышью. Если вы подсчитаете время, которое уходит на выбор команд из меню с помощью мыши, то поймете, насколько велика разница.

Сочиняем на ходу: составляем нотные партитуры на ноутбуке

Компьютерная клавиатура — прекрасный инструмент для создания партитур на ноутбуке, когда нет возможности использовать MIDI-клавиатуру. К сожалению, на клавиатурах большинства ноутбуков отсутствует панель цифровых клавиш, которые во многих приложениях назначаются для ввода длительностей. Но существует несколько способов обойти эту проблему.

Используйте клавишу <Function modifier>**.** В большинстве PC-ноутбуков и во всех Mac-ноутбуках предусмотрена возможность превращения группы клавиш в правой части клавиатуры (клавиш <7>, <U>, <J>, <M> и клавиш справа от них) в панель цифровых клавиш. Для этого нажмите и удерживайте клавишу <Function (Fn) modifier>.

Подключите дополнительную клавишную панель. Компания *Targus* и другие производители выпускают цифровые кнопочные USB-панели для ноутбуков.

Используйте специальные комбинации клавиш. В большинстве программ нотной записи предусмотрена возможность переназначения комбинаций клавиш, что позволяет выбрать те клавиши ноутбука, которые более удобны для пользователя. Для тех, кто использует программу Sibelius 4 или одну из ее последующих версий, предусмотрена возможность выбора специального варианта назначения комбинаций клавиш для ноутбука, как для Windows, так и для Mac.

Те, кому не в тягость сверхпортативная MIDI-клавиатура типа Edirol PCR-M1 (www.edirol.com), могут использовать для ввода нот на ноутбуке такой MIDI-инструмент.

Пошаговый ввод нот с помощью MIDI-клавиатуры

Для быстрого ввода нот компьютерная клавиатура подходит. Но для ввода аккордов и мелодий, часто перескакивающих из одной октавы в другую, куда удобнее MIDI-инструмент. Вместо задания необходимых тонов с помощью компьютерной клавиатуры гораздо проще использовать MIDI-клавиатуру или другой MIDI-инструмент ввода (но для задания длительностей, нюансов и других элементов все равно приходится пользоваться компьютерной клавиатурой или мышью). При пошаговом вводе MIDI-команд в секвенсере ноты и аккорды вводятся поочередно и их длительности задаются вручную, а не регистрируются в реальном масштабе времени, как в процессе исполнения сочинения. В отличие от секвенсера в большинстве программ нотной записи специальный режим "пошагового ввода MIDI-команд" как таковой отсутствует. По большей части использование MIDI-клавиатуры в этом режиме ничем не отличается от использования компьютерной клавиатуры — вы все так же просто нажимаете нужные клавиши.

Запись в режиме реального времени

Для тех, кто предпочитает наигрывать музыкальную мелодию, предназначен вариант ввода нот с помощью MIDI-инструмента ввода в режиме реального времени. Чаще всего требуется исполнять сочинение под метроном, чтобы программа нотной записи могла регистрировать длительность исполняемых нот, придерживаясь размера и тактов партитуры.

Ввод нот в режиме реального времени в программах нотной записи, по существу, аналогичен записи MIDI-исполнения в секвенсере. Выбираем партию, для который хотим сделать нотную запись, задаем темп, отсчет и аккомпанемент метронома; затем нажимаем кнопку Record и начинаем играть. Как и при работе с MIDI-секвенсером, можно задать более медленный темп, чтобы исполнить партию более точно.

Обычно нотная запись делается поочередно только на один нотный стан — исключением является запись фортепианной партии. Поскольку ноты для фортепиано пишутся обычно на двух нотных станах — в басовом и скрипичном ключах, для левой и правой рук, — в программах нотной записи используется механизм *разделения* (*split*) для указания, в какой нотный стан заносить ту или иную ноту. Простейший вариант использования этого механизма — задание фиксированной *точки деления* клавиатуры: если нота находится ниже этой точки (например, "до" малой октавы), она заносится в нижний нотный стан; в противном случае она заносится в верхний нотный стан. В некоторых программах нотной записи предусмотрены дополнительные, расширенные опции. В программе Sibelius предусмотрено автоматическое разделение нот, базирующееся на технологии компьютерного анализа музыкального контекста. В программе Finale пользователь имеет возможность задавать точки деления и осуществлять разделение нот по фиксированному интервалу между руками.

Точки деления чаще всего используются для ввода фортепианных нот, но этот механизм подходит и для ввода инструментальных партий одновременно. Например, вместо записи партии для левой и правой рук можно разделить ввод нот для скрипки и флейты. (В программе Finale для распределения разных MIDI-каналов по отдельным нотным станам вместо задания точек деления можно воспользоваться режимом многодорожечной записи и просто записывать несколько дорожек одновременно.)

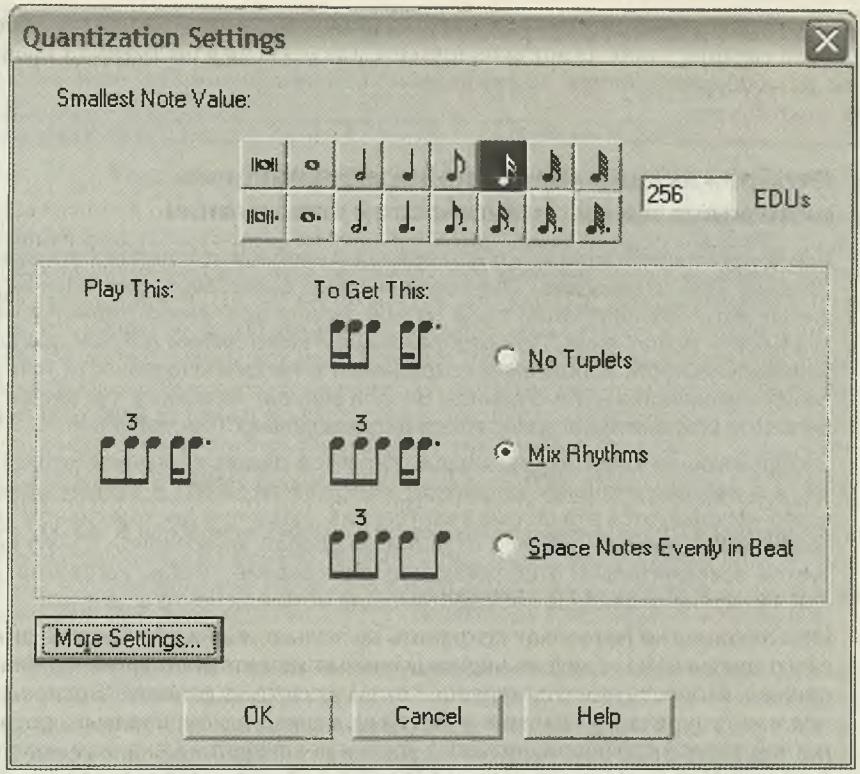


Рис. 11.13. *В транскрипции, выполненной вашей программой нотной записи, появились странные, сложные ритмы? Вероятно, необходимо откорректировать настройки квантования: минимальная длительность не должна быть меньше длительности самой короткой ноты в исполняемом сочинении; и необходимо задать соответствующие опции триолей и диолей, исходя из контекста исполняемой музыки, как показано на этом рисунке на примере настроек Quantization Settings в программе Finale*

При вводе нот квантование играет исключительно важную роль. MIDI-технология позволяет регистрировать звуки длительностью крошечные доли секунды, но в музыкальных партитурах крайне редко используются ноты длительностью меньше одной тридцать второй. Программа нотной записи обязана выполнять квантование исполняемых нот с привязкой к заданной координатной сетке (**рис. 11.13**) (некоторые программы нотной записи позволяют сохранить в нотной записи индивидуальность исполнения, о чем читайте ниже, в разделе "Отображающее квантование и сохранение индивидуальности исполнения"). Задавайте координатную сетку квантования с учетом длительности нот в исполняемом сочинении. Исходите из самой короткой длительности нот в музыке, которую превращаете в нотную партитуру: ели нет нот короче триоли в одну шестнадцатую, задайте эту длительность в опциях квантования при записи. В противном случае стоит вам чуть-чуть отклониться от ритма, и в нотной записи появятся причудливые, сложные ритмы, а вовсе не то, что нужно (помните о том, что, например, триоль в одну шестнадцатую имеет длительность чуть меньше диоли в одну шестнадцатую, но чуть больше ноты в одну тридцать вторую). Еще одна распространенная проблема заключается в том, что ноты, исполняемые "стаккато", могут ошибочно распознаваться как ноты

более короткой длительности с последующей паузой. Программа Sibelius способна автоматически определять, какие из нот исполняются "стаккато", а в программе Finale предусмотрены разнообразные опции "сглаживания" или игнорирования этой особенности и других коротких нот.

Отображающее квантование и сохранение индивидуальных особенностей исполнения

При компьютерной записи нот вам придется иметь дело с двумя формами квантования. При задаваемом квантовании (input quantization) длительности вводимых нот унифицируются, т.е. в нотной записи фактически теряется индивидуальность исполнения. При отображающем квантовании (display quantization) индивидуальность исполнения сохраняется в неприкосновенности путем внесения изменений в нотную запись. Второй вариант полезен в том случае, когда вы хотите сохранить в нотной записи индивидуальность исполнения.

Отображающее квантование поддерживается рядом программ нотной записи, и в рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) и секвенсерах чаще всего используется эта форма квантования. Даже при деструктивном квантовании MIDI-дорожки рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) используется исключительно отображающее квантование, чтобы, например, в нотной записи не появились несуществующие ноты или нечто еще хуже!

MIDI-технология позволяет сохранить не только индивидуальность ритмического рисунка, но и другие индивидуальные характеристики исполнения, например, скорость нажатия клавиш. Как вы узнаете из раздела "Воспроизведение и интерпретация" далее в этой главе, в специализированных программах нотной записи профессионального уровня реализуется механизм исполнения всех нюансов записанной нотной партитуры при ее воспроизведении. Например, знаки forte и piano в партитуре повлияют на громкость при воспроизведении. Если вы захотите при воспроизведении нотной записи придать индивидуальный характер исполнению, примите к сведению, что в ряде программ нотной записи для этого предусмотрена возможность переключения из режима "механической" трактовки партитуры в режим воспроизведения индивидуального характера исполнения. В программе Sibelius с помощью переключателя Live Playback на панели инструментов, показанной на этом рисунке, можно выбрать либо режим стандартной интерпретации нотной партитуры, либо режим воспроизведения сохраненных в ней особенностей исполнения, записанных в MIDI-дорожке, по которой осуществлялась запись нотной партитуры. В программе Finale для переключения в режим воспроизведения авторского исполнения нотной партитуры выберите Playback Controls⇨Human Playback Style (**рис. 11.14**).

Вы сами поймете, насколько внимательное отношение к этим и другим настройкам записи способно повысить точность. В программе Sibelius для записи настроек выберите Notes⇨FlexiTime Options; в программе Finale выберите HyperScribe⇨HyperScribe Options⇨Quant Settings. Хотя все эти настройки очень полезны, возможно, придется откорректировать стиль исполнения, если вас будут постоянно преследовать одни и те же ошибки. Не забывайте о том, что в действительности вы играете для компьютера и он неизбежно постарается нивелировать ваше исполнение, сделав его максимально стандартным и механическим.

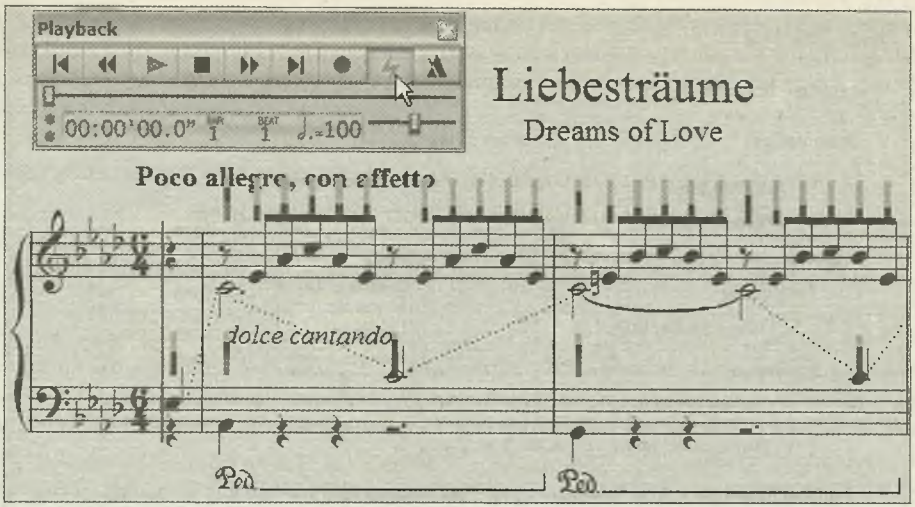


***Рис. 11.14**. В программе Sibelius с помощью переключателя Live Playback на панели инструментов вы можете перейти в режим воспроизведения нотной партитуры с восстановлением индивидуального характера исполнения и откорректировать значения параметра `velocity`, записанные в MIDI-файле исполнения*

Если вам не нравится играть под аккомпанемент метронома, то вам доставит удовольствие узнать, что в обеих программах — и Sibelius, и Finale — имеются альтернативные возможности. В программе Sibelius имеется "гибкий" метроном FlexiTime, который подстраивается под исполнение, т.е. ускоряет и замедляет темп отсчетов, отслеживая темп исполнения (для того чтобы он работал так, как надо, придется немного повозиться; здесь, как и с квантованием, поэкспериментируйте с опциями и подберите настройки записи под исполнение). В программе Finale и ряде секвенсеров предусмотрена возможность выбора темпа с "плавающим" тактом, не привязанным к метроному. Вместо игры под жестко заданный аккомпанемент метронома, воспользовавшись в программе Finale опцией TempoTap, вы можете использовать для задания тактов педаль или другой инструмент ввода как во время записи, так и после ее завершения.

Импорт нотных данных из формата SMF

Формат SMF (Standard MIDI File — стандартный формат MIDI-файлов) по-прежнему остается общепринятым файловым форматом обмена музыкальными данными между приложениями. Мы уже рассказывали об этом в главе 8. Если вы хотите сначала в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) сделать запись с помощью MIDI-инструмента, а затем импортировать нотные данные в программу нотной записи для создания нотной партитуры, экспортируйте MIDI-дорожки, записанные в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), в формате SMF.

Сначала необходимо подготовить дорожки MIDI-проекта. Убеждаемся в том, что опции квантования заданы так, как нужно, и что все партии, которым в окончательной нотной партитуре отведены отдельные нотные станы, записаны на независимых помеченных дорожках. Далее, экспортируем MIDI-дорожки, для которых необходимо создать нотные партитуры, в формате SMF. Затем импортируем полученный SMF-файл в выбранную программу нотной записи (хотя формально для этого предусмотрена функция импорта,

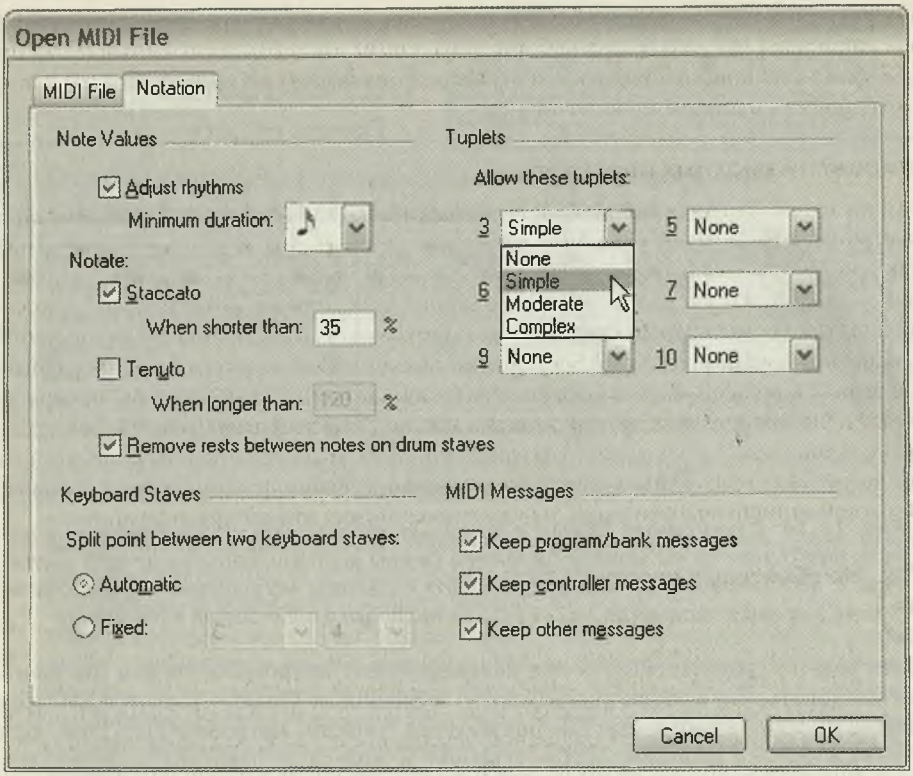


Рис. 11.15. *В SMF-файлах содержится больше информации, чем необходимо для создания партитуры, поэтому опции квантования в числе других функциональных возможностей оказываются далеко не лишними. В программе Sibelius опции импорта SMF-файлов практически такие же, как используемые при записи: опции квантования длительности нот и использования точек деления MIDI-клавиатуры. Кроме того, имеется фильтр MIDI-сообщений, с помощью которого можно задавать, какие из них будут импортированы*

вам часто придется использовать команду File⇨Open и выбирать расширение `.MID` для того, чтобы открыть SMF-файл в программе нотной записи; ни в программе Finale, ни в программе Sibelius для SMF-файлов не используется команда Import). Опции квантования, используемые в программах нотной записи, во многом такие же, как и используемые для записи. Кроме того, предусмотрены дополнительные опции, определяющие способ интерпретации SMF-данных в партитуре (**рис. 11.15**). Поскольку в SMF-файле обычно недостает информации, необходимой для создания полной партитуры, для завершения работы понадобится вручную внести в нее ряд элементов, например лиги. Кроме того, возможно, потребуется "подчистить" нотную запись, например заменить случайные знаки альтерации их энгармоническими эквивалентами (например, заменить ноту "ми-бемоль" нотой "ре-диез").

Функциональные возможности обратного перехода — из программы нотной записи в секвенсер — позволяют настраивать воспроизведение нотной записи в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), предоставляя полный доступ к аппаратным синтезаторам и процессорам эффектов. Экспорт SMF-файлов осуществляется обычно намного

проще, чем импорт. Не нужно думать о таких вещах, как квантование, и многие программы нотной записи достаточно "разумны" для того, чтобы экспортировать нотные партитуры в MIDI-файлы не просто в виде нот, а отражая в них все служебные элементы, задающие выразительность и динамику исполнения.

Сканирование нотных партитур

Вам хотелось бы иметь возможность, не заботясь о почерке и аккуратности, записать ноты карандашом, а затем отсканировать записанное и, как по мановению волшебной палочки, получить компьютерную нотную запись? К большому сожалению, это пока еще только мечты. А вот отсканировать напечатанные на бумаге ноты и преобразовать их в файл, который можно редактировать в программе нотной записи, уже можно. Программа распознавания нот SmartScore представляет собой аналог программ распознавания текстов. Она распознает сканированные изображения нотных листов, превращая их в компьютерную партитуру, которую затем можно редактировать (**рис. 11.16**). Это незаменимая вещь, если необходимо отредактировать и транспонировать отпечатанные на бумаге ноты. По окончании процесса распознавания вы получаете в свое распоряжение файл нотной записи, который можно редактировать, как любой другой файл.

Не сбейтесь с дороги

Лучше всего при импорте SMF-файла задать в программе нотной записи точно такие же минимальные опции квантования, как опции квантования, заданные в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) при его экспорте. Тем самым вы сможете согласовать опции квантования в программе нотной записи и рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), избавившись от необходимости исправления кучи ошибок в нотной записи из-за несоответствия опций квантования (хотя в некоторых местах не обойтись без более детальной настройки опций квантования и редактирования).

Точность распознавания отсканированной нотной партитуры зависит, главным образом, от двух факторов: качества сканирования и качества оригинала. Что касается первого фактора, необходимо тщательно ознакомиться с документацией к программе распознавания, у каждой из таких программ свои оптимальные настройки сканирования (стандартные настройки сканирования, влияющие на качество распознавания, — это color depth (глубина цвета) и resolution (разрешение)).

Критическим фактором чаще всего является качество оригинала, что объясняется тем, что одним из главных назначений программ распознавания бумажных нотных партитур является восстановление старых, раритетных партитур, которые могут быть далеко не в лучшем состоянии. Свежие, отпечатанные с использованием компьютерных технологий типографской печати ноты распознаются идеально, но они, как правило, защищены законом о защите авторских прав, в соответствии с которым сканирование таких документов (за исключением тех случаев, когда это делается для личных целей, например для транспонирования песни в другую тональность) строго запрещено. Старые ноты, отпечатанные с типографских гравированных клише, при изготовлении которых использовалось другое начертание символов, к тому же обветшавшие за долгие годы, труднее поддаются распознаванию, и в этом случае требуется больше ручного редактирования, хотя все равно по сравнению с ручным вводом партитуры на это уходит, как правило, меньше времени. В программах распознавания нотных партитур предусмотрена

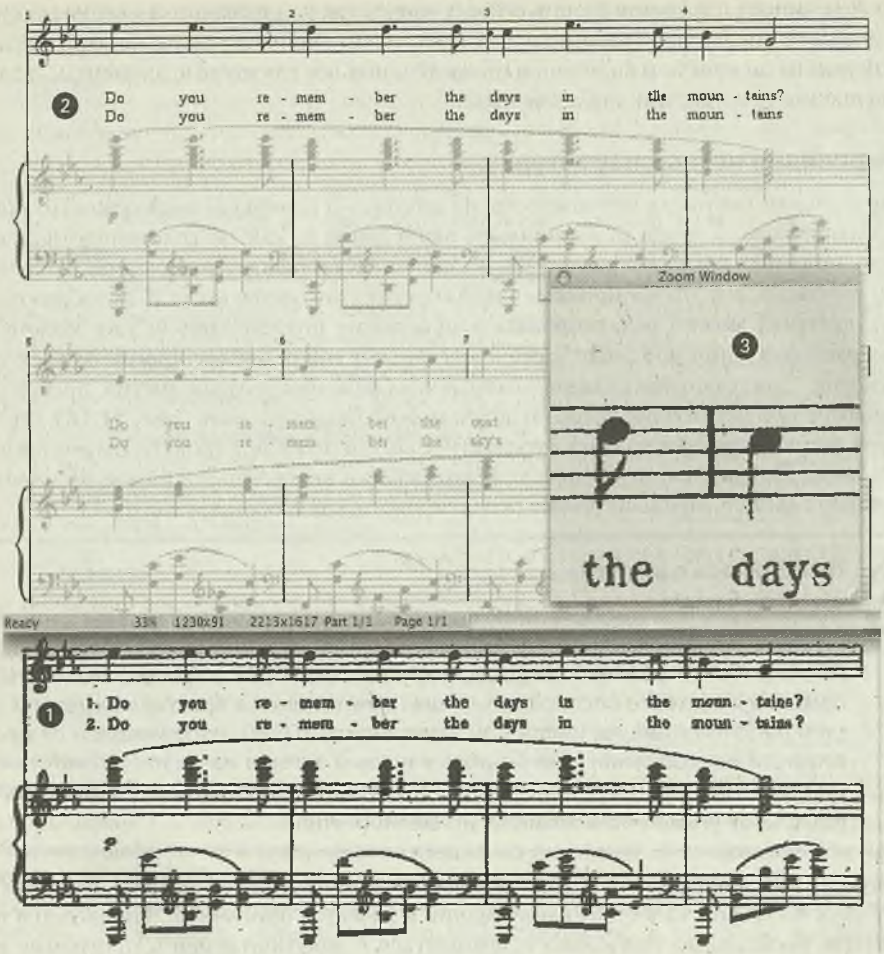


Рис. 11.16. *Программы распознавания отсканированных нотных партитур, например программа SmartScore Pro, окно которой показано на этом рисунке, преобразуют стандартные печатные нотные партитуры (1) в компьютерные нотные партитуры, которые можно редактировать (2). Перемещая указатель мыши по распознанной нотной партитуре, выведенной в верхней части окна программы, вы можете легко сравнить ее с отсканированным оригиналом и исправить ошибки, сделанные алгоритмом распознавания. Увеличенное изображение участка отсканированного оригинала (3) позволяет детально его рассмотреть. Редактировать файл нотной записи можно непосредственно в программе распознавания, но можно открыть его в программе нотной записи и уже в ней выполнять редактирование и транспонирование*

возможность сравнения распознанной нотной записи с отсканированным оригиналом для облегчения коррекции ошибок, сделанных алгоритмом распознавания. Кому-то может показаться проще читать оригинал нот и вручную вводить партитуру в компьютер, чем возиться с компьютерным распознаванием, но эта технология, несомненно, ускоряет процесс получения компьютерной нотной партитуры.

В состав обеих программ нотной записи — и в Finale, и в Sibelius — входят усеченные (lite) версии ПО сканирования и распознавания. Эти программы слишком маломощны для постоянного использования; в них, как правило, отсутствует возможность распознавания текста, триолей, лиг и другие опции, которые по непонятной причине отнесены к категории "pro". Эти версии предназначены, главным образом, для того, чтобы заинтересовать пользователя в применении этих технологий и, соответственно, в приобретении полной версии. Полная версия обладает расширенными возможностями распознавания и редактирования. В случае использования программы типа SmartScore для редактирования и воспроизведения нотных партитур вам, возможно, вообще не понадобится специализированная программа нотной записи.

Имейте в виду, что партитуры многих музыкальных сочинений, даже созданных давным-давно, могут быть защищены законом об охране авторских прав. Например, симфонии Бетховена не подпадают под это ограничение, но это может не касаться имеющегося у вас издания их партитур. Опять-таки, сканирование печатных изданий для личных целей не является противозаконным, но, если вы решите распространить компьютерную партитуру, полученную с отсканированного печатного оригинала, прежде чем делать это, проконсультируйтесь с юристами, работающими в области защиты авторских прав.

ПО распознавания нотных партитур

Musitek SmartScore (`www.musitek.com`): обеспечивает экспорт в программу Finale 2003 и последующие версии, в форматы audio CD, PDF, MIDI

Neuratron PhotoScore (`www.neuratron.com/photoscore.htm`): обеспечивает экспорт в программу Sibelius, в форматы MusicXML, NIFF, MIDI

Транскрибирование звука

Последнее препятствие для технологий нотной записи — транскрибирование звука. Опять-таки, идеальный вариант — возможность превращения аудиозаписи ансамбля целиком в нотную партитуру — еще недостижим. Но транскрибирование более простых аудиозаписей — уже реальная вещь, хотя здесь еще много всяких "но". В программе Finale встроена функция MicNotator, которая дает возможность использовать наряду с другими способами ввода нот технологию транскрибирования звука. Ограничения: инструмент может быть только монофоническим, мелодия — одноголосной и функция MicNotator предназначена для транскрибирования звука только духовых инструментов, но не голоса. Если вы играете на флейте или трубе и не умеете играть на клавишных инструментах, микрофонный ввод нот в программу Finale с помощью функции MicNotator или аналогичной функции в другой программе нотной записи может оказаться для вас бесценной возможностью. В остальных случаях предпочтительными остаются способы ввода нот с помощью компьютерной клавиатуры и MIDI-инструментов, по крайней мере до тех пор, пока возможности технологии транскрибирования не станут достаточно широкими.

Верстка партитуры

Подготовка компьютерной нотной партитуры в прежние времена представляла собой утомительный процесс. Пользователям приходилось вручную компоновать партитуры, тщательно подбирая количество тактов в строке и количество строк на листе. Сейчас эти операции верстки в значительной степени автоматизированы. Программа нотной записи

автоматически расставляет символы и ноты, компонует такты, подгоняя их таким образом, чтобы партитура приобрела удобочитаемость, и, в целом, выполняет практически всю работу, которую типографским граверам приходилось раньше выполнять вручную.

Ноты для гитары

Ноты для струнных щипковых инструментов типа гитары должны соответствовать определенным специфическим требованиям. Хотя музыканты, играющие на таких инструментах, могут играть и по обычным нотам, они предпочитают пользоваться нотами особого вида, предназначенными специально для таких инструментов. В таких нотных записях вместо привычного пятилинейного нотного стана с нотными знаками музыкальных тонов показано, как должны располагаться пальцы на грифе инструмента. Непрофессионалу будет даже невдомек, какому тону это соответствует, потому что все зависит от конкретного инструмента, а в таких нотных записях отсутствует информация о высоте тона.

Ниже описаны два варианта нотных партитур для гитары (**рис. 11.17**)

- **Табулатура.** Шестилинейный нотный стан, копирующий гриф шестиструнной гитары. Верхняя линия соответствует первой струне (верхняя струна, "ми" первой октавы), а нижняя — самой нижней струне ("ми" большой октавы). Номера в каждой строке показывают, на каком ладу прижимать пальцем струну для исполнения данной ноты или аккорда. Иногда изображаются штили для указания длительности нот. Как правило, вместо пятилинейного нотного стана в гитарных партитурах используется табулатура.
- **Аппликатурная сетка (guitar frame).** Известна также под названием "схема аккордов". Аппликатурная сетка, размещаемая над нотным станом, показывает расстановку пальцев на ладах грифа при исполнении аккордов.

  Аппликатурная сетка обычно используется вместо условного обозначения аккорда, например Gm7, или наряду с ним. Если вы не знаете, как прижать струны, чтобы исполнить аккорд Gm7, посмотрите на аппликатурную сетку — и вам все станет ясно.

Оба варианта нотной записи дают информацию о расстановке пальцев на струнах, но отличаются по информативности для исполнителя. В табулатуре содержится также информация о длительностях нот и мелодии, а аппликатурная сетка показывает только схему исполнения аккордов, раскрывающую смысл условных обозначений аккордов

Поскольку табулатура представляет собой один из типов нотной записи, она предусмотрена в меню выбора типа нотной записи. С помощью ПО нотной записи, например Finale, или специализированных программ для гитары, например Sibelius G7, вы можете копировать и переносить ноты, записанные на пятилинейном нотном стане, в табулатуру и обратно, и программа будет автоматически преобразовывать их в нужный вид.

Аппликатурная сетка размещается над нотным станом в тех местах, где указаны аккорды, следовательно, ее можно генерировать автоматически, хотя не исключено, что для замысловатых аккордов может потребоваться вручную указать аппликатуру.

Во Всемирной сети имеются сотни тысяч *табулатур в кодировке ASCII*; в этих файлах табулатуры для соло- и бас-гитар нарисованы с помощью символов стандартного кода ASCII (**рис. 11.18**). Уровень детализации нот различен, но

даже если в табулатуре отсутствует указание длительности нот, в ней указано расположение пальцев на ладах грифа, чего в большинстве случаев вполне достаточно для исполнителя (распространение табулатур музыкальных сочинений, защищенных законом об охране авторских прав, является противозаконным, по этой причине авторы не могут рекомендовать конкретные Web-сайты, с которых можно загружать табулатуры музыки, но их совсем несложно отыскать в Сети.

Во многих программах нотной записи, в том числе в Sibelius, Sibelius G7 и Finale Guitar, предусмотрены возможности импорта и/или экспорта гитарных табулатур. Для записи нотных партий барабанов также используется табулатура (возможно, придется заменить расширение файла табулатуры, для того чтобы программа распознала его; например, чтобы программа Sibelius распознала табулатуру в кодировке ASCII, обязательно необходимо заменить расширение `.txt` расширением `.tab`).

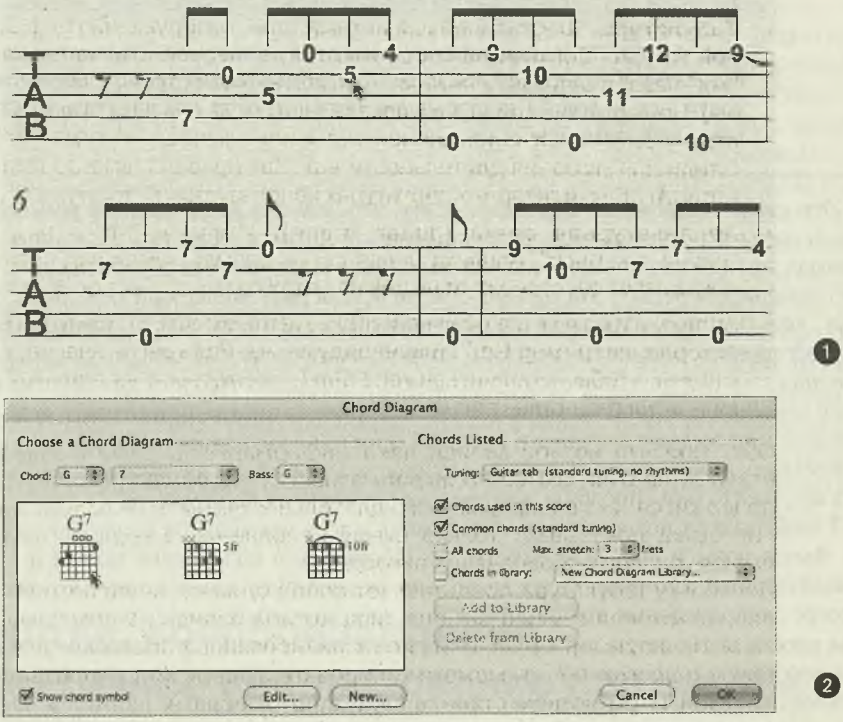


Рис. 11.17. *Партия гитары может быть записана в стандартной форме нотной записи, но наряду с этим используются два варианта нотной записи, предназначенных специально для гитары. Табулатура (1) — формат записи, в котором вместо пятилинейного нотного стана, используемого в нотных записях для других инструментов, используется специальный шестилинейный нотный стан, ноты на котором обозначают не высоту тонов, а размещение пальцев на струнах. Каждая линия отображает конкретную струну гитары. Аппликатурная сетка (2), которую называют также схемой аккордов, показывает расстановку пальцев на ладах грифа гитары при исполнении аккордов*

```
e|-------------------------------------------------
B|-------------------------------------------------
G|------------3---------------------3---5---7---10-
D|-5----3--5--3---3-----5----3--5--3---5---7---10-
A|-5----3--5--1---3-----5----3--5--1---3---5---8--
E|-3----1--3------1-----3----1--3-----------------


e|--------------------|
B|--------------------|
G|-7---10---7-10-12--|
D|-7---10---7-10-12--|
A|-5---8----5-8--10--|
E|--------------------|
```

Рис. 11.18. *Во Всемирной сети имеются сотни тысяч бесплатно загружаемых табулатур в кодировке ASCII. В этом формате для записи аккордов, длительности нот и другой информации используются исключительно стандартные текстовые символы*

Это стало возможным благодаря тому, что задолго до появления компьютеров были выработаны строгие правила верстки макетов нотных партитур. В компьютерных программах нотной записи эти правила заложены в алгоритмы обработки нот, которые самостоятельно верстают листы нот. Это не всегда дает желаемый результат: многие правила верстки нот страдают субъективностью, поэтому часто приходится вручную корректировать элементы верстки нотной записи, чтобы они выглядели лучше или и нотная запись стала более удобочитаемой. Иногда автоматическая верстка оказывается вовсе никуда не годной: компьютерные алгоритмы иногда принимают явно ошибочные решения или выдают результат, который просто не устраивает. Но чем делать всю верстку вручную, лучше сначала дать возможность алгоритмам автоматической верстки показать все, на что они способны, а затем уже вручную их подправить.

Такой подход позволит вам сэкономить массу времени на редактировании партитуры. Вводя ноты и другие элементы, не заботьтесь о количестве тактов в строке. Пусть компьютерный алгоритм самостоятельно редактирует компоновку нотных строк, а вы внесете окончательные правки после того, как завершите запись партитуры. Удобно сначала ввести ноты, затем лиги и нюансы, затем обозначения динамики исполнения и другую текстовую информацию, т.е. выполнить разные задачи в определенной последовательности. Такой подход удобен при копировании бумажных партитур, поскольку при этом опасность того, что вы пропустите в каком-то месте лигу, уменьшается. Хотя благодаря более рациональным, автоматическим средствам работы с текстом и музыкальными символами в современных программах нотной записи зачастую мы можем при создании нотной записи вводить одновременно и ноты, и другие элементы. Но при этом следуйте простому правилу: сначала введите все нотные данные, а затем верстайте партитуру. Это практически всегда избавляет от двойной работы.

Ниже описаны методики рациональной работы, помогающие сэкономить время.

- **Как можно меньше ручной работы.** В большинстве программ нотной записи, в том числе в программах Sibelius и Finale, предусмотрены опции выбора между

автоматическим и ручным размещением таких "подгоняемых" элементов, как лиги. Сначала обязательно воспользуйтесь опцией автоматического размещения. Растягивать и сжимать лиги вручную — дело достаточно утомительное, но мало того, что это отнимает время, все равно позже вам придется делать эти коррекции повторно.

- **Используйте групповой ввод.** Старайтесь избавиться от монотонного повторения одних и тех же операций. Вы, по всей видимости, уже разобрались, как, используя операции копирования и последующей повторной вставки, сэкономить время на вводе повторяющихся элементов. Использование функции группового выделения (multiple select) также позволит уменьшить объем работы. Например, если необходимо добавить знаки "стаккато" к группе нот, не делайте этого путем последовательного ввода. Используйте инструмент группового выделения (multiple-select) для выбора нужной группы нот и затем примените операцию ввода ко всем выбранным нотам одновременно. В программе Finale используйте инструмент Mass Edit; в программе Sibelius воспользуйтесь опциями меню Edit⇨Filter.
- **Используйте возможности сокрытия партитуры.** Несмотря на внешнее сходство, программы нотной записи принципиально отличаются от текстовых редакторов. В программах нотной записи для всех объектов и текстовых элементов определены позиции по отношению к нотному стану. Это обычно экономит время, потому что большинство объектов нотной записи естественным образом привязано к нотному стану: при перемещении нотного стана, изменении компоновки нотного листа, извлечении партий все элементы должны автоматически занимать надлежащие позиции. Но в ряде случаев возникает необходимость в более "свободной" форме макета листа, например при вводе в партитуру больших текстовых блоков, создании специальных вариантов нотной записи или разработке экзаменационных билетов для учебных целей. Секрет создания такой свободной формы макета прост — скройте нотные станы, ноты и остальные элементы. Особенно просто это сделать в программе Sibelius: вы можете использовать окно Properties или выбрать тип нотного стана (staff type) для того, чтобы полностью скрыть партитуру. В программе Finale для того, чтобы скрыть разные типы элементов, придется использовать соответствующие инструменты; например, чтобы скрыть нотные станы, выберите Staff Tool и используйте опцию Staff Attributes. Скрытые нотные станы и тактовые границы продолжают действовать, выравнивая ноты: элементы партитуры остаются на месте, хотя внешне все выглядит так, как будто они свободно разбросаны по листу.

Распечатка, воспроизведение и коллективное использование партитуры

Раздача партитуры, подготовленной на компьютере, музыкантам, соавторам, заказчикам и кому угодно еще влечет за собой ряд вопросов. Если окончательный вариант должен быть отпечатан на бумаге, при правке верстки партитуры и (в случае, если это необходимо) выделении из нее инструментальных партий необходимо исходить из запросов исполнителей. Одно из достоинств цифровой нотной записи заключается в том, что печатные ноты уже не являются единственным вариантом распространения сочинения: можно создавать высококачественные аудиозаписи компьютерного исполнения партитуры, переносить редактируемые файлы в другие приложения, раздавать их пользователям и в электронном виде распространять и продавать их по сети.

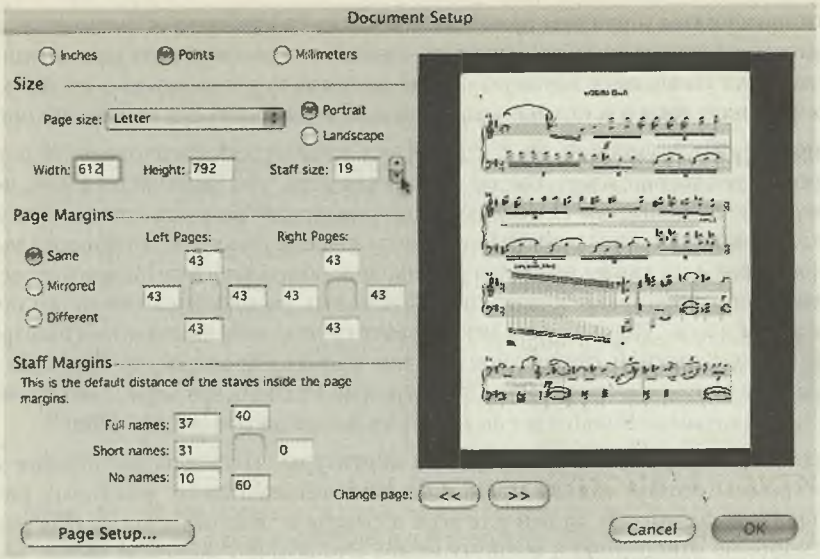


Рис. 11.19. *Изменение стандартного, заданного по умолчанию, размера нотного стана, как показано на этом рисунке на примере программы Sibelius, чрезвычайно влияет на размещение партитуры на нотном листе*

Верстка нот

После того как все основные элементы партитуры — ноты, лиги и нюансы, указания о выразительности исполнения и текстовые инструкции, либретто и остальные элементы — введены, пришел черед подумать, как наилучшим образом разместить ноты на листе. Единственная наиболее важная настройка, которую можно корректировать, — стандартный размер нотного стана. Поскольку алгоритмы верстки, встроенные в приложения нотной записи, корректируют все взаимосвязанные элементы, на макет листа сильнее всего влияет именно этот основной размер. Если нотную запись трудно читать, нужно, по-видимому, увеличить размер нотного стана. Если нотная запись слишком разрежена и занимает слишком много листов, этот размер необходимо уменьшить. В программе Sibelius глобальная настройка размера нотного стана находится в диалоговом окне Document Setup (чтобы открыть его, выберите Layout⇨Document Setup), в котором наглядно показано, как эта настройка влияет на макет листа (**рис. 11.19**). В программе Finale используйте инструмент Resize Tool; чтобы вызвать его, щелкните мышью на нотном стане в окне просмотра макета нотного листа.

После того как выбран самый подходящий размер нотного стана, следует задать расстояние между нотными станами. Иногда приходится вручную выставлять его на отдельных нотных листах, если одна из партий "наползает" на верхнюю или нижнюю дополнительную нотную линейку и свободного места по вертикали не хватает.

Наконец, обращаем внимание на расстановку отдельных тактов. Хотя с этой задачей алгоритмы расстановки по большей части справляются успешно, в ряде случаев необходимо изменить стандартные установки. Например, необходимо изменить неудачное разбиение посредине насыщенного пассажа на два листа: используйте команду принудительного обрыва листа (`page break`), чтобы добиться нужного разбиения. Иногда попадаются такты, слишком плотно заполненные короткими нотами; в этом случае или

вставьте принудительный перенос строки (`system brake`) или измените пропорциональный размер самого такта.

Хотя этими способами эффективно решается большинство проблем, для создания специфических вариантов нотной записи требуются специальные инструменты.

- **Форматирование с жестко зафиксированными параметрами.** В тех случаях, когда необходимо фиксированное число тактов в строке, например при подготовке упражнения для учеников, простых нот песни, схемы аккордов или других несложных нот, в большинстве программ предусмотрены возможности задания фиксированного числа тактов в строке и строк на листе. В программах Sibelius и Finale вы также можете задать форматирование с фиксированными параметрами тактов.
- **Автоматическая подгонка.** В обеих программах — и Sibelius, и Finale — имеются инструменты автоматической верстки, необходимые для размещения на нотном листе выделенной порции нотной записи.

Партитуры и инструментальные партии

Любой оркестрант подтвердит, что куда легче читать ноты с листа, на котором отпечатана только одна инструментальная партия, а не вся оркестровая партитура. Композитору и аранжировщику нужно создать отдельные партии, выделив их из полной партитуры симфонического или камерного сочинения, или сочинения любого другого жанра для ансамбля исполнителей, партитура которого слишком сложна для чтения отдельных партий.

Самым распространенным способом получения инструментальных партий является их выделение из полной партитуры. Иными словами, программа нотной записи создает новые файлы для всех партий. В процессе выделения партий создается набор файлов, охватывающий всех исполнителей, который обычно располагается в отдельной папке. В каждом файле записаны ноты отдельной партии. (В ряде случаев принято создавать партии не для каждого инструмента, а для группы инструментов; например, это может быть объединенная партия для первой и второй флейты. Инструменты выделения партий обычно предусматривают такую возможность.)

Проблема, связанная с выделением партий из оркестровой партитуры в отдельные файлы, заключается в том, что любые последующие правки полной партитуры необходимо обязательно выполнять вручную и в нотах всех партий, которые эти изменения затрагивают; и наоборот, изменение в нотах любой партии необходимо вручную переносить в оркестровую партитуру. Можно всякий раз после внесения правок в оркестровую партитуру повторно выделять из нее инструментальные партии, но это все равно влечет за собой массу дополнительных изменений. Теоретически автоматически выделенные партии должны получаться идеальными, не требующими какого-либо дополнительного редактирования, но в действительности часто приходится заниматься правкой нотных партий для придания им большей эстетичности, коррекции разбиения на листы и т.п. Единственный, как правило, способ избежать дополнительной работы — выделять партии в самом конце в надежде на то, что больше не понадобятся какие-либо изменения в партитуре.

В ряде программ нотной записи, например в программе Sibelius 4 и последующих версиях, используется механизм связывания партий и оркестровой партитуры (**рис. 11.20**). Если партии и партитура связаны друг с другом как разные представления одной и той же нотной записи, пользователь сохраняет возможность просматривать и печатать отдельные партии и изменять их внешний вид индивидуально или глобально, но любые правки в партитуре или в любой партии, входящей в ее состав, автоматически распространяются на все компоненты партитуры.

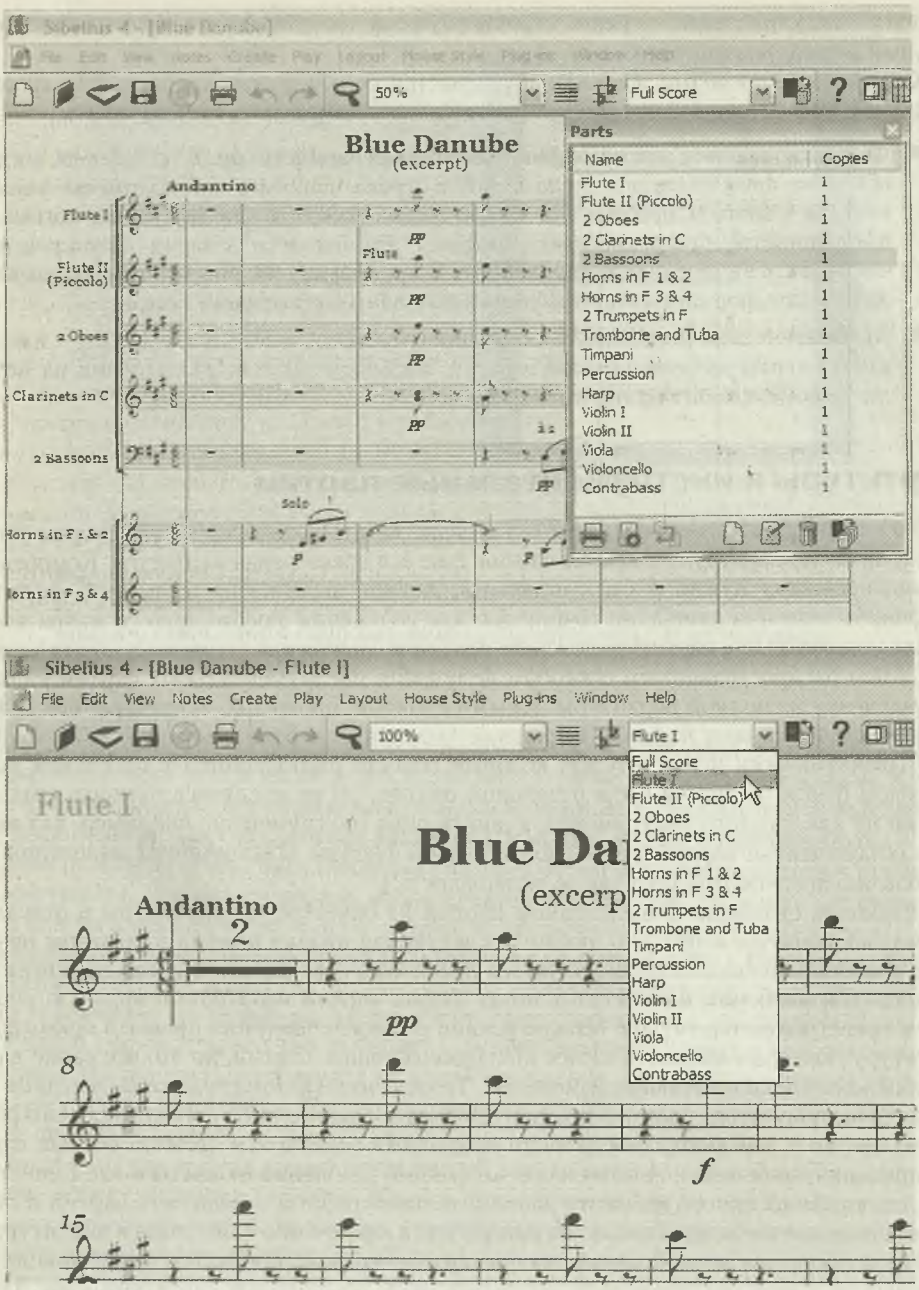


Рис. 11.20. *Музыкальная информация, отображаемая в партитуре и соответствующей части оркестровой партитуры, должна быть идентичной. Механизм связывания партитур и оркестровой партитуры в программе Sibelius обеспечивает автоматическое распространение изменений, вносимых в инструментальные партии или оркестровую партитуру, на все компоненты оркестровой партитуры и возможность просмотра любой партии без ее выделения в отдельный файл*

В инструментальную партию должна быть перенесена вся касающаяся конкретного инструмента информация из оркестровой партитуры, но в то же время в нее должны быть включены специфические элементы, необходимые для данной партии. Сюда входит такая специфическая, необходимая для отдельных инструментов, информация, как аппликатура, или любая иная информация, бесполезная для дирижера, но важная для исполнителя. В программе Finale и других приложениях, способных выполнять выделение партий из партитур, вы можете внести эту информацию в файлы инструментальных партий; нет необходимости делать это в оркестровой партитуре, потому что в ней такая информация не нужна. В программе Sibelius, поскольку партии и партитура связаны друг с другом, можно указать, какие элементы должны отображаться в том или ином компоненте партитуры, а какие — нет.

Поскольку оркестранты имеют перед глазами ноты только своей партии, не могут следить за партитурой в целом и им часто приходится выдерживать длительные паузы, не играя, в партию включают реплики и фразы из партий других инструментов, помогающие исполнителям отслеживать окончание многотактовых пауз и своевременно вступать в игру. Если в партии виолончели имеются паузы длительностью в такт, то такая дополнительная информация излишняя, но если пауза затягивается на полдюжины тактов и больше, нужно позаботиться о том, чтобы музыкант мог легко отслеживать ее окончание и современно вступать в игру. Реплики изображаются мелким шрифтом (так называемым мелким раштом), чтобы музыкант мог легко отличить их от основных нот. В программе Finale реплики генерируются с помощью функции Smart Cue Notes, выполняющей эту операцию по правилам, заданным пользователем. Эта процедура не является полностью автоматической, поскольку пользователю приходится контролировать то, как она выполняется, но, тем не менее, она экономит время. В программе Sibelius реплики приходится вносить вручную; проще и быстрее всего можно выполнить эту процедуру методом копирования и вставки.

Поскольку у музыкантов возникают паузы в исполнении, в нотных партиях используется такой особый элемент-метка, как *многотактовая пауза* (**рис. 11.21**). Эта метка внешне представляет собой пустой такт, в котором числом указана длина паузы в тактах; это может быть интервал длиной и в два такта, и в две дюжины тактов.

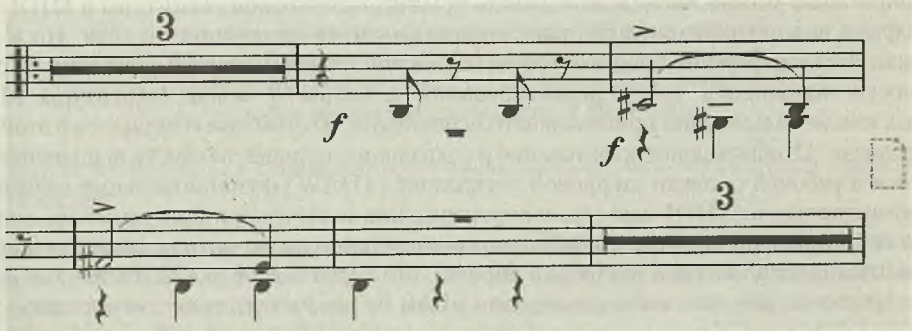


Рис. 11.21. *Многотактовые паузы используются для индикации промежутков времени, в течение которых музыкант или музыканты не играют. Число "3" в данном примере указывает, что пауза длится три такта. Пиктограмма листа, изображенная пунктирной линией, обозначает принудительный разрыв страницы (page break), чтобы пауза попала в конец листа и музыкант получил время на то, чтобы перевернуть лист*

Программы нотной записи добавляют многотактовые паузы в нотные партии автоматически, но иногда приходится корректировать макет, чтобы передвинуть многотактовую паузу в конец нотного листа, предоставляя таким образом музыканту время на то, чтобы перевернуть лист.

Воспроизведение и интерпретация

Музыканты, играя по нотам, читают не просто ноты: они интерпретируют динамику и ритм, следуют знакам, указывающим выразительность и технику исполнения, выражают мысли и чувства музыкальными средствами. Используя для нотной записи рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW), вы можете усилить выразительность исполнения таким же образом, как делаете это с обычной последовательностью MIDI-команд, добиваясь желаемого звучания исполнения путем внесения дополнительных MIDI-данных. Но в случае использования специализированного ПО нотной записи вы можете воспользоваться средствами автоматической интерпретации музыкальной партитуры.

В программах нотной записи предусмотрены глобальные настройки опций типа groove/swing (в программе Sibelius выберите Play⇨Performance, чтобы открыть панель настроек; в программе Finale выберите Playback Settings⇨HP Preferences для доступа к опции Human Playback). Эти опции дают возможность настроить характер воспроизведения под жанр музыки, записанной в нотной партитуре, чтобы исполнить ее с максимальной выразительностью, с учетом всех указаний, внесенных в партитуру, и аранжировки ритма, или полностью отключить инструменты интерпретации и механически воспроизводить только нотную партитуру (**рис. 11.22**). В программе Sibelius можно задать настройки интерпретации индивидуально для каждого текстового указания и символа, используя функцию Playback Dictionary, но обычно предпочитают использовать стандартные, заданные по умолчанию, настройки.

Использование технологий автоматической интерпретации при воспроизведении предоставляет ряд преимуществ. Помимо очевидного — возможности прослушать свое исполнение сочинения в "индивидуальном", а не обезличенном, механическом стиле, — вы можете использовать эту возможность для выявления ошибок в партитуре. Стилевую интерпретацию можно также использовать при экспорте нотной партитуры в MIDI- или аудиофайл исполнения или при транслировании своего сочинения по сети. Но в программах Finale и Sibelius предусмотрены расширенные возможности усиления выразительности исполнения путем редактирования лежащих в основе партитуры MIDI-данных или использования оригинального исполнения; об этом уже говорилось в этой главе, в разделе "Отображающее квантование и сохранение индивидуальности исполнения".

Хотя в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) функциональные возможности редактирования MIDI-данных, воспроизведения и настройки программного синтеза звука, безусловно, куда шире, специализированные программы нотной записи оснащены основными инструментами настолько хорошо, что этого может оказаться вполне достаточно для качественного воспроизведения и вам не захочется переходить в какое-либо другое приложение. Как правило, интерпретация тонов нот выполняется в соответствии со стандартом General MIDI, поэтому, если синтезатор работает в режиме GM, скрипка будет автоматически звучать именно как скрипка (дополнительная информация о стандарте General MIDI приведена в главе 8). Программы нотной записи оснащены даже графическими микшерами, подобными тем, которые используются в секвенсерах; на **рис. 11.23** показано окно Studio View настроек воспроизведения в программе Finale.

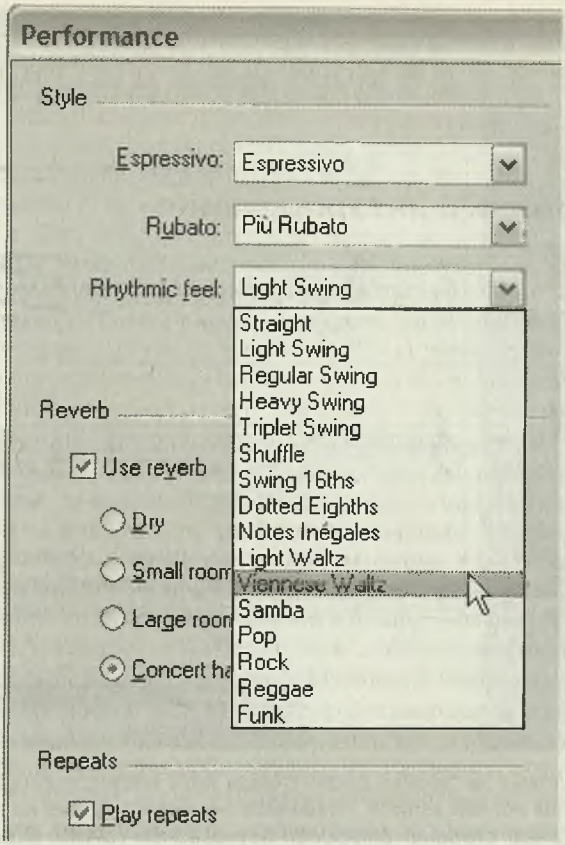


Рис. 11.22. *Специальные программы нотной записи способны автоматически интерпретировать информацию, записанную в нотной партитуре. Задав ритмический стиль исполнения и другие настройки, как показано на данном рисунке, на котором изображена панель Performance в программе Sibelius, вы можете дать компьютеру понять, какую интерпретацию партитуры вы хотели бы услышать*

Существует несколько вариантов воспроизведения нотной партитуры в программах нотной записи.

- **С помощью встроенных программных синтезаторов.** В состав всех операционных систем Mac и большинства ОС Windows включены простейшие программные синтезаторы стандарта General MIDI, например Microsoft GS Wavetable SW Synth для Windows и QuickTime Musical Instruments в составе QuickTime для Windows и Mac. Возможности этих синтезаторов крайне ограничены, но их вполне хватает для прослушивания и оценки качества звучания нотной партитуры, особенно если это касается трансляции музыки по сети.
- **С помощью внешних MIDI-синтезаторов.** Если к компьютеру подключена MIDI-аппаратура, можно использовать для воспроизведения ее; правда, в том случае,

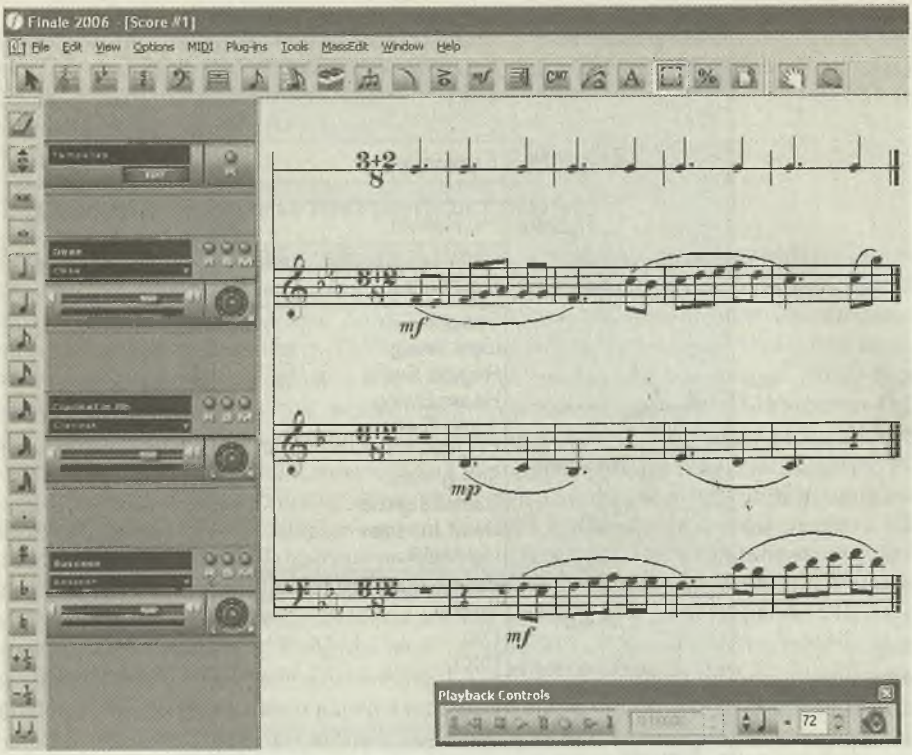


Рис. 11.23. *Базовые настройки секвенсеров, MIDI и воспроизведения, заложенные в программах нотной записи, позволяют не тратить время на перенос нотных партитур в рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW). В окне Studio View программы 2006 и ее последующих версий удобно размещается партитура с панелью настроек воспроизведения в левой ее части (фотография публикуется с любезного разрешения компании* MakeMusic*!)*

если в аппаратном синтезаторе не предусмотрен режим General MIDI, придется повозиться с коррекцией номеров MIDI-команд.

- **SoundFonts.** Под любой версией Mac и многими версиями Windows можно использовать недорогие или вовсе бесплатные библиотеки звуков формата SoundFonts, которые представляют собой просто наборы звуков, загружаемых операционной системой (об этом читайте ниже, в разделе "SoundFonts").
- **С помощью программных синтезаторов, входящих в комплект программ нотной записи.** В последние версии программ Finale и Sibelius включены библиотеки оркестровых звуков профессионального качества, предназначенные для проигрывателя сэмплов Kontakt Player компании *Native Instruments*. Те, кто всерьез занимаются воспроизведением, могут расширить эти библиотеки. В частности, в программе Finale предусмотрены средства оптимизации воспроизведения путем использования оркестровой библиотеки Garritan Personal Orchestra (об использовании библиотек оркестровых сэмплов для усиления выразительности воспроизведения более подробно рассказано в главе 9).

- **С помощью программных синтезаторов, предпочитаемых пользователями.** Если ваш любимый программный синтезатор представляет собой автономное приложение, направьте в него поток MIDI-данных из программы нотной записи точно так, как при использовании аппаратного синтезатора (пользователям, работающим на операционной платформе Windows, возможно, понадобится использовать для этого программу-посредник MIDI-Yoke; подробнее об этом читайте в главе 8). Будущее, возможно, за интегрированными программными синтезаторами: программа Finale 2006 и ее последующие версии поддерживают все программные синтезаторы компании *Native Instruments* и библиотеки сэмплов, предназначенные для проигрывателей сэмплов Kontakt/Intakt. По мере роста популярности технологий программного синтеза такого рода возможности будут становиться все шире.

SoundFonts

SoundFonts представляет собой стандартный формат распространения библиотек простых сэмплов, разработанный компанией *Creative Labs* и ее филиалом *E-MU*, специализирующимся на компьютерной музыке. Ссылки на библиотеки и учебные руководства приведены на Web-сайте SoundFont компании *Creative Labs* и массе других сетевых ресурсов, например SynthZone. Файлы формата SoundFont имеют расширение `.SF2`. Еще один аналогичный формат — DLS (DownLoadable Sounds) — открытый формат, разработанный Ассоциацией производителей MIDI-оборудования и ПО (MIDI Manufacturers' Association); файлы формата DLS имеют расширение `.DLS`.

Формат SoundFonts особенно подходит для воспроизведения нотных записей благодаря широкому выбору наборов звуков, соответствующих стандарту General MID, и их можно использовать в программах нотной записи, что позволяет отказаться от дополнительных программных синтезаторов.

Пользователи, работающие на компьютерах PC, могут применять библиотеки SoundFonts со звуковыми картами AWE, Live! и Audigy компании *Creative* или в программах, поддерживающих формат SoundFont, в том числе со встроенным звуковым процессором программы Finale. Чтобы выбрать в программе Finale формат SoundFont, выполните MIDI⇨MIDI Setup⇨SoftSynth Settings⇨Current Sound Font. Архитектура DirectX компании *Microsoft* поддерживает формат DLS.

В операционную систему Mac OS X поддержка форматов SoundFont и DLS заложена изначально. Чтобы перейти к формату SoundFont в синтезаторе QuickTime Instruments, выберите System Preferences⇨QuickTime⇨Default Synthesizer или выберите опцию DLS Instrument в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или в программе нотной записи — эта опция, вопреки своему названию, поддерживает не только DLS, но и SoundFont (чтобы эти инструменты обнаружили библиотеки звуков, нужно инсталлировать их в папку `~/Library/Audio/Sounds/Banks`).

Ресурсы

SoundFont

`www.soundblaster.com/soundfont`

SynthZone

`www.synthzone.com/ soundfont.htm`

Ассоциация производителей MIDI-оборудования и ПО (MIDI Manufacturers' Association)
www.midi.org

Распространение файлов нотных записей

После того как компьютерная партитура готова, в вашем распоряжении имеется, помимо очевидного — распечатки партитуры, — масса возможностей распространения ее электронных копий. Вы можете распространять свое сочинение в множестве разных форматов, предоставляя возможность практически любому пользователю с помощью имеющегося в его распоряжении ПО и дополнительных бесплатных программ читать, воспроизводить, редактировать, распечатывать и даже покупать вашу музыку.

Формат PDF

Формат PDF остается наиболее надежным вариантом распространения партитур. В нем отсутствуют средства защиты от копирования, и нотную партитуру в таком формате не удастся прослушать, но этот файл трудно испортить и его легко распечатать. Помимо того, что в Mac OS X имеются встроенные инструменты распечатки PDF-файлов, во многих программах нотной записи, работающих на операционной платформе Windows, изначально заложена возможность вывода партитур в формате PDF. Если в вашей программе нотной записи такая опция не поддерживается, воспользуйтесь одной из бесплатных программ, например Cute PDF Writer или PDF4Free, возможности которых можно расширить, доплатив производителю. Компания *Adobe* предлагает бесплатный просмотрщик PDF-файлов, программы профессионального уровня для работы с PDF-форматом и даже сетевую подписную услугу по созданию PDF-файлов документов.

Ресурсы

Формат PDF
Cute PDF Writer
www.cutepdf.com

PDF4Free
www.pdfpdf.com/pdf4free.html

Создание PDF-файлов по сети
www.adobe.com/products/acrobat/

Формат Audio
Windows Media Player (Windows)
www.windowsmedia.com

iTunes (Windows/Mac)
www.apple.com/itunes

Публикация в Web и электронная коммерция
Finale Showcase
www.finalemusic.com/showcase

Scorch (Sibelius)
www.sibelius.com/products/scorch

Формат MIDI

Экспорт в формате SMF удобен для передачи нотной записи в секвенсер, но, кроме того, этот формат подходит для распространения файлов. Проигрыватель QuickTime Player воспроизводит MIDI-файлы, используя патчи General MIDI под управлением как ОС Mac, так и ОС Windows, и множество приложений способны делать то же самое. Приложение QuickTime Pro конвертирует MIDI-файлы стандарта GM в аудиофайлы для сохранения в формате MP3 и записи на CD.

Формат аудио

Во многих программах нотной записи, в их числе — Sibelius и Finale, предусмотрена возможность экспорта аудиофайлов. Выберите Export as audio, и приложение "озвучит" нотную партитуру с помощью имеющегося в его составе программного синтезатора (если такой опции в вашем приложении нет, используйте для воспроизведения другие приложения; о возможностях маршрутизации и записи аудиоданных читайте в главе 4). Получив аудиофайл, вы можете открыть его в любом бесплатном приложении, например в Windows Media Player и iTunes компании *Apple*, для преобразования в аудиоформат со сжатием данных или записи на CD.

Публикация в Web и электронная коммерция

Компании *Sibelius* и *MakeMusic* предоставляют инструменты и Web-сайты для распространения музыкальных сочинений в Сети; у обоих вариантов есть свои достоинства и недостатки. Компания *MakeMusic* делает ставку на распространение полных, допускающих редактирование файлов; "конек" компании *Sibelius* — электронная коммерция и быстрый просмотр с помощью Web-технологий.

Поскольку компания *Finale* предлагает бесплатное приложение для чтения и редактирования файлов нотных записей, Finale Notepad, проще публиковать свои сочинения в виде редактируемых файлов под программу Finale на собственном Web-сайте или на сайте Finale Showcase. Для того чтобы работать с такой партитурой, необходимо иметь одну из последних версий программы нотной записи Finale или загрузить бесплатное приложение для Windows или Mac. Этот вариант идеально подходит для распространения партитуры в том случае, если вы хотите предоставить возможность другим пользователям редактировать ее, например, при совместной работе над партитурой, или для использования ее в качестве учебного задания (из-за отсутствия бесплатной версии Sibelius вашим соавторам придется покупать Sibelius, чтобы иметь возможность редактировать партитуру, созданную в этой программе). Оборотная сторона этого варианта — невозможность проконтролировать, кто и каким образом использует партитуру, опубликованную в стандарте Finale; им ничто не мешает вносить в нее изменения и тиражировать, поэтому этот вариант не подходит для электронной торговли.

Компания *Sibelius* распространяет подключаемый модуль Scorch для Web-браузера, обеспечивающий возможность транспонирования, воспроизведения, просмотра и распечатки партитур (**рис. 11.24**). Этот подключаемый модуль совместим с множеством Web-браузеров, работающих на операционных платформах Mac и Windows, в том числе с Microsoft Internet Explorer, Firefox, Netscape и Safari. Поскольку встраиваемый модуль Scorch создан для электронной коммерции, вы можете установить для посетителей разные уровни доступа, от возможности прослушивания только отрывков или полностью вашей партитуры до ее загрузки по Сети и распечатки. Компания *Sibelius* также предоставляет свой Web-сайт для публикации и (по вашему выбору) продажи ваших сочине-

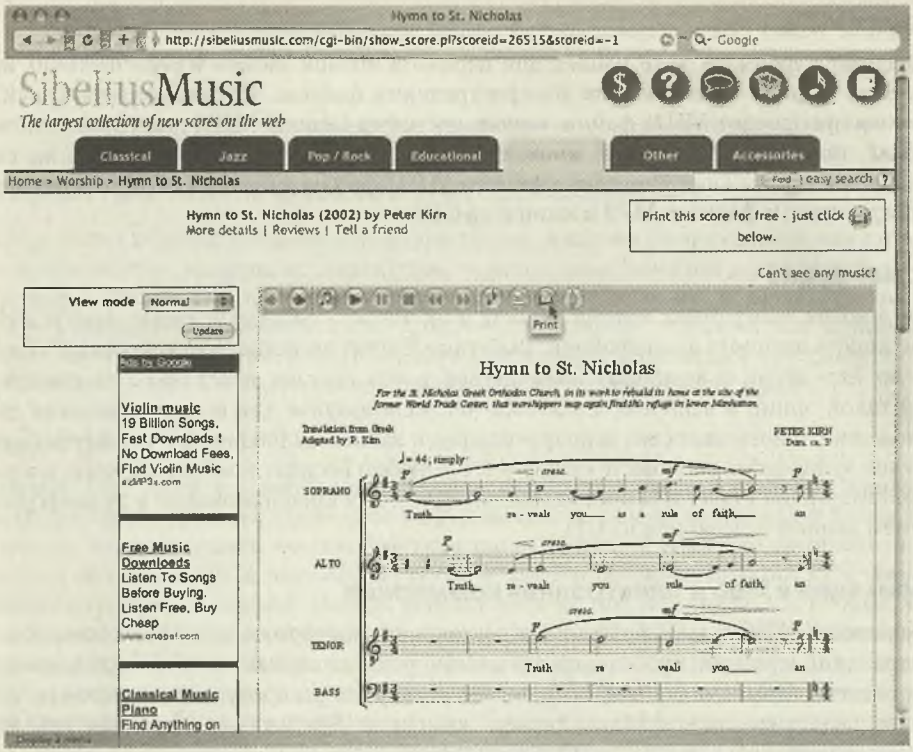


Рис. 11.24. *Одним из достоинств электронной нотной партитуры является возможность ее распространения через Web. Загрузив подключаемый модуль Scorch для Web-браузера, работающего на операционной платформе Mac или Windows, вы получите возможность просмотра, воспроизведения и распечатки десятков тысяч нотных партитур, представленных на Web-сайте SibeliusMusic.com (бесплатно или за деньги). Издатели нот также начинают продавать их через сеть электронной торговли*

ний; его адрес — `www.sibeliusmusic.com` (если вы хотите распространять свои сочинения бесплатно, примите к сведению, что на Web-сайте SibeliusMusic предусмотрена и такая возможность). Если вы создаете свои сочинения не в коммерческих, а в образовательных целях, то, возможно, более подходящий вариант — образовательный Web-сайт `www.sibeliuseducation.com`. Профессиональные издатели могут также использовать Sibelius Internet Edition для реализации профессионального варианта электронной торговли.

Не важно, используете ли вы один из Web-сайтов компании *Sibelius* или публикуетесь на собственной Web-странице. В программе Sibelius предусмотрены команды экспорта, которые выполнят всю работу вместо вас, — вам не придется вводить ни единого HTML-кода, если вы не хотите этим заниматься. С одной стороны, вы получаете возможность продать свои сочинения и приобрести известность, опубликовав на Web-сайте SibeliusMusic свою биографию и контактную информацию; с другой стороны, тем, кому понадобится внести правки в вашу партитуру, придется приобрести программу Sibelius.

Формат MusicXML

Ни один из перечисленных выше форматов не способен обеспечить обмен полных, допускающих редактирование нотных партитур между разнообразными приложениями. Неоднократно предпринимались попытки создать формат, стандартизирующий массу сложных нюансов техники нотной записи, и программы пополнялись нестандартными, рассчитанными на конкретные приложения, фильтрами экспорта/импорта для таких программ, как типа Encore и SCORE. Эти варианты подходили далеко не для любых условий и далеко не для всех пользователей, все зависело от характера партитуры и используемого приложения, т.е. они лишь частично решали проблему.

К счастью, наконец, появился такой формат обмена данными, который по-настоящему работает и получает все более широкое распространение: MusicXML, разработанный компанией *Recordare* (`www.recordare.com`). Технология MusicXML импорта/экспорта встроена в программу Finale 2003 и последующие версии, а программа Sibelius 4 и ее последующие версии в числе других приложений поддерживает импорт данных в этом формате. Даже если в вашем приложении изначально не предусмотрена поддержка MusicXML, возможно, вам подойдет для экспорта/импорта встраиваемый модуль Recordare (программы Finale и Sibelius, хотя в них уже заложена поддержка технологии MusicXML на базовом уровне, можно обновить, расширив возможности импорта/экспорта).

Помимо формата MusicXML, вам могут встретиться и другие форматы обмена данными. Формат NIFF (Notation Interchange File Format — файловый формат обмена нотными данными) практически вытеснен форматом MusicXML.

ГЛАВА 12

Музыка и звук для видео

Для озвучивания видеозаписей требуются специальные методы синхронизации звука и изображения. Не важно, что вы хотите получить в результате — отредактированную звуковую дорожку, звукозапись диалога, звуковые эффекты или музыкальное сопровождение фильма. В любом случае вы должны знать, как осуществляется синхронизация в видеозаписи и как достигается на практике синхронность звука и изображения.

Ключевые вопросы

Музыка и звук для видео

Вы изучите технологию озвучивания видеозаписей, включая утилиты и форматы.

- Синхронизация, разметка точек привязки и коррекция реплик (cue) при подгонке музыкального сопровождения к изображению
- Процесс монтажа, комплексные пакеты ПО, обмен данными между приложениями
- Временной код SMPTE и измерение времени в секундах и кадрах
- Запись звука, обеспечивающая его простую синхронизацию с изображением
- Синхронизация аудио- и видеоданных, записанных раздельно; запись диалога

Ключевые термины

- Реплика (cue); точка привязки (hit point); разметка (spotting)
- Монтаж видеозаписи
- Кодек
- Частота кадров; временной код SMPTE
- Метрономная дорожка
- “Хлопушка”/нумератор
- Внутренняя синхронизация/синхронизация при записи/внешняя синхронизация
- Файловые форматы: MPEG, BWF
- Дополнительная запись диалогов: ADR

С чего начать

Если ваша цель — создание музыкального сопровождения к кинофильму, необходимо научиться идентифицировать точки привязки звука к изображению и подгонять темп музыкального сопровождения к режиссерским меткам. Если ваша цель — редактирование звукового сопровождения и озвучивание видеозаписей, познакомьтесь с методиками синхронизации с использованием такого инструмента, как "хлопушка", и меток начала и конца записи в программах видеомонтажа, например в Final Cut Pro и Vegas.

Синхронизация, программы и форматы

На основе уже полученных знаний о том, как создаются на практике цифровые аудиозаписи, мы в состоянии справиться со специфическими задачами, относящимися к созданию звукового сопровождения для видеозаписей.

- **Сочинение цифровой музыки.** Создание музыкальных дорожек звукового сопровождения с помощью имеющихся звукозаписей и/или технологий программного синтеза звука.
- **Создание печатных нотных партитур.** Создание нотных партитур для музыкантов для "живого" исполнения музыкального сопровождения и записи дорожек звукового сопровождения.
- **Монтаж озвучивания видеозаписи.** Редактирование звуковых дорожек, записанных в процессе видеосъемки, синхронизация аудиозаписей, созданных отдельно, с видеозаписью и добавление новых звуков в звуковое сопровождение видеозаписи (звуковых эффектов, диалогов, дикторского текста и других аудиоданных).

Все эти задачи реализуются в виде последовательности операций, уже рассмотренных нами, начиная с записи звука, редактирования и микширования и заканчивая созданием нотных партитур и воспроизведением сочинения с помощью виртуальных инструментов. Но, помимо этого, при создании звукового сопровождения для видеозаписей требуется решить еще одну проблему: синхронизировать изображение и звук.

Синхронизация звука и изображения

Синхронизация звукового сопровождения видеозаписи распадается на две задачи: точная синхронизация речи с изображением и не столь жесткая по техническим требованиям синхронизация с видеозаписью музыкального сопровождения. Понятно, что диалоги, звуковые эффекты и другие звуки должны точно совпадать с движениями губ актеров и событиями, происходящими на экране, чтобы звук точно соответствовал изображению. Синхронизация с изображением музыкального сопровождения не столь требовательна по техническим характеристикам; здесь главную роль играют эстетические соображения.

Музыка не обязательно должна такт в такт совпадать с изображением, но может потребоваться задать ее начало и окончание в точно определенные моменты (например, синхронно с появлением титров или сменой сцены) и изменить ее звучание в такт с событиями на экране для максимального воздействия на зрителя (например, задать резкое

нарастание звука в момент внезапного появления злодея). Эти особые события называются репликами (cue) или точками привязки (hit point).

Поскольку наша задача — обеспечить синхронность двух элементов, звука и изображения, воспроизведение видеозаписи облегчает работу над звуковым сопровождением. Видеозапись хранится обычно в виде файла, и это упрощает как привязку ко времени событий, происходящих на экране, для которых мы создаем музыкальное сопровождение, так и отслеживание точности совпадения звукового сопровождения с изображением на экране. Обычно видеозапись воспроизводится на небольшом экране в окне рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или в окне звукового редактора, в котором мы работаем. Видеозапись автоматически воспроизводится синхронно со звуковым сопровождением. Помимо этого, возможна визуальная индикация отсчета времени, которая выводится в углу экрана поверх изображения. Для наложения музыкального сопровождения на видеозапись можно использовать и видеомагнитофон (если он у вас еще сохранился), но в этом случае потребуется дорогостоящее оборудование синхронизации, да и сам процесс озвучивания становится куда сложнее, поэтому практически все композиторы, сочиняющие музыкальное сопровождение к фильмам и видеозаписям, перешли на использование цифровых технологий воспроизведения видеозаписей.

Вы уже привыкли работать с двумя системами отсчета времени, принятыми в цифровой звукозаписи: в физических единицах времени (3 минуты 47 секунд) и музыкальных единицах времени (размер 4/4, темп 90 bpm (ударов в минуту), такт 17, тактовая доля 3). Пока мы работаем только со звуком, у нас практически не возникает необходимости в пересчете одних единиц измерения в другие: если две дорожки согласованы во времени при темпе 120 bpm, не имеет никакого значения, когда по времени наступают те или иные события. Но при создании музыкального сопровождения для видеозаписи нужно уметь делать такой пересчет. Необходимо также синхронизировать записи разной физической природы, например синхронизировать звуковое сопровождение, записанное отдельно, с видеозаписью.

Требования к ПО аудиозаписи для озвучивания видео

Чтобы быть пригодным для работы с видео, ПО цифровой звукозаписи должно удовлетворять ряду новых требований. Ниже перечислены функциональные возможности, которые понадобятся в процессе озвучивания видеозаписи.

- Импорт видео, чтобы можно было связать аудиопроект с файлом озвучиваемой видеозаписи.
- Вывод на экран в режиме предварительного просмотра в процессе работы с звукозаписью; обычно видеозапись воспроизводится на экране в окне аудиопрограммы, но в некоторых программах используется покадровый вывод видеозаписи в виде горизонтальной ленты над дорожкой звукового сопровождения (**рис. 12.1**).
- Метки для указания позиций реплик (cue), которые должны совпадать с определенными кадрами видеозаписи (**рис. 12.2**).
- Средства коррекции темпа музыки, позволяющие подгонять реплики (cue) к ключевым точкам (hit point) в видеозаписи.
- Экспорт видео для вмонтирования завершенной аудиозаписи в видеозапись (функция не обязательно необходимая, но часто полезная).

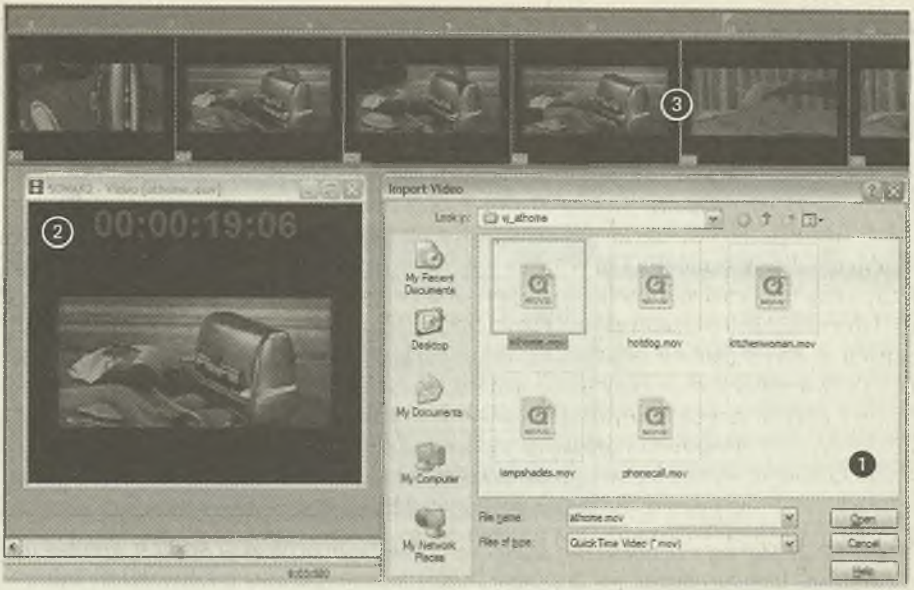


Рис. 12.1. *Вы можете импортировать файлы видеозаписи в ПО цифровой звукозаписи (1) и подгонять сочиняемое музыкальное сопровождение, наблюдая за ходом действия на экране. В программе Cakewalk SONAR Producer Edition можно синхронно воспроизводить видеозапись на экране в окне программы (2) или покадрово в виде горизонтальной ленты (3)*

Полнее всего этим требованиям удовлетворяют рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) (Pro Tools, SONAR, Cubase, Apple Logic, Digital Performer, Sony Acid и Mackie; все они оснащены встроенными функциями для работы с видео), а также специальные программы для озвучивания видеозаписей, например Apple Soundtrack Pro и Adobe Audition. Эти программы обеспечивают возможность записи диалогов и звуковых эффектов, а также редактирования и очистки дорожек звукового сопровождения в видеозаписях.

Для создания дорожки музыкального сопровождения для видеозаписи имеется большой выбор возможностей.

- **"Временные" дорожки.** Если задача сводится к быстрому созданию "наброска" музыкального сопровождения, чтобы продемонстрировать режиссеру-постановщику замысел музыкального сопровождения, самый простой вариант — собрать дорожку аудиозаписи из заготовок звука в программе типа Apple Soundtrack Pro или Sony ACID.
- **Звуковые дорожки для программного синтеза звука.** При создании музыкального сопровождения видеозаписи исключительно с помощью программного синтеза звука наилучшим вариантом будет рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW), поскольку в ней имеются все необходимые инструменты для работы с видео и широкие возможности использования подключаемых модулей MIDI-инструментов и эффектов и программных синтезаторов (последнее отсутствует в Soundtrack Pro и Audition.)

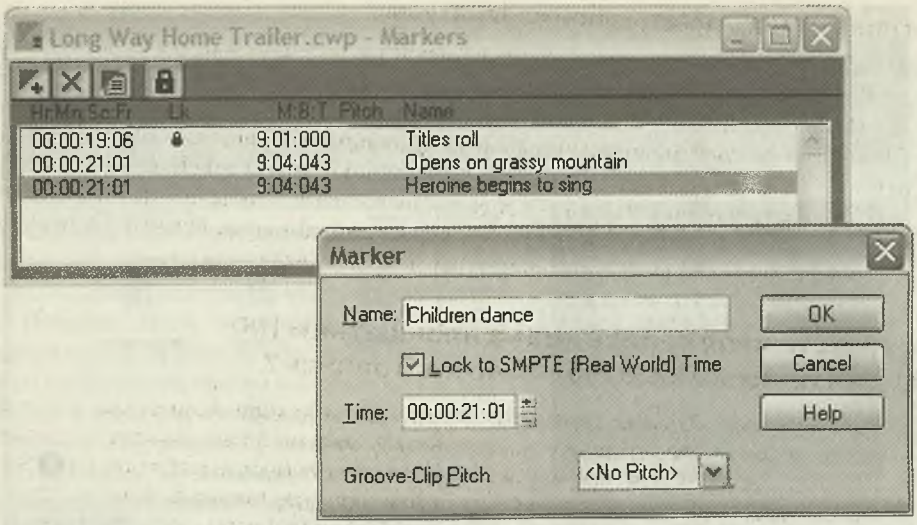


Рис. 12.2. *Метки, как показано здесь на примере программы SONAR, крайне необходимы для согласования дорожки режиссерских реплик с ключевыми моментами видеозаписи*

- **"Живое" исполнение музыкального сопровождения.** Если необходимо создать печатные партитуры для музыкантов, в которых должны быть указаны реплики и другие данные для синхронизации "живого" исполнения с видеозаписью, придется использовать возможности нотной записи, заложенные в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), такой как SONAR или Apple Logic, или воспользоваться специальной программой нотной записи, например Sibelius (подробное сравнение возможностей нотной записи с использованием рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) и специальных программ нотной записи приведено в главе 11.

Управление файлами видеозаписи

Существуют две причины, по которым может возникнуть необходимость в работе с файлами видеозаписи при создании звукового сопровождения. Первая, очевидная, причина заключается в том, что при работе над звуковым оформлением фильма необходимо иметь перед глазами изображение, чтобы "подгонять" под него звуковое сопровождение. Вторая причина — может потребоваться вмонтировать аудиозапись в дорожку звукового сопровождения видеозаписи, чтобы, например, убедиться в синхронности с изображением звука в готовой записи звукового сопровождения или чтобы продемонстрировать режиссеру-постановщику или другим участникам процесса создания фильма, насколько звуковое сопровождение и изображение согласуются друг с другом.

Техпроцесс

Когда речь идет об озвучивании видеозаписи, выбор техпроцесса, т.е. последовательности выполнения операций в проекте, становится ключевым моментом. Можно, например, полностью отредактировать аудиозапись, а затем перенести ее в программу видеомонтажа. Можно сначала отредактировать видеозапись и создать музыкальное сопровождение

под нее, или (именно этот вариант используется при создании музыкальных видеозаписей) сначала создать музыку, затем перенести ее в программу видеомонтажа и под нее сделать монтаж видеозаписи.

Техпроцесс становится еще важнее в случае коллективной работы над подготовкой видеоматериала к выпуску. Эту фазу режиссеры называют видеомонтажом ("postproduction" или просто "post") ("postproduction" — означает дословно "все, что происходит с видеоматериалом после того, как он отснят"). Стандартный техпроцесс производства видео начинается со съемки, за которой следует видеомонтаж, после чего — редактирование звукового сопровождения. В этом случае режиссер видеомонтажа вырезает из видеозаписи видеоматериал и отправляет звуковую дорожку видеозаписи целиком звукорежиссеру, который возвращает отредактированную аудиозапись видеорежиссеру для выполнения последнего этапа подготовки видеозаписи — сведения изображения и звука, так называемой "доводки". Даже на профессиональном уровне этот техпроцесс не является жестко фиксированным; например, композиторы, работающие над музыкой к фильму, часто начинают сочинять ее по "сырому" монтажу фильма, отшлифовывая музыкальное сопровождение по мере доводки видеоматериала. Если видеорежиссер вырежет из сцены фрагмент, сократив ее на две с половиной секунды, композитор должен будет отредактировать подготовленное музыкальное сопровождение так, чтобы оно укладывалось в урезанную по времени сцену.

Техпроцессы цифрового монтажа видеозаписей

Прочитайте интервью с Д.А. Янгом (D.A. Young) на Web-сайте `www.realworlddigitalaudio.com`, чтобы хотя бы мельком взглянуть на то, как быстро готовится видеоматериал для телепередач. Здесь не используется ничего сложнее передачи файлов: звук, который вы слышите в эпизоде, транслируемом из Южного парка (South Park), — это всего лишь переданная по электронной почте звукозапись в формате MP3.

Но даже тем, кто работает в одиночку, необходимо, по-видимому, иметь возможность переносить видео и аудиоматериал из программы видеомонтажа в программу обработки звука и обратно. В случае коллективной работы необходим способ пересылки проектов в оба конца. Можно свести эту задачу к созданию видеозаписи с низким разрешением для ее использования в качестве своеобразного "метронома" или, наоборот, расширить ее до предела — пересылать полностью многодорожечную аудиозапись для каждой сцены в процессе редактирования.

Файловые форматы и кодирование

Файлы цифрового видео необходимы как для обмена видеоданными с другими участниками процесса создания фильма, так и для привязки к изображению в ходе работы над музыкальным сопровождением и звуковыми дорожками. Существует множество форматов, широко используемых в видеозаписи, в том числе Apple QuickTime (для обозначения этого формата используется расширение `.MOV`), Microsoft Windows Media (расширение `.AVI`) и MPEG (расширение `.MPG` или `.MPx`). Но даже если файл видеозаписи имеет расширение, поддерживаемое музыкальным ПО, это еще не означает, что оно сможет его прочитать. Существуют разные версии формата MPEG —MPEG-4 и MPEG-2, а для чтения файлов в формате QuickTime и Windows Media имеющееся ПО плейера может оказаться устаревшим и потребуется его обновление (как правило, бесплатно за-

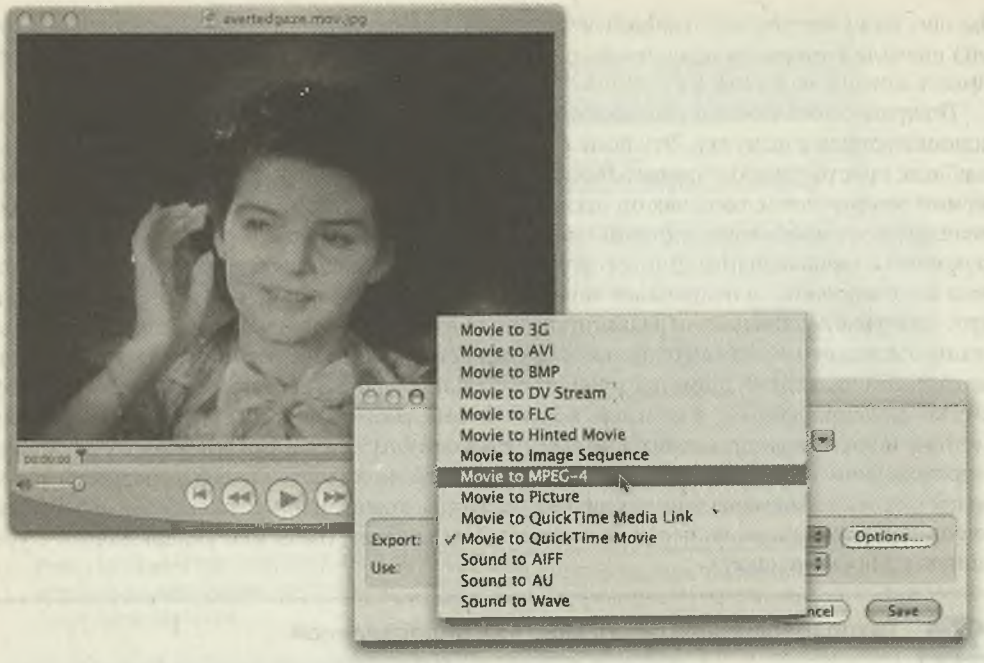


Рис. 12.3. *Программа QuickTime Pro компании* Apple *— недорогой универсальный инструмент работы с файлами видеозаписи на обеих операционных платформах, Windows и Mac, с широкими возможностями импорта/экспорта и основными инструментами редактирования*

гружаемое). Но и это не все — файлы в формате QuickTime и Windows Media часто сжаты с помощью разных кодеков (codec; от "кодер-декодер" (coder-decoder)). К счастью, загрузив последнюю версию ПО QuickTime или Windows Media, вы получите возможность работать со многими из этих форматов.

Предпочтительным форматом записи звукового сопровождения остается формат QuickTime компании *Apple*, поддерживающий множество технологий сжатия видеозаписи и типов данных. Невзирая на то что QuickTime является фирменным форматом, разработанным компанией *Apple*, этот формат часто предпочитают пользователи, работающие на PC-компьютерах, поскольку в равной степени и для Windows, и для Mac выпущено множество аудио- и видеоприложений, способных читать файлы в формате QuickTime (расширение `.MOV`) и сохранять записи в этом формате. В результате этот формат широко используется для распространения видеозаписей.

Для работы с файлами в формате QuickTime, по-видимому, придется потратить $29,95 на обновление ПО плейера; обновив его до версии QuickTime Pro, вы получите возможность использовать множество ранее заблокированных опций перекодировки аудио- и видеозаписей на обеих операционных платформах — и Windows, и Mac (**рис. 12.3**). Программа QuickTime Pro мастерски работает как с фирменными форматами компании *Apple* (MOV и AAC), так и со стандартными форматами, например MPEG-4. Программа QuickTime Pro обеспечивает также возможность захвата видео- и аудиоданных и создания звукозаписей в формате surround sound. Пользователи ОС Mac могут автоматизировать операции преобразования видео, используя для этого инструменты Mac OS —

Automator и AppleScript. Пользователи Final Cut Pro user получат дополнительные возможности кодирования, используя приложение, которое входит в состав ПО Soundtrack Pro, Final Cut Pro и Final Cut Studio.

Видеозаписи в формате Windows Media (файлы с расширением `.AVI`) также широко используются в видео- и аудиозаписи (для работы с файлами Windows Media на операционной платформе Mac разработана отдельная версия Windows Media Player for Mac, но этот формат поддерживают на платформе Mac далеко не все аудио- и видеоприложения). В отличие от компании *Apple*, компания *Microsoft* предоставляет большинство инструментов бесплатно. В приложении Windows Media Player вы можете выполнять множество операций преобразования форматов, а для такой нелегкой работы, как преобразование форматов и кодирование в режиме пакетной обработки, вы можете загрузить бесплатную утилиту Encoder. Возможности инструментов кодирования видеоданных в формате Windows Media на операционной платформе Mac по сравнению с Windows скромнее, что и не удивительно, тем не менее это ПО стоит загрузить.

При использовании видеозаписи для слежения за ходом сюжета в процессе работы над звуковым сопровождением нет необходимости в сохранении высокого качества изображения. За счет уменьшения разрешения изображения можно сжать файл, высвободив место на жестком диске и ресурсы центрального процессора, необходимые для работы со звуком. Частоту кадров (количество кадров в секунду) уменьшать не стоит, а вот разрешение можно уменьшить (например, использовать разрешение 320×240 вместо 640×480 или HD) и сжать видеозапись.

Web-ресурсы

Компании *Apple* и *Microsoft* поддерживают Web-страницы, с которых можно загрузить необходимое ПО, бесплатные утилиты и учебные руководства. Тем, кто работает с видео, необходимо обязательно посетить Web-страницы обеих компаний; пропустите такие привлекательные страницы с рекламными эпизодами фильмов и идите прямиком на страницы ресурсов.

QuickTime Pro (`www.apple.com/quick-time/pro`)

Windows Media (`www.microsoft.com/ windows/windowsmedia`)

Недорогие и бесплатные программы видеомонтажа

Для несложных операций видеомонтажа (обрезки эпизодов и преобразования формата) используйте QuickTime Pro для Windows или для Mac. Пользователям со скромными финансовыми возможностями, которым необходим более широкий набор инструментов, рекомендуем на выбор следующие программы.

Windows Movie Maker. Бесплатная утилита для Microsoft Windows XP Service Pack 2 и последующих версий; советы, справочные руководства и форумы вы найдете на Web-сайте поклонников этой программы (`www.windows moviema kers.net`).

Apple iMovie HD. Часть пакета ПО iLife компании *Apple* за $79. Эта программа включена в состав ПО для новых Mac-компьютеров; интегрирована в приложение GarageBand (`www.apple.com/ilife/imovie/`).

Комплексные пакеты ПО

Если все, что требуется, — импортировать отснятый видеоматериал, отредактировать дорожку звукового сопровождения или добавить музыкальное оформление и передать его в программу видеомонтажа, вероятно, будет достаточно открыть небольшой файл в формате QuickTime или переслать его другому участнику проекта. Но если требуется редактировать дорожки звукозаписи в процессе работы над видеоматериалом? Главное достоинство комплексных пакетов видео- и аудиоПО ведущих производителей, оправдывающее их приобретение, заключается в том, что они дают возможность выбирать аудиоматериал в проекте, переходить в аудиоприложение для его редактирования и затем вносить изменения в исходный проект видеозаписи без выполнения каких-либо операций экспорта и импорта вручную. Поскольку такие пакеты ПО — фирменные (например, компании *Apple*) и включают в себя полный набор необходимых инструментов (в том числе Final Cut Studio), производитель такого пакета ПО максимально заинтересован в облегчении интеграции приложений, входящих в его состав.

Например, используя Final Cut Studio, вы можете выбрать аудиодорожку из видеозаписи, открытой в Final Cut Pro, DVD Studio Pro или Motion, и щелчком правой кнопкой мыши на ней (или, если мышь однокнопочная, щелкнув ею, одновременно удерживая нажатой клавишу <Ctrl> на клавиатуре) переслать ее в приложение Soundtrack Pro для деструктивного или недеструктивного редактирования (**рис. 12.4**). Работая в Soundtrack Pro, вы будете одновременно видеть воспроизводимое изображение из видеозаписи, а при сохранении отредактированная аудиодорожка будет автоматически обновлена в исходном проекте. Аналогичным образом в пакете ПО Vegas Pro для Windows компании *Sony* вы можете использовать ACID-файлы и аудиообразцы непосредственно из пользовательского интерфейса и, щелкнув правой кнопкой мыши на аудиозаписи, отображенной на временной шкале (timeline), выбрать опцию Edit Source Project, чтобы внести изменения в исходный ACID-файл проекта.

Особенно полезны эти функциональные возможности в том случае, если аудио- и видеопроекты находятся на одном компьютере, поскольку упрощается переход из видеоприложения в аудиоприложение и обратно. Однако путем экспорта и импорта видео- и аудиофайлов вы можете использовать эти функциональные возможности также и для обмена файлами с удаленными пользователями, например, если ваш звукорежиссер находится в Мельбурне, в Австралии, а вы редактируете аудиоданные в Мадриде. Проекты могут включать в себя не только основную аудио- и видеоинформацию, но и многодорожечные редактируемые звукозаписи в комплекте со всеми подключаемыми модулями инструментов, инструментами редактирования и автоматизации.

Форматы для обмена данными между приложениями

Комплексные пакеты ПО удобны для работы во многих отношениях, но это вовсе не значит, что они ограничивают наши возможности использования приложений сторонних производителей. Форматы для обмена данными между приложениями, например OMF, AAF, MFX и Final Cut Pro/XML, упрощают экспорт/импорт многоканальных аудиопроектов. В самом худшем случае эти форматы предусматривают хранение многоканального аудиопроекта в виде отдельных редактируемых каналов; к тому же в ряде форматов (AAF, MFX, XML) предусмотрено сохранение дополнительной информации, такой, например, как данные автоматизации обработки дорожек звукозаписи (подробнее об этих файловых форматах читайте в главе 10).

Поддержка форматов типа AAF становится все шире, и не только в рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW), но и в других медиапрограммах, например таких, как Adobe After Effects и Premiere. Формат OMF широко используется в технологии подготов-

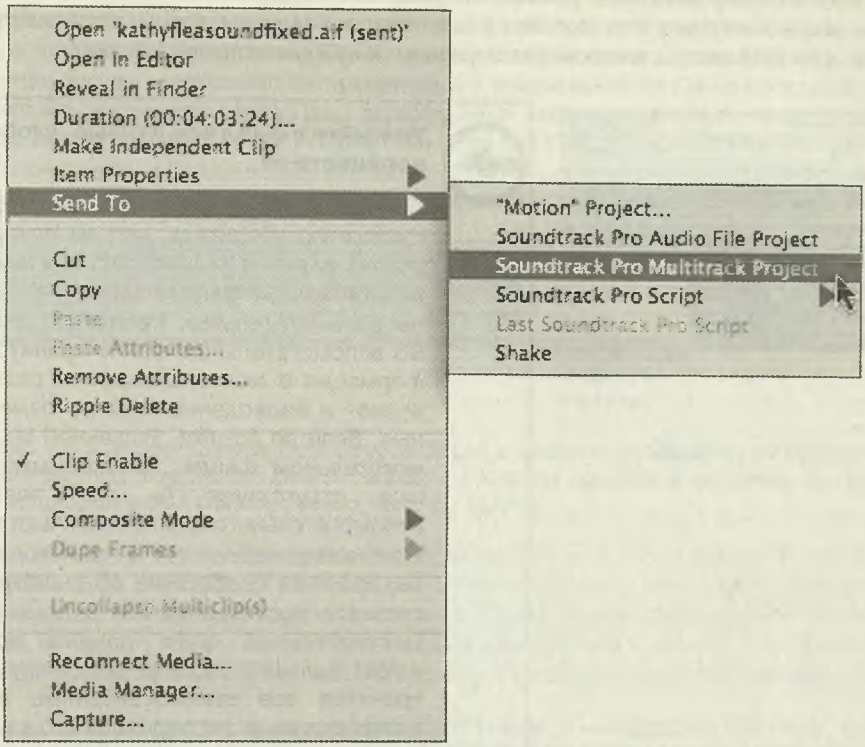


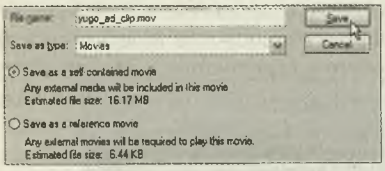
Рис. 12.4. *Используя комплексный пакет ПО, вы получаете возможность недеструктивного редактирования аудиоданных непосредственно в нем с помощью интегрированного в него приложения для обработки аудиоданных. В данном примере показано меню в Final Cut Studio компании* Apple, *через которое вы можете переслать аудиоданные, например, из Final Cut Pro в приложение Soundtrack Pro для редактирования*

ки аудио- и видеоматериалов, поскольку этот формат, разработанный компанией *Avid*, поддерживается видеосистемами Avid, аудиосистемами Pro Tools, а также многими рабочими станциями цифровой звукозаписи (DAW) и видеоприложениями. Типичный техпроцесс может предусматривать экспорт многодорожечной звукозаписи из Pro Tools в формате OMF для работы с ней в видеосистеме Avid или какой-либо другой видеосистеме, или наоборот. Другие форматы ориентированы на использование в определенных приложениях. Например, формат Final Cut Pro/XML, разработанный компанией *Apple*, предназначен для обмена данными между программами Logic Pro и Final Cut Pro. Он позволяет свести многодорожечную запись звукового сопровождения в Logic Pro и экспортировать ее в Final Cut, сохранив неприкосновенность настроек микширования и возможность их коррекции.

Время, кадры и временной код SMPTE

Для правильного измерения времени в видеозаписи с целью синхронизации и режиссерской разметки необходима стандартная методика расчета точек привязки звука к видео по времени. Как привязать взлет оркестрового музыкального сопровождения к опре-

деленному моменту действия, разворачивающегося на экране, если невозможно точно указать, когда наступает этот момент, и как синхронизировать файлы мультимедийных данных, если неизвестно, в каком месте находится нужная отправная точка?



Упакуйте в файл все данные, чтобы перенести их

При переносе файлов с компьютера на компьютер убедитесь, что вы сохранили файлы аудио- и видеопроектов в виде самостоятельных файлов данных, а не в виде вспомогательных (reference) файлов. Во вспомогательном файле хранится информация о местонахождении реальных аудио- и видеоданных, но не сами данные. Если по ссылке, указанной во вспомогательном файле, необходимые данные отсутствуют (а при переносе вспомогательного файла с компьютера на компьютер именно так и происходит), то вы получите сообщение об ошибке и не сможете воспользоваться данными. Самостоятельный файл данных проекта имеет больший размер, поскольку в нем хранятся все взаимосвязанные аудио- и видеоданные. Но перенося его с компьютера на компьютер, вы тем самым переносите весь проект.

Для отсчета времени в фильме и видеозаписи используется временной код по стандарту SMPTE, в который входит набор стандартов обозначения местоположения кадра в профессиональной видеозаписи. Временной код SMPTE (произносится "симпти") используется как для синхронизации работы аппаратуры путем стандартизации формата задания отсчета времени, так и для измерения положения определенного кадра в видеозаписи или фильме. Формально этот формат задания времени называется SMPTE/EBU, что расшифровывается как Society of Motion Picture и Television Engineers (Общество кино- и телеинженеров (США)) (`www.smpte.org`) и European Broadcasting Union (Европейский союз радиовещания) (EBU/UER, `www.ebu.ch`), организации по стандартизации, разработавшие его.

До тех пор, пока дело не дойдет до объединения профессионального видеооборудования в единый комплекс, по крайней мере, один вопрос — вопрос о том, как временной код SMPTE используется для синхронизации — нас может не волновать. На первых порах временной код SMPTE — это всего лишь последовательность чисел, записанных в определенном формате:

```
Часы: минуты: секунды: кадры (xx : xx : xx : xx)
```

Например, 2 часа, 7 минут, 23 секунды, 14 кадров будут иметь в этом формате следующий вид: 02:07:23:14. Разобраться в том, как действует этот механизм отсчета времени, закодированный в мультимедийной информации, например в фильмокопии или

видеозаписи стандарта DV (digital video), куда сложнее, но в большинстве случаев вам достаточно просто понимать, что означает временной код, отображаемый в окне рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или видеоприложения (**рис. 12.5**). (С технической точки зрения временной код, хранящийся в видеозаписи на DV-кассете или в файле видеозаписи в формате QuickTime, декодируется цифровыми средствами, а не путем считывания сигнала временного кода в стандарте SMPTE, как в аналоговой видеозаписи или фильмокопии. Но для пользователя эта информация выводится аналогичным образом в виде показаний в минутах, секундах и кадрах.)

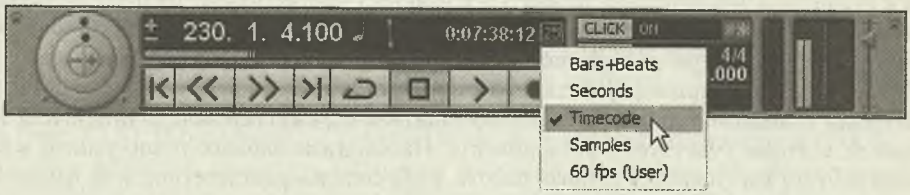


Рис. 12.5. *В программах типа Cubase SXcan в системе управления воспроизведением мультимедийных данных наряду с отсчетом времени в единицах отображается временной код при разных частотах кадров*

Здесь есть одна тонкость: длительность кадра зависит от частоты кадров. В телевидении, цифровой видеозаписи и кино иллюзия движения создается за счет показа последовательности фотоснимков, которые называют кадрами. Смена кадров производится с постоянной частотой, но частота кадров зависит от стандарта видеозаписи и даже от того, в какой стране вы живете. В **табл. 12.1** приведена сводка распространенных значений частоты кадров.

Таблица 12.1. Стандарты частоты кадров (кадр/с — кадров в секунду, fps)

Частота кадров, кадр/с	Область использования	Сфера распространения
24	Кинофильмы	Во всем мире
25	Видеозапись и телевещание в стандарте PAL, SECAM	Страны Европы, Африки, Австралия, большая часть стран Азии и Латинской Америки
29,97/30 с пропуском кадров	Видеозапись и телевещание в стандарте NTSC	Страны Северной Америки, большей части Южной Америки, Япония и часть стран Азии и Тихоокеанского региона
24, 25, 30, 60	Видеозапись в стандарте HD (High-Definition)	Во всем мире; частота кадров обычно совпадает с традиционно используемой частотой кадров в аналоговой видеозаписи и киноиндустрии

Необходимо убедиться, что в аудиоприложении временной код отображается при надлежащей частоте кадров, чтобы вы могли правильно определять местонахождение любого кадра. Частота кадров обычно выражается целым числом, за одним исключением — в некоторых странах, использующих стандарт NTSC, принята частота кадров, равная 29,97 кадр/с. Особенности использовавшегося стандарта черно-белого телевидения вынудили американских инженеров, разрабатывавших стандарт цветного телевидения для того, чтобы обеспечить возможность приема цветного телевизионного сигнала теле-

приемниками черно-белого изображения, выбрать странную частоту кадров — 29,97 кадр/с (29,97 — это округленное значение; на самом деле оно еще более странное — 30×1000/1001 кадр/с, или 29,97003 кадр/с). 30 кадр/с с пропуском кадров — это частота 30 кадр/с, но с "выпадением" кадров через регулярные интервалы, в результате чего она синхронизируется с частотой 29,97003 кадр/с (тем, кто живет в странах Европы и в большинстве стран мира, за исключением США и Японии, не придется иметь дело с этой "экзотической" частотой, поскольку в широко распространенном стандарте PAL она не используется).

Если не считать различий в частоте кадров, заложенных в разные стандарты видеозаписи и стандарты телевещания, принятые в разных странах, важно то, что для звукового сопровождения и видеозаписи задается одна и та же частота кадров. Синхронизировать данные, записанные при разной частоте кадров, можно, но это связано с множеством проблем. Если вы, например, участвуете в проекте, в котором требуется объединить киноматериал с видеоматериалом, стоит пообщаться с режиссерской студией или кинофабрикой, которая участвует в этом проекте. Необходимо заранее точно узнать, в каком стандарте будет выпускаться готовая работа, и обеспечить соответствие всех ваших записей техническим требованиям заказчика.

Музыкальное оформление для видео

Прежде чем приступить к обсуждению непростых вопросов точной синхронизации звукозаписи диалогов и спецэффектов с изображением, познакомимся с не столь требовательной к точности синхронизации технологией музыкального оформления кино- и видеофильмов. Если для диалога малейшее, в один-два кадра, нарушение синхронизация звукового сопровождения и изображения сразу же становится заметным, музыкальное сопровождение фильма часто только выигрывает от отклонения собственного ритма музыки от ритма действия, происходящего на экране. Спросите тех, кто исполнял мелодию "Темная сторона луны" (Dark Side of the Moon) ансамбля Pink Floyd к кинофильму "Волшебник страны Оз" (The Wizard of Oz): иногда случайная синхронность более выразительна, чем намеренная. Использование музыкального оформления для создания определенного настроения в фильме достигается путем оптимального сочетания намеренной синхронизации ритма музыки с ритмом действия на экране (обычно в пределах нескольких кадров) и более свободной, не привязанной жестко к кадрам фильма, синхронизации. Для синхронизации акцентов музыкального сопровождения с определенными моментами действия на экране в программах цифровой видео- и аудиозаписи предусмотрено множество инструментов "привязки" аудиозаписи к видеозаписи.

Разметка и точки привязки

Музыка усиливается в момент страстного поцелуя на экране. Струны пианино звенят все резче, когда рука злодея тянется к рукоятке ножа. Джам-джам: бряцанье струн подсказывает, что в глубине моря таятся Челюсти. Как говорят актеры, "все должно происходить в нужный момент". Хотя музыкальное оформление не сводится только к привязке реплик в музыкальном сопровождении к изображению на экране, синхронизация является одним из важных компонентов музыкального оформления.

Точка привязки (hit point) — это режиссерская реплика (cue) в видеозаписи, точка, в которой определенное музыкальное событие должно совпасть с событием на экране. Сама по себе задача выбора точек привязки, пусть еще не решено, как озвучить этот момент фильма, — это своего рода искусство. Если точек привязки, в которых музыкальный акцент придает особую выразительность изображению, недостаточно, музыкальное сопровождение

превращается в маловыразительный фон, безжизненный и не связанный с изображением на экране. Если точек привязки слишком много, музыка отвлекает от сюжета фильма.

Разметка (spotting) — это просмотр видеозаписи, обычно многократный, в процессе которого определяются моменты, в которые должны быть указаны точки привязки музыкального сопровождения к изображению. Искусство композитора, сочиняющего музыку к фильму, заключается в расстановке музыкальных акцентов таким образом, чтобы усилить эмоциональное воздействие фильма на зрителя, но при этом не отвлечь его музыкой от происходящего на экране. Вот почему процесс разметки видеозаписи точками привязки отнимает столько сил и времени и требует особого таланта.

До появления компьютерных технологий композиторы, сочинявшие музыку к фильмам, такие как Бернард Герман (Bernard Herrmann) и Альфред Ньюмэн (Alfred Newman), размечали киноматериал, записывая точки привязки на бумаге. Теперь в нашем распоряжении имеется такой инструмент, как метки для указания местоположения точек привязки (**рис. 12.6**). В большинстве рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрены функции разметки, благодаря которым вы можете во время просмотра видеоматериала, который необходимо озвучить, расставлять метки в выбранных точках привязки (стоящая идея — запомнить комбинацию клавиш, которой назначена команда добавления метки).

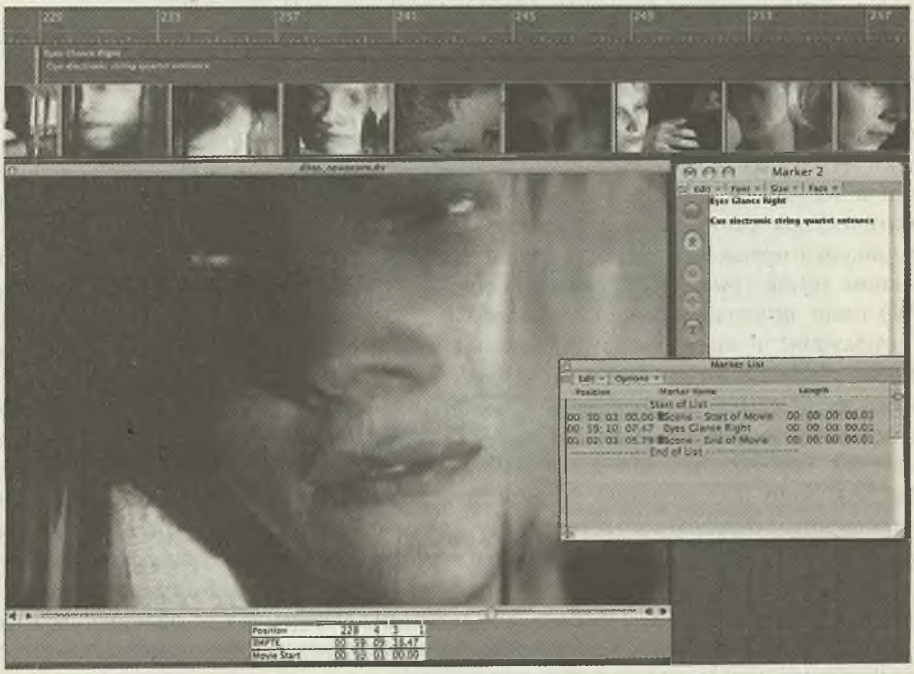


Рис. 12.6. *Разметка точек привязки — это расстановка меток на ленте видеозаписи в рабочей станции цифровой звукозаписи (например, в Logic Pro, как в данном примере) в тех точках видеозаписи, в которых в музыке должен быть сделан определенный акцент. Расставив метки в определенных точках изображения по времени (во временном коде SMPTE), вы используете эти метки позже для привязки к ним звукового сопровождения и музыкального оформления*

Коррекция темпа

После разметки точек привязки наступает очередь следующей операции — привязки музыки к ним. Отсчет времени в музыке обычно осуществляется в тактах и долях такта, а не в секундах и кадрах, поэтому, если вы создаете музыкальное сопровождение с неменяющимся размером, нужно позаботиться о том, чтобы согласовать темп музыки с учетом размера. Как правило, после разметки точек привязки определяются соответствующие им значения временного кода и затем производится коррекция размера и темпа с привязкой музыкальных тактов к временному коду в секундах и кадрах (для этого может потребоваться заблокировать метки в видео записи (lock markers), чтобы они не сдвигались при такой коррекции, и подогнать метки участков аудиозаписи к ним, поскольку музыкальное сопровождение подгоняется к изображению, воспроизводимому с неизменной частотой кадров).

Вариант ритмического рисунка музыкального сопровождения зависит от внутреннего ритма развития действия на экране и от того, как смонтирована видеозапись. Опытные видеорежиссеры часто "выстраивают" последовательность эпизодов в определенном музыкальном ритме — целенаправленно (следуя временному коду точек привязки) или интуитивно. Выбор темпа, кратного частоте кадров, облегчает задачу совпадения ритма музыкального сопровождения с ритмом изображения. Особенно удачным является музыкальный темп, кратный 60. Например, при темпе 120 bpm (ударов в минуту) две доли такта укладываются точно в одну секунду, что соответствует 12 кадрам при частоте 24 кадр/с или 15 кадрам при частоте 30 кадр/с.

Ради простоты можно выбрать размер 4/4 при темпе 60 или 120 bpm и затем все остальное предоставить композитору, хотя в соблюдении постоянного темпа на всем протяжении музыкального оформления нет особой необходимости. В ряде приложений, например в MOTU Digital Performer и Steinberg Cubase SX, предусмотрены средства автоматического обсчета первоначального темпа и последующих его изменений для подгонки рисунка музыкального сопровождения к точкам привязки путем незначительной коррекции темпа (**рис. 12.7**). Если в вашей рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) такие возможности не предусмотрены, для коррекции темпа можно использовать огибающие и средства автоматизации или просто вносить коррекции вручную, сравнивая результат по значению временного кода, отображаемому в окне Markers.

Вовсе не обязательно подгонять музыку к изображению по всему проекту. Фраза "обрезать изображение по музыкальному сопровождению" относится к режиссерам видеомонтажа, обрезающим эпизоды фильма для их подгонки к музыке, а не наоборот. Иногда режиссеру-постановщику удается даже подобрать уже созданную музыку к фильму, естественным образом соответствующую ритму смонтированного фильма, что сводит объем коррекций до минимума. Благодаря технологии цифровой звукозаписи этот процесс становится проще, чем когда-либо прежде: теперь вы можете просто вносить коррекции и сразу же видеть и слышать результат. Вы можете также обрезать фрагменты аудиозаписи, не подгоняя их идеально по тему и размеру, чтобы ослабить взаимосвязь между изображением и музыкальным оформлением.

Синхронизация в программах нотной записи

Традиционно работа с ПО нотной записи означала разметку видеозаписи и ее перенос в ПО нотной записи для создания музыкальной партитуры. Композитор сначала расставлял метки в рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), например в Digital Performer, затем вручную копировал их в программу типа Finale или экспортировал из-

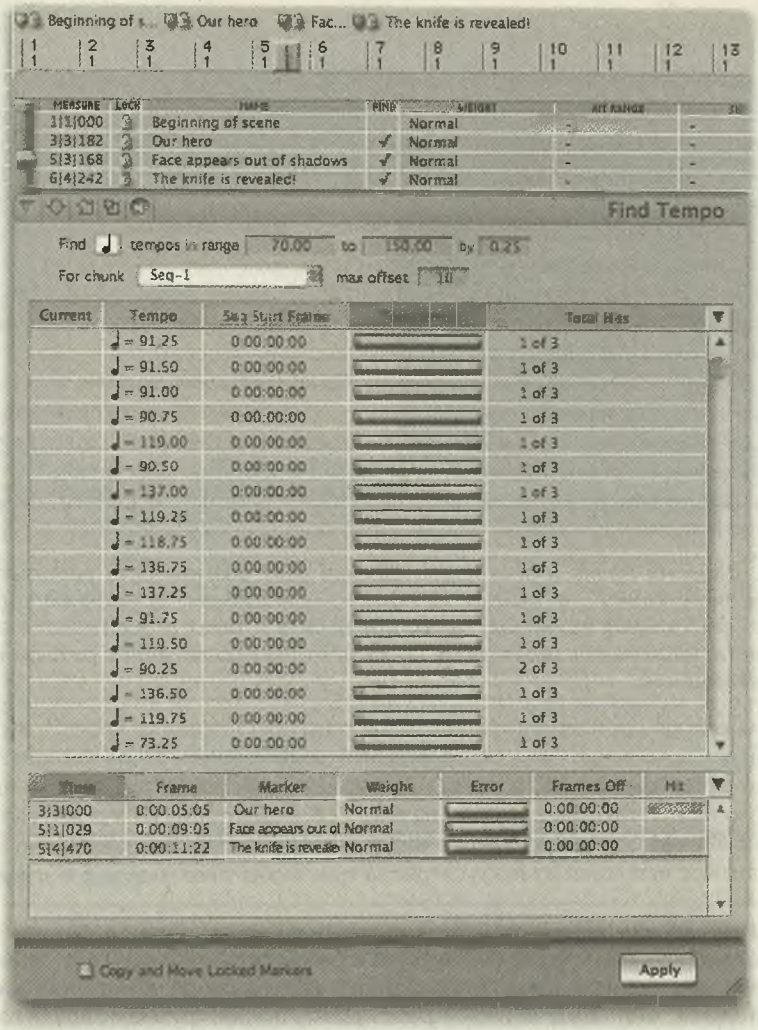


Рис. 12.7. *Программа MOTU Digital Performer автоматически обсчитывает различные значения темпа, показывая, насколько они согласуются с расставленными метками. При заданном темпе доли такта оказываются в одних местах ближе к точкам привязки к изображению, а в других — дальше от них, и в отчете результаты обсчета выводятся в порядке увеличения отклонения*

менения темпа и размера в виде файла в формате SMF. Некоторые композиторы по старинке пишут партитуры на бумаге, следя за видеозаписью, воспроизводимой на экране компьютерного монитора или телевизора.

Но интеграция видео в ПО нотной записи дает возможность расставить временные коды (timecode) в нотной программе, что расширяет возможности озвучивания (**рис. 12.8**). Импортируем видеозапись в программу Sibelius 4 (`www.sibelius.com`), воспроизводим ее синхронно с воспроизведением нотной партитуры, отмечаем точки привязки и экспортируем исполнение нотной партитуры в файл видеозаписи. Качество исполнения — невы-

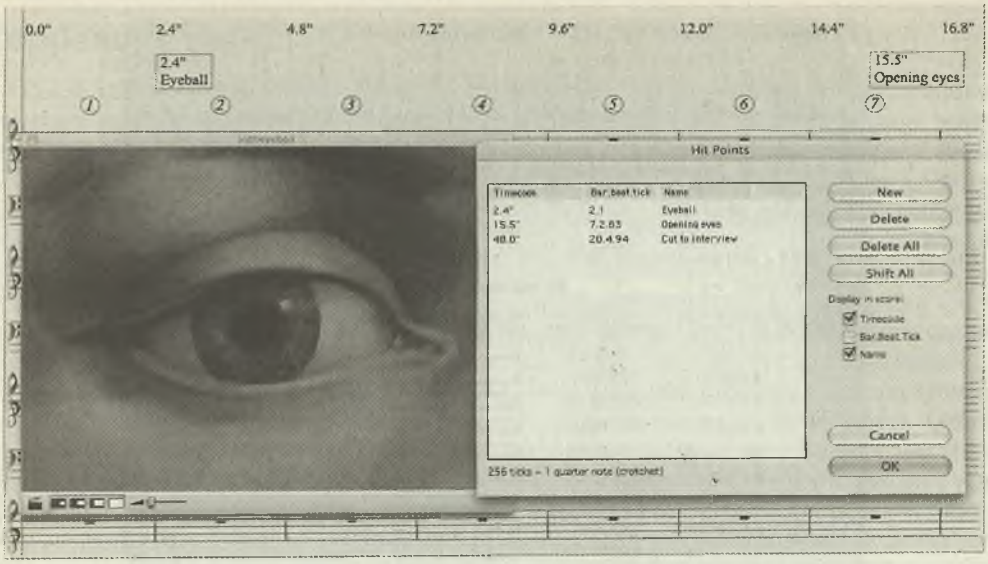


Рис. 12.8. *Окно Hit Points в программе Sibelius дает возможность расставлять точки привязки в видеозаписи, не выходя из нотного приложения. Временной код и отсчет времени в музыкальных единицах, битах, долях бита и тиках отображаются рядом, позволяя видеть, насколько каждая режиссерская метка согласуется с ритмом музыкального сопровождения*

сокое, но его хватает для демонстрации режиссеру-постановщику проекта музыкального оформления, после чего наступает черед музыкантов исполнить его, а это стоит недешево.

Каким бы путем вы ни шли, в любом случае метки временного кода должны быть внесены в нотную партитуру, как показано на рис. 12.8, с аннотациями в особо важных точках привязки. Таким образом, исполнители видят, какие точки привязки нужно обязательно точно отследить, и, исполняя музыку, следят за тем, чтобы точно попасть в эти точки.

Ищите точки привязки. Инструменты цифровой видеозаписи стали настолько точными, что композиторы и режиссеры считают, что разметка стала чрезмерно точной. Вместо точной привязки к кадру, в котором задана точка привязки, они предпочитают расставлять точки привязки вручную, нажимая необходимую комбинацию клавиш в тот или иной момент в процессе просмотра видеозаписи, воспроизводимой с нормальной частотой кадров, полагаясь на свою интуицию. Незначительное отклонение от точного ритма делает музыкальное сопровождение более естественным.

"Живое" исполнение музыкального сопровождения

Работая исключительно в замкнутом мире цифровой звукозаписи и видеозаписи, не очень сложно решать вопросы синхронизации. "Живое" исполнение музыкального сопровождения позволяет привнести в точную цифровую технологию элемент случайности (человеческий фактор). Но это нисколько не облегчает работу композитора. Можно поручить дирижеру вести музыкантов в такт с изображением на экране или предоставить им самим следить за ним, или снабдить музыкантов наушниками, через которые воспроизводить метрономную дорожку во время записи их исполнения (метрономная

Рис. 12.9. *В ряде программ, например в Logic Pro, предусмотрена возможность индикации временного кода в увеличенном масштабе; эта опция позволяет воспроизводить показания индикатора временного кода на втором мониторе или телевизионном проекторе, облегчая слежение во время "живого" исполнения музыкального сопровождения*

дорожка служит для воспроизведения щелчков метронома, задающих темп исполнения партии, который может меняться).

Во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возможность индикации временного кода в увеличенном или регулируемом масштабе (**рис. 12.9**). Даже в профессиональных студиях многие дирижеры выводят показания этого индикатора на экран, чтобы одновременно следить за ними и нотной партитурой. Расширение возможностей воспроизведения на экране нотной партитуры в режиме реального времени с одновременным воспроизведением видеозаписи, ставшее возможным во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) и программах нотной записи, например Sibelius, дает возможность просто открыть окно воспроизведения видеозаписи, вывести на экран индикацию временного кода и, нажав кнопку Play, начать исполнение, следя за партитурой на экране. Чтобы повторить эту голливудскую технологию при скромном бюджете, понадобится проектор или телевизор, или компьютерный монитор с большим экраном, чтобы во время записи следить за согласованностью исполнения с изображением на экране.

Экспорт аудиозаписи для переноса в программу видеомонтажа

Отредактировав аудиозапись, необходимо экспортировать готовую фонограмму в формате, позволяющем легко перенести ее в программу видеомонтажа. Вопросы синхронизации будут рассмотрены во второй части этой главы, а сейчас достаточно запомнить, что независимо от того, какую конкретно задачу вы решаете — занимаетесь ли вы видеомонтажом или чем-то еще, — правильный выбор формата экспорта аудиозаписи остается одинаково важным моментом.

По большей части экспорт аудиозаписей осуществляется в следующем формате.

1. Формат AIFF или WAV.
2. 48 кГц, 16 бит.
3. В файле должен быть предусмотрен сигнал "2-beep", короткий тональный сигнал длительностью один кадр, звучащий за две секунды до начала самой фонограммы, об этом читайте ниже, в разделе "Сигнал «2-beep»".

Практика видеосъемки

Большая часть того, что вы уже узнали о технологии цифровой аудиозаписи из этой книги, справедлива и для записи музыкального сопровождения для видеозаписей; в ча-

стности, в главе 3 мы рассказывали о подключении оборудования, в главе 6 — об использовании микрофонов и практических приемах звукозаписи, а в главе 10 — об общих методиках микширования звукозаписей. Но звукозапись для создания звукового сопровождения к видео влечет за собой ряд специфических вопросов. Самый сложный из них — синхронизация.

Озвучивание при раздельной записи видео и звукового сопровождения

Если звук и изображение записываются одновременно на одном и том же носителе и одном и том же устройстве, вопросы синхронизации автоматически отпадают. Например, при видеосъемке DV-камерой и одновременной записи звука через подключенный к ней микрофон звуковое сопровождение изначально синхронно с изображением (если это не так, то причина этого, очевидно, в самой видеокамере).

Но во многих случаях одного устройства записи недостаточно. Например, невозможно сразу же записать звук на 16- и 35-миллиметровую кинопленку, для этого необходимо отдельное устройство звукозаписи. В видеоаппаратуре стандартов DV и HDV предусмотрена одновременная запись звука и изображения, но для повышения качества звукозаписи предпочтительнее использовать специальную аппаратуру звукозаписи. В оснащении многих видеокамер упор сделан, главным образом, на повышение качества видеозаписи, а качеству записываемого звука придается второстепенное значение. Использование отдельной аппаратуры звукозаписи позволяет компенсировать недостаточное качество звука при записи на видеокамеру.

Использование отдельной аппаратуры для видео- и аудиозаписи называется *комбинированной записью*. Эта технология влечет за собой необходимость объединения двух файлов — видеозаписи и звукового сопровождения в процессе монтажа фильма. Профессиональное ПО видеомонтажа рассчитано на объединение этих двух записей воедино, что обеспечивает синхронность звука и изображения; для этого используется служебная информация (временной код), включаемая в записи или другие временные метки.

Следите за тем, чтобы все аппаратные и программные средства работали на одной частоте кадров

Самое главное при комбинированной записи — задать в настройках регистрации временного кода одинаковую частоту кадров во всех устройствах и программах. Несоблюдение этого требования влечет за собой такую проблему, как "смазывание" изображения (pulldown) при пересчете значений временного кода в видеозаписях, сделанных на разной частоте кадров. Такая проблема возникает, например, если одна запись сделана с частотой 29,97 кадр/с, а другая — с частотой 25 кадр/с. Понятно, что это влечет за собой очень серьезные проблемы, поэтому лучше всего полностью устранить их, настроив все средства аудио- и видеозаписи на одну частоту кадров, если это возможно.

Процесс подготовки синхронизированного аудио- и видеоматериала при использовании метода комбинированной записи включает в себя три основных элемента.

1. **Запись.** Аудио- и видеозаписи, сделанные в процессе съемки, в идеальном случае должны содержать временной код или другой сигнал синхронизации в идентичном формате.

2. **Захват.** При переносе аудио- и видеоматериала в компьютерную систему обработки и в программу редактирования (Final Cut Pro, Avid и т.п.) обязательно должен быть сохранен временной код для последующей обработки данных.
3. **Синхронизация.** После переноса аудио- и видеоматериала вместе с временным кодом или иным синхросигналом объединение этих записей с помощью программных инструментов осуществляется на базе этого синхросигнала, обеспечивающего их идеальную синхронность.

Первый шаг — убедитесь в том, что в записях хранятся служебные данные привязки ко времени, позволяющие синхронизировать их между собой.

Запись и привязка по времени

Опуская технические подробности, несложно понять, почему так важно при записи сохранить данные привязки по времени, по которым вы будете осуществлять синхронизацию записей. Представьте себе соревнования по легкой атлетике, на которых вместо одновременного старта, как это принято (отсчет "3, 2, 1, старт" и выстрел стартового пистолета), бегуны начинают забег, когда кому хочется, пробегают дистанцию в сто ярдов за разное время, но его никто не измеряет секундомером.

Кто из них пробежал быстрее? Это невозможно определить, потому что нет одинаковой привязки ко времени. Момент старта (когда бегун начинает бежать) и момент финиша (когда бегун пересекает финишную черту) разнесены во времени и время между этими двумя моментами не измерялось (секундомер никто не включал и не выключал). Достаточно одного из этих трех элементов для решения задачи: если все бегуны пересекут финишную черту в одно время, победитель — тот, кто начал забег последним. Если они начали забег одновременно, победитель — тот, кто пересек финишную черту первым. Если измеряется время забега каждого бегуна в отдельности от момента старта до момента финиша, то даже в том случае, если бегуны начали забег не одновременно, легко определить победителя, сравнив показания секундомеров. Заметим, что измерение времени не является обязательным условием; достаточно, чтобы время забега было привязано к одной общей точке — началу или концу.

Эти же соображения справедливы и в случае видеозаписи. Для синхронизации записей необходимо соблюдение, как минимум, одного из трех условий: запись должна начинаться в один и тот же момент (в нашем примере — одновременный старт бегунов), запись должна прекращаться в один и тот же момент (бегуны одновременно пересекают финишную черту) или одновременно с записью данных регистрация временного кода с привязкой к одному источнику синхросигнала (измерение времени забега секундомером).

"Хлопушки" и нумераторы

В профессиональной кино- и видеосъемке процесс съемки начинается с так называемого "хлопка" — визуальной и слуховой метки, отмечающей начало съемки каждого дубля. Даже те, кто никогда не были на съемочной площадке, наверняка понимают, о чем идет речь: ассистент кричит "Дубль 4!", поднимает перед камерой табличку (ее называют "хлопушкой") с написанным на ней номером дубля и затем хлопает по ней подвешенным к ней вверху на петлях "шлагбаумом".

Такую "хлопушку" можно приобрести в магазине видеооборудования (**рис. 12.10**). Простые модели стоят не дороже $10, поэтому нет оснований отказываться от такого оборудования. Раньше "хлопушки" делали из дерева и мелом писали на них номер дубля. В современных конструкциях используются доски для маркера; выпускаются даже электронные "хлопушки" с отсчетом временного кода. Конструкция "хлопушки" имеет зна-

Рис. 12.10. *По конструкции "хлопушки" бывают самыми разными — от простейших до оснащенных электронными индикаторами. Но у всех есть одна общая особенность: хлопок по доске "хлопушки" "шлагбаумом" дает визуальную и слуховую точку отсчета для синхронизации звука и изображения. Электронные "хлопушки", например показанная на этой фотографии "хлопушка" Denecke Time Code, могут генерировать, считывать и индицировать временной код (фотография публикуется с любезного согласия Павла Вдовчака (Pawel Wdowczak))*

чение, потому что она создает фактически два опорных сигнала: вы можете привязать хлопок к моменту удара "шлагбаума" о доску "хлопушки" (если "хлопушка" оснащена светодиодным индикатором временного кода, вы получаете третью, цифровую, привязку ко времени, считывая показания индикатора временного кода с "хлопушки").

Производители "хлопушек" и оборудования регистрации временного кода

Ambient Recording (www.ambientaudio.com)

Denecke, Inc. (www.denecke.com)

Даже и без "хлопушки" не составляет труда придумать, каким образом одновременно подать звуковой и визуальный сигналы. Можно, например, хлопнуть в ладоши перед камерой (стучать для этого по голове актера не рекомендуется, но на съемках фильма "Бездна" ("The Abyss") Джеймса Кэмерона (James Cameron) во время подводных съемок хороший звук получался при ударе по шлему актера).

Хлопок перед началом съемки дает отсчет начала съемки, но ради пущей осторожности нужно хлопнуть "хлопушкой" и в конце съемки; иными словами, хлопайте "хлопушкой" перед началом и по окончании каждой съемки. Это необходимо по двум причинам.

Во-первых, в случае неудачного хлопка в начале съемки у вас в запасе будет точка привязки в конце съемки, по которой вы сможете синхронизировать изображение и звук. Во-вторых, если в одном из записывающих устройств синхросигнал "дрейфует" по частоте, вы сможете без задержки это обнаружить и принять необходимые меры.

Даже при использовании электронного генератора временного кода для автоматической синхронизации записывающего оборудования не отказывайтесь от "хлопушки" в начале и конце каждой съемки. Если система автоматической синхронизации даст сбой, вы используете традиционный способ привязки записей по времени и спасете съемку. Чтобы избавиться от проблем при последующей работе с отснятыми материалами, даже если вы не участвуете в съемках, напомните тому, кто руководит съемкой, чтобы не забывали хлопать "хлопушкой" перед началом и по окончании съемки, пусть даже ничего лучшего, чем хлопок в ладоши перед камерой, они не придумают.

Своеобразная "хлопушка" используется и в аудио- и видеомонтаже; это, конечно, не настоящая киносъемочная "хлопушка", показанная на рис. 12.10, а заставка перед началом съемочного эпизода, сопровождающаяся звуковым сигналом "2-beep", аналогом хлопка "хлопушки".

Сигнал временного кода

При использовании записывающего оборудования профессионального уровня, которое предусматривает возможность синхронизации внешним синхросигналом и записи временного кода, поступающего от внешнего источника синхронизации, можно использовать более совершенную, автоматическую, синхронизацию записывающей аппаратуры. При записи временного кода, поступающего от общего источника синхронизации во все записывающие устройства, во всех записях сохраняется общий код синхронизации. Таким образом, программа, в которой осуществляется редактирование записанного материала, получает возможность автоматически объединять записи, сделанные разными устройствами. Например, временной код "3 минуты, 2 секунды, 4 кадра" означает один и тот же момент времени для ваших двух DV-камер и звукозаписывающего устройства, поскольку все они записывают не только аудио- или видеоинформацию, но и служебную информацию, указывающую, в какой момент произведена запись.

Сигнал "2-beep"

Название "2-beep" не должно вводить в заблуждение — это вовсе не два гудка. "2" означает две секунды, а не два сигнала. Сигнал "2-beep" — это одиночный сигнал, звучащий за две секунды до начала первого кадра видеозаписи, который используется для синхронизации начала воспроизведения аудио- и видеозаписи.

- В качестве сигнала используется тональный (синусоидальный) сигнал частотой 1 кГц.
- Он обязательно добавляется к записи за две секунды до начала изображения. (Чаще всего он задается временным кодом –00:00:02:00, но это может быть и сигнал за две секунды до начала видеосъемки эпизода или перед началом фонограммы в виде специальной режиссерской метки в аудиозаписи.)
- Продолжительность сигнала равна продолжительности одного кадра видеозаписи.

Полагая, что вы получили видеозапись без такой служебной метки и сами задаете сигнал "2-beep", добавьте его вручную в своей рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) или другом аудиоприложении (**рис. 12.11**).

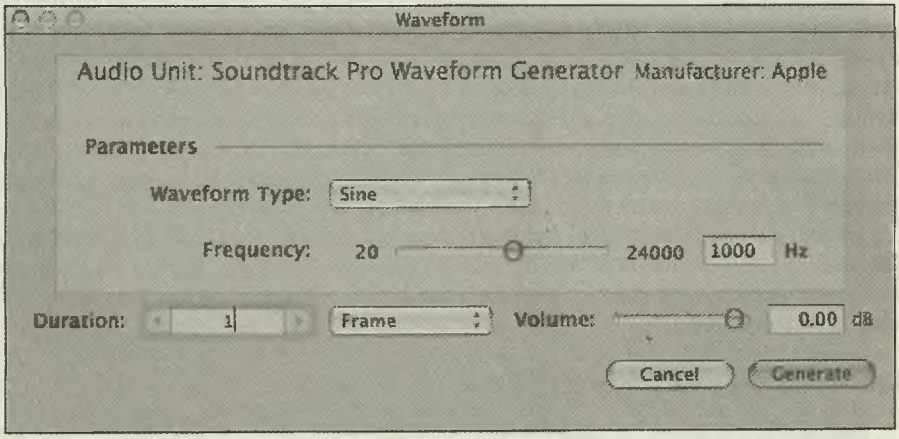


Рис. 12.11. *Для генерирования сигнала "2-beep" необходим простой тональный генератор в аудиоредакторе или рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW), имеющий настройку длительности сигнала в кадрах. Например, в программе Soundtrack Pro выберите Process⇨Insert⇨Waveform. Задайте частоту 1 кГц (1000 Гц), амплитуду — 0 дБ и длительность — 1 кадр (frame).*

Pro Tools и другие приложения настройки режима генерирования синусоидального колебания дают возможность задать длительность синтезируемого звука в кадрах. Прежде всего выставьте в своем звуковом редакторе начало "ленты" на две секунды раньше начала фонограммы (либо вставив пустые такты, либо выставив время начала воспроизведения на 2 секунды вперед от точки начала записи). Затем, используя настройки тонального генератора в составе вашего звукового редактора, задайте частоту и длительность сигнала. (Если в вашем тональном генераторе отсутствует настройка длительности сигнала, установите счетчик времени в звуковом редакторе или рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) в режим отсчета времени в кадрах и задайте кадр звука с началом за 2 секунды до точки 0:00.) Вот и все: экспортируйте фонограмму в формат AIFF/WAV, и на этом работа закончена.

Если вы экспортируете фонограмму для передачи режиссеру видеомонтажа или в киностудию, там используют заданный вами сигнал "2-beep" для синхронизации вашего файла аудиозаписи с имеющейся у них видеозаписью. В случае необходимости вы можете сделать это сами; единственное необходимое для этого оборудование — ваши уши. Если в обеих записях задан сигнал "2-beep", то при одновременном начале воспроизведения вы немедленно на слух определите, синхронны ли они. Если синхронны, то оба синусоидальных сигнала "2-beep" синфазно накладываются друг на друга и результирующий сигнал имеет ту же длительность, но повышенную громкость. В противном случае вы услышите либо сигнал большей длительности, либо несколько последовательных сигналов.

В большинстве записывающих устройств предусмотрена запись сигнала синхронизации одновременно с записью данных. Например, на дисплее записывающей аппаратуры стандарта DAT или DV в окошке счетчика отображается временной код. Не во всех счетчиках предусмотрена индикация записи временного кода; чтобы проверить, записывает ли ваша аппаратура временной код на ленту, переставьте кассету в другое устройство и посмотрите, что показывает счетчик.

Весь фокус, касающийся синхронизации, заключается в том, что одной способности записывать временной код недостаточно; нужно сделать так, чтобы все записывающие устройства записывали один и тот же временной код, поступающий от общего источника синхронизации, — опорный сигнал временного кода SMPTE.

Сигнал временного кода SMPTE при воспроизведении аудиозаписи неслышен, но аппаратура, оснащенная средствами считывания временного кода, выделяет этот сигнал, записанный в служебной дорожке, и записанные данные привязаны к этому временному коду (на магнитной ленте для записи этой служебной информации предусмотрена отдельная дорожка записи; в файлах цифровой аудио- и видеозаписи эта информация хранится в файле в виде цифрового кода). При захвате записанных данных в профессиональной программе видеомонтажа временной код вносится в видеозапись, включаемую в проект, и программа получает возможность автоматически синхронизировать записанные эпизоды (чаще всего опорный синхросигнал записывается в формате временного кода SMPTE; читайте раздел “Стандарт SMPTE и другие форматы кодирования синхросигнала”).

Стандарт SMPTE и другие форматы кодирования синхросигнала

Сигнал временного кода SMPTE представляет собой аналоговый сигнал, в котором закодирована информация привязки ко времени записываемых данных (строго говоря, это модулированный импульсный сигнал). Записывающие устройства, в которых предусмотрена регистрация сигнала синхронизации стандарта SMPTE, фиксируют этот сигнал на ленте, обычно на ее неиспользуемом участке. (В старых моделях записывающей аппаратуры синхросигнал стандарта SMPTE записывался в видеосигнале вместе с сигналом изображения, для этого использовался метод частотного уплотнения спектра сигнала.)

“Временной код” и “SMPTE”, в противоположность распространенному заблуждению, не являются терминами-синонимами. “SMPTE” означает один из стандартов формата временного кода. Стандарт SMPTE изначально предназначался для киносъемочной аппаратуры и позднее был перенесен с доработками в другие технологии видеозаписи. В вашей аппаратуре и программных средствах могут поддерживаться или быть предусмотрены другие форматы, и даже во многих устройствах, соответствующих стандарту SMPTE, синхросигнал преобразуется в другой, отличный от стандартного, код. (В разных стандартах цифровой видеозаписи, например MiniDV, DVCAM, DVCPro HD и HDV, используются разные стандарты кодировки синхросигнала.)

Хорошая новость заключается в том, что вам не придется вникать в эти подробности. Большая часть процесса преобразования из одного формата в другой проходит без участия пользователя между устройством записи, способным регистрировать временной код, и программой цифрового видеомонтажа в процессе захвата видео. Ваша первая и самая важная задача — проверить, чтобы используемые вами аппаратные и программные средства

поддерживали захват и кодирование сигнала временного кода. Возможно, для этого придется покопаться в документации и спецификациях к используемому программному и аппаратному обеспечению.

Для генерирования опорного временного кода, необходимого для синхронизации записывающих устройств, нужен генератор временного кода. Это может быть компьютер с периферическим оборудованием, способным генерировать сигнал временного кода, или одно из записывающих устройств, в котором предусмотрен выход сигнала временного кода (для использования компьютера необходимо устройство сопряжения аудиоаппаратуры, оснащенное входами и выходами синхронизации стандарта SMPTE, например MOTU 828 mkII и Traveler, или специальный блок синхронизации; читайте раздел "Аппаратура и стандарты цифровой записи"). Далее, необходимо принимать и записывать синхросигнал; все устройства должны поддерживать стандарт кодирования поступающего сигнала временного кода. Для приема синхросигнала в этих устройствах обычно предусмотрен вход синхронизации — отдельный НЧ-вход. Необходимо по документации к используемому записывающему оборудованию проверить, способно ли оно передавать и/или принимать сигнал временного кода и в каком стандарте; во многих моделях, особенно это касается аппаратуры полупрофессионального уровня (в этом случае придется прибегнуть к помощи "хлопушки" или придумать другой способ записи точек привязки).

Имея в своем распоряжении генератор и аппаратуру, способную принимать временной код, вы оказываетесь перед выбором, какой вариант синхронизации использовать, но чаще всего выбор сводится к одному из трех широко используемых вариантов.

- **Внутренняя синхронизация.** Аналогично тому, как два шпиона в фильме о приключениях Джеймса Бонда сверяют часы перед началом операции, в этом режиме оборудование синхронно включается в заданный момент времени и затем продолжает работать в режиме внутренней синхронизации без привязки к внешнему синхросигналу. Видеокамера, устройство звукозаписи, компьютер и любая другая аппаратура просто включается в заданный момент и дальше работает без подстройки друг к другу до тех пор, пока ее не остановят. В этом случае временной код регистрирует время проведения съемки и может использоваться для задания произвольно выбранной точки отсчета во времени.
- **Синхронизация в режиме записи.** В отличие от режима непрерывной синхронизации, при синхронизации в режиме записи устройства регистрируют временной код только тогда, когда они включены в режиме записи. При выключении режима записи или выключении устройства синхронизация по сигналу временного кода нарушается.
- **Внешняя синхронизация.** В режиме внешней синхронизации устройства (например, видеокамера) синхронизируют свою работу по внешнему синхросигналу. Например, видеокамеры, установленные в режим внешней синхронизации, постоянно корректируют внутренний сигнал временного кода по внешнему сигналу, поступающему, например, от компьютера или устройства звукозаписи, записывая его на аудиодорожку.

Достоинством режимов внутренней и внешней синхронизации по сравнению с синхронизацией в режиме записи является то, что режим синхронизации не нарушается при остановке или полном выключении какого-либо устройства, даже если устройства останавливают или включают в разное время, потому что все они используют один и тот же временной код.

Позаботьтесь о достаточно больших пробелах перед началом и по окончании записи

Даже у цифровой аппаратуры есть допустимый предел погрешности при регистрации сигнала временного кода. Любая механическая неоднородность на DV-ленте или другая причина нарушения нормального режима записи может вызвать пропуск временного кода. Поэтому, чтобы механизм записи вошел в установившийся режим, сделайте пробел в несколько секунд перед началом важного участка записи, чтобы обеспечить гарантированную запись временного кода (профессионалы делают пропуск в десять отсчетов — этого вполне достаточно для надежной привязки по времени). Завершив запись, не выключайте режим записи сразу же — сделайте небольшой пропуск. При записи на ленту перед началом следующей записи обычно чуть отматывают ленту назад от конца предыдущей записи, так что между последующими дублями записи нет перерыва между сигналами временного кода.

Видеозапись в стандарте HD

Новый стандарт видеозаписи повышенного качества — HD (High Definition) — предъявляет повышенные требования к синхронизации; компания *Denecke*, производитель "хлопушек" (нумераторов), опубликовала хороший обзор по этой теме под названием "24P Info: Time Code и the High Definition Camera" (`http://denecke.com/24pinfo.htm`).

Стандарты записи

Производители профессионального оборудования аудиозаписи, пользующегося популярностью

Fostex (`www.fostexin-ternational.com`)

Marantz (`www.d-mpro.com`)

Nagra (`www.nagraaudio.com`)

Sony (`http://bssc.sel.sony.com/Broadcastand-Business`)

Zaxcom (`www.zaxcom.com`)

Выбрать наилучший режим цифровой звукозаписи непросто, поэтому следуйте общему правилу: выполняйте запись в режиме 48 кГц, 16 бит и проверьте, чтобы был включен режим записи данных синхронизации (точки начала записи, точки окончания записи, сигнал временного кода или одна из комбинаций этих параметров).

Вообще говоря, максимальное качество записи звука для цифрового видео достигается в режиме 48 кГц, 16 бит. (DV-камеры могут записывать и в других режимах, но следует отдавать предпочтение настройкам, обеспечивающим максимальное качество звука.) Стереозвук по стандарту DV также записывается в этом режиме.

Объемный звук (многоканальный звук для домашних театров) и другие стандарты записи аудиовизуальной информации открывают новые возможности, но их использование ограничивается выбором типа носителя записи; вопросы микширования объемно-

го звука подробно рассматриваются в главе 10. Опять-таки, и в этом случае запись в режиме 48 кГц является предпочтительной, поскольку в стандартах объемного звука DTS (Digital Theater Systems) и LPCM (Linear PCM) кодирование всех каналов звука осуществляется при частоте 48 кГц (читайте раздел "Аппаратура и стандарты цифровой записи").

В аппаратуре высококачественной записи звука для звукового сопровождения видеозаписей звук часто кодируется в формате BWF (Broadcast Wave Format). BWF — это формат, базирующийся на использовании файлового формата WAV компании *Microsoft*, в котором предусмотрена запись в файле цифрового звука сигнала временного кода с целью упрощения синхронизации с видеозаписью. Этот стандарт записи утвержден Европейским союзом радиовещания (EBU — European Broadcast Union) и является международным стандартом. Большинство рабочих студий цифровой звукозаписи (DAW) и профессиональных программ видеомонтажа на обеих операционных платформах, Windows и Mac, способны читать BWF-файлы, поэтому все, что нужно сделать, — перетащить файл из устройства звукозаписи на жесткий диск в компьютер, обычно по интерфейсу USB. (Заметим, что в полупрофессиональной аппаратуре цифровой звукозаписи, в которой запись осуществляется в простейшем формате — WAV или AIFF, — временной код не записывается и вам придется синхронизировать записи вручную.)

Монтаж: захват и синхронизация

По завершении видеосъемок и аудиозаписей следующий шаг — перенос записей в монтажную студию для подготовки к выходу. Даже при работе с цифровыми записями необходимо выполнить ряд дополнительных операций для того, чтобы свести записанные данные воедино. Необходимо обязательно обеспечить при захвате, т.е. переносе записанных данных в компьютер, сохранение временного кода. Лучше всего выполнить эту операцию путем импорта этих записанных данных в программу видеомонтажа с помощью имеющейся в ней утилиты захвата (если вы не работаете с видеозаписями, нужно чтобы режиссер монтажа выполнил эту операцию и прислал вам видеофайл для привязки звука к изображению).

Аппаратура и стандарты цифровой записи

В те времена, когда аппаратура аналоговой записи использовалась повсеместно, съемочные группы путешествовали с портативной кассетной записывающей аппаратурой таких компаний, как *Nagra* и *Marantz*. Позднее даже видеомагнитофоны стандарта VHS использовались в качестве устройств записи исключительно звука. Технологии цифровой записи фактически не упростили запись, а умножили число различных стандартов записи. Поэтому, чтобы лучше подготовиться к редактированию полученной записи, необходимо знать, на какой аппаратуре и в каких условиях она производилась (особенно если звукозапись делалась киносъемочной группой, которая обычно не очень заботится о создании условий для качественной аудиозаписи).

Заметим, что многие устройства записи, используемые в полевых условиях, кассетные магнитофоны полупрофессионального уровня, записывающие устройства с твердотельной памятью и даже многие DV-камеры невозможно синхронизировать по общему синхросигналу. Если запись сделана одним из таких устройств, то опорные сигналы (сигнал "2-beep" за две секунды до начала записи и звуки "хлопушки" перед началом и по окончании записи) становятся единственными точками привязки, по которым можно синхронизировать записи.

Ниже перечислена широко используемая аппаратура цифровой записи.

Магнитофоны/видеокамеры стандарта DV. Чаще всего для записи звукового сопровождения используется аппаратура записи на магнитную ленту в стандарте DV. В DV-запись обязательно включается временной код, хотя в случае использования записей, полученных на нескольких устройствах, например при записи одновременно на несколько видеокамер, понадобится дополнительная привязка по времени.

Компьютер. Хотя ноутбук используется в качестве записывающего устройства куда реже, чем магнитофон, он дает возможность осуществлять запись прямо в программу цифровой звукозаписи. В устройствах сопряжения, таких как MOTU Traveler, предусмотрены входы/выходы синхронизации по стандарту SMPTE, что позволяет синхронизировать аппаратуру без использования дополнительного оборудования, применяя для генерирования сигнала временного кода программу (**рис. 12.12**).

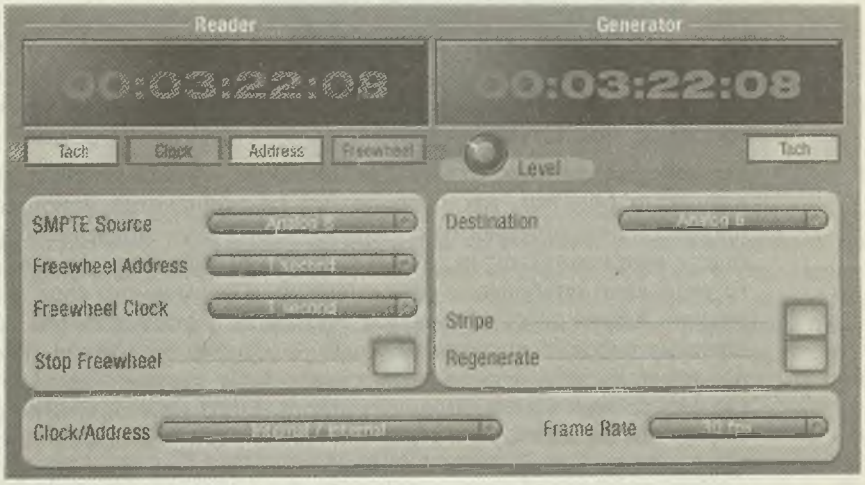


Рис. 12.12. *MOTU SMPTE Console — программное приложение, позволяющее с помощью компьютера считывать и генерировать сигнал временного кода SMPTE, используя для синхронизации аппаратуры устройство сопряжения, например 828 mkII и MOTU Traveler, с интерфейсом FireWire. Это дает возможность синхронизировать записывающие устройства не только в студийных, но и в полевых условиях, используя компьютер в качестве записывающего устройства, источника синхросигнала или одновременно в обоих качествах (фотография публикуется с любезного разрешения компании* MOTU, Inc.*)*

- **Кассетные записывающие устройства стандарта DAT.** Недостаток записывающих устройств стандарта DAT обусловлен типом носителя, на который осуществляется запись, в связи с чем перенос данных осуществляется медленнее. На рынке представлен широкий выбор надежной, высококачественной записывающей аппаратуры компаний *Sony* и *Tascam*; и стандарт DAT остается популярным форматом видеозаписи, используемым в профессиональной видеосъемке.

- **Оборудование компании *Nagra*.** Катушечные магнитофоны компании *Nagra* на протяжении десятилетий пользовались широчайшей популярностью у кинокомпаний, и это название стало нарицательным именем, означающим классический аналоговый магнитофон. Компания *Nagra Audio* по-прежнему выпускает высококачественные устройства записи на магнитную ленту, хотя теперь наряду с ними выпускается и аппаратура цифровой записи.
- **Записывающие устройства стандарта Pro Hard Disk.** Поскольку технология записи на магнитную ленту по скорости доступа к информации уступает технологии записи на жесткий диск, в современной аппаратуре звукозаписи, используемой в широковещании, для хранения записей часто используются жесткие диски, откуда данные могут быть перенесены на DVD или в компьютер, подключенный через интерфейс USB. Эти устройства записи отличают профессиональные уровни оснащения и характеристик, в частности входы сигнала временного кода, высокая частота дискретизации и надежное кодирование и перекодирование временного кода. Они хорошо подготовлены как для натурной записи, так и для студийной работы. В них обычно используется формат записи BWF (Broadcast Wave Format). В качестве портативной замены ноутбуку может использоваться рабочая станция цифровой записи одной из таких компаний, как, например, *Roland*, *Yamaha* и *Korg*.
- **Устройства записи стандарта MiniDisc.** Записывающую аппаратуру стандарта MiniDisc, как правило, не рекомендуется использовать для профессиональной работы со звуком, поскольку стандартный формат MD предусматривает сжатие данных с потерями информации, вследствие чего возникают проблемы с использованием временного кода и синхронизацией. Кроме того, аппаратуру звукозаписи стандарта MD приходится синхронизировать вручную, поскольку в устройствах записи стандарта MD потребительского класса отсутствует вход сигнала временного кода (запись данных в аппаратуре стандарта Hi-MD компании *Sony* осуществляется без сжатия в формате LPCM (Linear PCM), который лежит в основе форматов Broadcast Wave и Microsoft WAV; этот стандарт лучше подходит для записи, хотя может потребоваться вручную выполнить повторную дискретизацию на частоте 48 кГц).
- **Полупрофессиональная аппаратура записи и аппаратура записи с твердотельной памятью.** Благодаря резкому снижению цен на запоминающие устройства типа CompactFlash растет популярность устройств записи с твердотельной памятью. Убедитесь, что используемое вами устройство поддерживает режим записи цифрового звука без сжатия на частоте дискретизации 48 кГц, и будьте готовы к тому, что вам придется вручную вносить в запись метки привязки по времени, потому что вход сигнала временного кода в таких устройствах — редкость (в числе таких исключений — записывающее устройство Fostex FR-2 CompactFlash, показанное на **рис. 12.13**, и Tascam HD-P2).

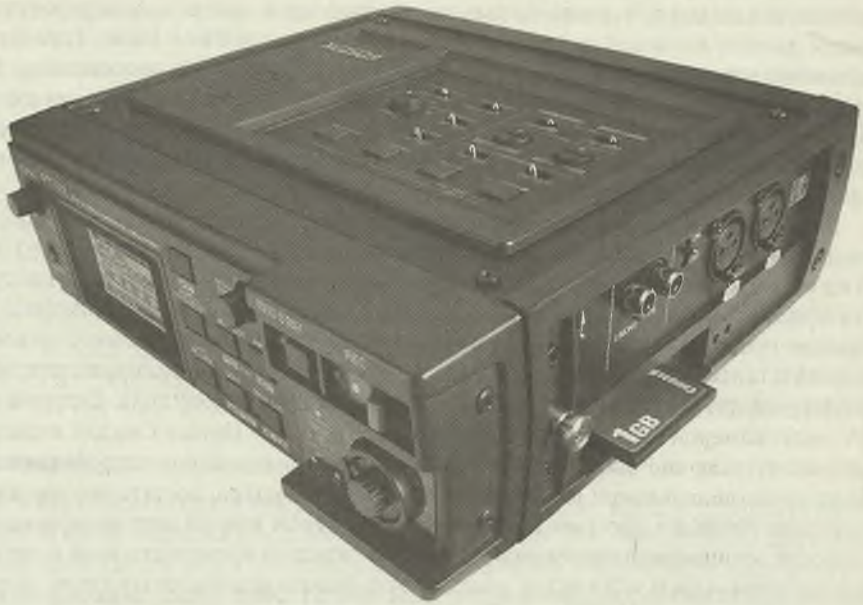


Рис. 12.13. *В былые годы единственным носителем, пригодным для записи в полевых условиях, была магнитная лента (она использовалась как в аналоговой, так и в цифровой аппаратуре записи), но сейчас все более широкое распространение получают записывающие устройства с твердотельной памятью. Устройство Fostex FR-2 способно записывать цифровой звук с высокой частотой дискретизации (до 192 кГц) на карточки памяти CompactFlash в файловом формате BWF и при дооснащении платой синхронизации — считывать и генерировать сигнал временного кода SMPTE. В упрощенных, более дешевых бытовых устройствах записи возможность синхронизации не предусматривается, но и в них запись осуществляется на доступные по цене, тонкие CF-карточки памяти (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Fostex Corporation*)*

Захват видео- и аудиоданных

Итак, у нас есть видеозапись на DV-кассете, компьютер и ПО видеомонтажа, вся информация записана в цифровом виде. Так что — работа на этом закончена? Не совсем: поскольку в видеокамерах стандарта DV (и цифровых видеокамерах стандарта HD) запись съемки осуществляется на магнитную ленту, необходимо еще осуществить захват данных с ленты на жесткий диск в режиме реального времени. Подключаем компьютер к видеокамере или видеомагнитофону (чаще всего подключение осуществляется по интерфейсу FireWire), воспроизводим запись с нормальной скоростью и переписываем видеосигнал с выхода воспроизводящей аппаратуры на жесткий диск компьютера. Перед выполнением этой операции необходимо убедиться в том, что программа захвата данных способна сохранить в переносимой на жесткий диск информации (наряду с видео- и/или аудиоданными) информацию, используемую для синхронизации данных, и в информации, записываемой на жесткий диск, сохранен временной код, записанный во время съемки.

В операции захвата данных участвуют три элемента: устройство воспроизведения данных, записанных в процессе съемки, компьютер и программа видеомонтажа. Источником данных является кассетный видеомагнитофон (VTR — Video Tape Recorder); эту роль выполняет либо сама DV-камера, либо специальный DV-видеоплейер. При захвате данных, записанных в стандарте DV, компьютер подключается к кассетному видеомагнитофону простым кабелем FireWire. Щелкаем мышью на кнопке Record панели программы видеомонтажа, и вся информация, записанная на видеокассете, переносится в файл на жестком диске.

Device Control — это протокол, используемый для дистанционного управления видеоплейером или видеокамерой (выполнения команд Пуск (start), Стоп (stop) и других команд управления режимом работы записывающего устройства), позволяющий осуществлять захват видео- и аудиоданных из памяти записывающего устройства и записывать отредактированные данные обратно в его память. Протокол Device Control необходим для синхронизации, поскольку обеспечивает перенос с записывающего устройства в компьютер, наряду с аудио- и видеоинформацией, и временного кода. Если вы пользуетесь DV-видеокамерой или видеомагнитофоном, протокол Device Control вызывается автоматически (plug-and-play), даже если это дешевая видеокамера потребительского класса. Подключив видеокамеру к разъему FireWire компьютера, достаточно щелкнуть мышью на кнопке Record в программе видеомонтажа, чтобы камера автоматически включилась в режиме воспроизведения записи и началась передача временного кода в программу (для профессионального устройства записи звука можно использовать также последовательный порт стандарта RS-232 или RS-422 записывающего устройства, соединив его с компьютером через специальный адаптер или вход профессиональной карты захвата видео-/аудиоданных).

Для сохранения данных синхронизации необходим инструмент, способный справиться с этой задачей. Приложения начального уровня, такие как Apple iMovie, Adobe Premiere LE и Microsoft Windows Movie Maker, могут записывать видеоинформацию с DV-видеокамеры и других устройств, но они, как правило, не поддерживают захват временного кода синхронизации данных. Даже в полной версии Adobe Premiere для поддержки протокола Device Control требуется подключаемый модуль стороннего разработчика. К счастью, такие программы, как Sony Vegas, Apple Final Cut Express и Final Cut Pro, а также серия приложений компании *Avid* поддерживают протокол Device Control и синхронизацию данных. Можно воспользоваться также специализированными инструментами захвата, регистрации и пакетной обработки данных, например CatDV компании *Squarebox* (`www.squarebox.co.uk`).

Используя функцию захвата в любом из этих приложений, вы запишете видео- и аудиоинформацию в файл на жестком диске и импортируете ее (наряду с другой метаинформацией) в видеопроект. Помимо сохранения временного кода, инструменты захвата данных выполняют и другие необходимые операции. Они регистрируют записанную информацию, что дает возможность сохранить информацию о том, с какой видеокамеры или видеомагнитофона поступила данная информация, когда она была снята и какого рода эта информация; для домашнего кино это, по-видимому, не столь важно, а вот для профессиональных полнометражных фильмов это очень полезная вещь. (В регистрационных данных, помимо другой информации, например комментариев, записывается номер "части". Хотя словом "часть" (reel) принято обозначать бобину пленки, в данном случае оно означает данные отдельных съемок, полученные с одной и той же видеопленки.) В программе видеомонтажа предусмотрена также возможность упорядочения информации, базирующейся на взаимосвязи данных (например, аудио- и видеоданных, за-

писанных во время съемки одновременно несколькими камерами, несколькими записывающими устройствами), на тематике данных или какой-то иной системе классификации данных, заданной пользователем.

Импорт аудиоданных осуществляется обычно еще проще. Для переноса данных аудиозаписи вместе со встроенным в нее временным кодом в файлы стандарта Broadcast Wave вы можете подключить цифровое записывающее устройство стандарта BWF к USB-порту компьютера, мышью перетащить файлы на свой жесткий диск и затем импортировать их в рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW) или в звуковой редактор, поддерживающий стандарт BW, или непосредственно в программу видеомонтажа.

Что касается других форматов, например WAV-файлов, их также можно перетаскивать мышью, хотя информация о временном коде не будет сохранена, потому что она отсутствует в файле; отсчет времени с начала файла во всех случаях начинается с 0:00:00. Аудио- и видеоданные, захват которых осуществлен без временного кода, либо импортируются в том виде, в каком они есть, либо дублируются на DV-магнитофоне для добавления временного кода. В любом случае синхронизировать эти данные придется вручную.

Синхронизация

При комбинированном (т.е. с помощью отдельных записывающих устройств) способе записи аудио- и видеоинформации завершающая операция — синхронизация двух записей. Для слияния видеозаписи с звуковым сопровождением в программе видеомонтажа предназначена функция merge (**рис. 12.14**). Если во всех записях дубля сохранен один и тот же временной код, это можно будет сделать автоматически. В противном случае используется один из следующих методов синхронизации данных вручную.

- **Синхронизация по хлопку "хлопушки".** Если в начале или конце съемки записан хлопок "хлопушки", можно синхронизировать записи по нему. Если хлопок записан в начале, отмечаем начало записи; если хлопок записан в конце — отмечаем конец записи. Пусть, например, хлопок записан в начале. Чтобы найти этот момент в звукозаписи, "прочесываем" ее до тех пор, пока курсор текущей точки воспроизведения окажется точно на позиции звука хлопка, и помечаем эту точку как точку начала аудиозаписи. Чтобы найти этот момент в видеозаписи, медленно прокручиваем ее до тех пор, пока не дойдем до кадра, в котором "шлагбаум", опускаемый на "хлопушку", уже соприкасается с ней, и помечаем эту точку как точку начала видеозаписи. Затем объединяем эти записи, привязав друг к другу точки их начала (этот метод используется также в том случае, если в качестве грубой замены "хлопушки" используется хлопок руками).
- **Синхронизация по сигналу "2-beep".** Вы можете либо совместить записи визуально, по графическому изображению этого сигнала, либо найти в каждой аудиозаписи его точную позицию и пометить это место меткой. Затем в звуковом редакторе задайте режим совмещения перетаскиваемых мышью сегментов записи по этим меткам.
- **Синхронизация по идентичному временному коду.** Программа видеомонтажа, которую вы используете, должна уметь выбирать данные временного кода в группе записей для их объединения по идентичному временному коду. Но и в этом случае необходимо проверять совмещение записей по сигналу "2-beep" и/или по хлопкам "хлопушки" в начале и конце записи, чтобы быть уверенным в правильной синхронизации записей.

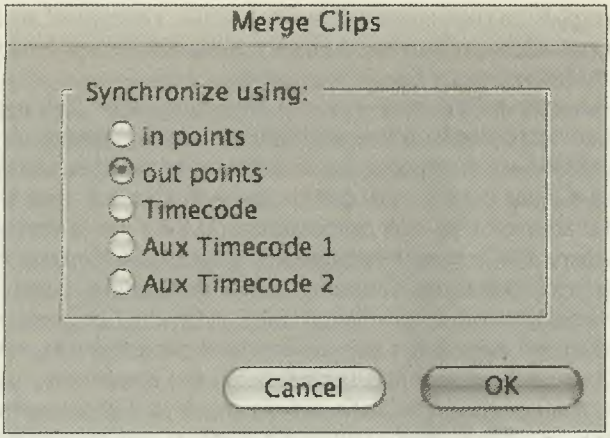


Рис. 12.14. *Для синхронизации видео- и аудиозаписи совмещаются по точкам привязки по времени. Для этого, например, в программе Final Cut Pro выбираем аудио- и видеозапись съемки и выполняем команду Modify⇨Merge Clips*

- **При полном отсутствии данных синхронизации записи синхронизируют вручную.** Это самый сложный случай. В такой ситуации приходится вручную совмещать аудио- и видеозаписи, используя для этого функцию nudge (толчок). Начинаем с того, что находим отчетливо выделяющийся момент в обеих записях: ищем любой яркий момент — отчетливую смену кадра, начало или окончание записи, которое легко идентифицировать визуально или на слух по графическому отображению аудиозаписи в окне развертки по времени (timeline), — т.е. любую точку привязки в аудио и видеозаписи. Затем, совместив записи в этой точке, прогоняем их, секунда за секундой, кадр за кадром, внося при необходимости коррекции, до максимально точной синхронизации по времени изображения и звукового сопровождения (во многих приложениях предусмотрена возможность коррекции даже на субкадровом уровне).

А так ли уж необходим временной код для синхронизации звука и видео? Если коротко, то — нет. На самом деле во многих случаях видео- и аудиозапись во время съемки не только любительских, но и коммерческих фильмов осуществляется без регистрации временного кода. Причина этого в том, что многие записывающие устройства просто не регистрируют данные синхронизации. Но даже если не принимать в расчет технические детали, те, кто снимают фильмы, не очень озабочены автоматической синхронизацией аудио- и видеоданных съемки. Следующий самый лучший вариант — использовать "хлопушку" (в крайнем случае — хлопок руками в начале и конце съемки). Если в аудио- и видеозаписи нет этих точек привязки, то остается одно — подгонка аудиозаписи звукового сопровождения к видеозаписи вручную до тех пор, пока они не совместятся точно. Это более трудоемкий процесс, но после того как звук и изображение совпадут по времени, работу можно считать законченной, при условии, что отсутствует дрейф скорости записи аудио- и видеоданных друг относительно друга.

Синхронизация диалога

Музыкальное оформление видеозаписи — это художественное объединение эпизода видеозаписи с музыкальным отрывком. Озвучивание диалогов — это, как правило, многократная запись дублей и изматывающая работа актеров. Часто из-за высокого уровня помех и по техническим причинам невозможно получить чистую запись звука непосредственно в процессе съемки. Процесс озвучивания диалогов отснятых видеозаписей называется автоматической заменой диалогов (ADR — Automated Dialog Replacement). (Аббревиатуру "ADR" иногда расшифровывают иначе — "Additional Dialog Recording" (дополнительная запись диалогов), и это точнее отражает сущность процесса, поскольку никакой особой автоматизации в этом процессе не существует.) При озвучивании диалогов, например при дублировании фильма, самая сложная проблема — добиться точного совпадения звука с изображением, особенно в том случае, когда лица актеров сняты крупным планом и отчетливо видны движения губ. Несинхронность изображения и звукового сопровождения в этом случае приведет к тому, что ваш видеофильм станет похожим на дешевую пиратскую копию дублированного гонконгского боевика.

Озвучивание диалогов очень легко осуществляется в любом редакторе звука, поддерживающем воспроизведение видеозаписи в режиме многократной записи дублей диалога (**рис. 12.15**). Компьютерная программа копирует процесс, который уже десятилетия используется на киностудиях: раз за разом прокручивая видеозапись, записываем несколько дублей в исполнении актеров озвучивания. После этого выбираем из них наиболее подходящий к изображению. Многократная запись дублей — удобная вещь по двум причинам: во-первых, у актеров больше возможностей настроиться для работы в такт с изображениями, во-вторых, после нескольких дублей они уже не сбиваются, вспоминая слова диалога.

Поскольку запись звука осуществляется, как правило, в файл цифровой видеозаписи на компьютере, вы можете затем экспортировать видеоклип с переписанным звуковым сопровождением, синхронным с изображением.

***Рис. 12.15**. Не удается совместить дикторский текст или диалог с озвучиваемым изображением с первого раза? Используйте режим записи дублей до тех пор, пока не получите то, что нужно. Например, в программе Soundtrack Pro предусмотрена возможность автоматической многократной записи дублей озвучивания с "прокруткой" озвучиваемого файла видеозаписи в процессе записи*

Источники информации для углубленного изучения темы

Озвучивание видеозаписей и фильмов — это отдельная дисциплина. Ниже приведены ссылки лишь на некоторые источники информации по этой теме и/или общей теме создания видео- и кинопродукции.

Real World Digital Video, second edition (Peachpit Press, 2004). Общий справочник по производству видеофильмов с подробным изложением вопросов озвучивания видеозаписей (*Реальный мир цифрового видео, 2-е изд.* Пер. с англ., ИД "Вильямс", 2005 г)

Sound for Film и Television; Sound for Digital Video (Focal Press, 2001). Сборник оригинальных работ по озвучиванию кинофильмов Томлинсона Холмана (Tomlinson Holman), автора звука к фильму "THX" и ветерана киноиндустрии, участвовавшего в создании таких фильмов, как "Звездные войны" ("Star Wars") и "Индиана Джонс" ("Indiana Jones").

The Reel World: Scoring for Pictures (Backbeat Books, 2000). Композитор, участвовавший в создании фильмов "Chicago Hope" и "Homicide", раскрывает секреты создания музыки к кино-, видео- и телевизионным фильмам; полезную информацию вы также найдете на Web-сайте Джефа Роны (Jeff Rona) (`www.jeffrona.com`).

From Score to Screen: Sequencers, Scores, и Second Thoughts: The New Film Scoring Process (Schirmer Books, 2004). Сони Компанек (Sonny Kompanek), композитор и преподаватель Нью-Йоркского университета, описывает обновление традиционных методик сочинения и нотной записи с учетом новых цифровых технологий.

Множество ссылок имеется в Интернете, в частности — парочка хороших источников информации по практическим вопросам, Web-журнал *HD for Indies* (`www.hdforindies.com`), охватывающий широкий круг вопросов видеозаписи стандарта HD при разумных затратах, и статьи на Web-сайте DV Info (`www.dvinfo.net`).

ГЛАВА 13

Компьютерные аудиотехнологии на сцене

Компьютерные аудиотехнологии открывают новые, ранее недоступные возможности для исполнителей. Но для динамичного спонтанного исполнения, как это ни парадоксально, требуется серьезнейшая подготовка, и только художественный вкус способен подсказать, что необходимо для того, чтобы хорошее с профессиональной точки зрения исполнение превратилось в неповторимое. С учетом разнообразия применений компьютерных технологий, от ди-джеинга до сольного выступления под компьютерный аккомпанемент, использование компьютерных аудиотехнологий вне студии представляет собой многогранную проблему.

Ключевые вопросы

"Живое" исполнение

Мы рассмотрим широкий круг тем

- Варианты использования программных синтезаторов в "живом" выступлении, включая переход с одного звучания на другое, игру одновременно на нескольких инструментах и исполнение MIDI-образцов
- Управление в режиме реального времени "живым" звуком и эффектами
- Синхронизация ритма работы нескольких программных приложений, компьютеров и внешнего оборудования
- Манипулирование аранжировкой в процессе выступления — от простого запуска дорожек аккомпанемента до искусного комбинирования аудиообразцов, сэмплов и MIDI-клипов
- Запись и манипулирование сэмплами в режиме реального времени
- Компьютерный ди-джеинг; использование служебного канала для прослушивания через наушники режиссерских реплик (cue)
- Использование проигрывателя грампластинок для реализации эффекта "царапания" и управления программно-аппаратным комплексом по ходу выступления
- Самостоятельное создание программ на программных платформах модульной архитектуры

Ключевые термины

- Клип и одиночный сэмпл
- Кроссфедер и сэгуэ
- Режиссерская реплика и привязка к доле такта
- Распределенная обработка данных
- "Кабельные" интерфейсы (patcher interface)

С чего начать

Познакомьтесь на практике с базовыми приложениями для подключения программных синтезаторов и поиграйте на них, освойтесь с настройками программ, чтобы легко находить необходимые варианты звучания и регуляторы. Поэкспериментируйте с приложением Ableton Live, записанным на DVD, выполняя в режиме реального времени аранжировку исполнения и ди-джеинг. Набравшись опыта, переходите к более сложным проектам с использованием приложений Max, Pd и Reaktor.

Цифровые аудиотехнологии в сценическом выступлении

Чем шире используются компьютеры в сценическом творчестве, тем многограннее становятся варианты их использования. Компьютерные музыканты выходят за пределы привычных технологий. Музыканты, играющие на клавишных электронных инструментах, используют программные синтезаторы, гитаристы используют компьютеры в качестве процессоров эффектов, ди-джеи используют реальные пластинки для того, чтобы внести в цифровую звукозапись натуральный эффект треска грамзаписи, а барабанщики с помощью барабанных подушек задают ритм воспроизведения заранее записанного аккомпанемента. В числе других возможностей имеются следующие.

- Запись аудиообразцов звучания инструментов и голосов и манипулирование голосами в полифонической фактуре, сложенной из циклически повторяемых аудиообразцов (loop)
- Создание импровизированных, непривычных звуковых образов путем неестественного комбинирования сэмплов
- Сборка заказных программных комплексов для создания звуков, микширования ритмов и генерирования музыкальных сюжетов
- Театральная режиссура (с использованием звука, музыки и даже видео и света)
- Манипулирование визуальными эффектами под аккомпанемент музыки (видеоджеинг)
- Использование датчиков и самодельных физических контроллеров для создания интерактивной музыки

Вас может удивить то, что между компьютерными исполнителями — рок-гитаристами, ди-джеями и композиторами-футуристами — невзирая на огромное внешнее различие так много общего.

Главная проблема, с которой сталкиваются все компьютерные исполнители, — адаптация к сценическим условиям программного и аппаратного оснащения, рассчитанного, главным образом, на работу в студийных условиях. Для этого требуется подготовить наглядные экранные настройки и удобные аппаратные органы регулировки, чтобы все необходимое находилось в поле зрения, прямо под руками (и ногами), и его не приходилось искать.

Некоторые инструменты вполне подходят для сценических условий. Программа Ableton Live пользуется популярностью у музыкантов разных жанров, потому что она выполняет функции, присущие рабочим станциям цифровой звукозаписи (DAW) и сэмплерам в режиме реального времени и отличается удобным интерфейсом, позволяющим управлять ею во время выступления. Для тех, кто не жалеет времени на создание авторских сценических инструментов, программные средства модульной архитектуры, например Max/MSP компании *Cycling '74* (`www.cyclmg74.com`), Pure Data (`www.puredata.info`) и Reaktor компании *Native Instruments* (`www.native-instruments.com`), помогут адаптировать компьютер практически к любым потребностям, и для этого не придется писать ни единой строки настоящей программы. Многие исполнители используют также одинаковые музыкальные приемы. Одними из пионеров манипулирования звуком в "живом" исполнении были ди-джеи, и некоторые из придуманных ими приемов перекочевали в разные музыкальные жанры.

Фундаментом всех этих исполнительских техник являются конкретные применения технологий, с которыми вы уже познакомились. MIDI-технология по-прежнему остается самым совершенным способом превращения физических манипуляторов в органы управления программными инструментами. Возможность управления настройками программных инструментов с помощью физических регуляторов обеспечила превращение компьютера в музыкальный инструмент, пусть даже это всего лишь виртуозное исполнение музыки на компьютерной клавиатуре. А базисные методы синхронизации, используемые многими исполнителями, являются ключом к достижению сыгранности виртуальных и реальных исполнителей.

Подключения: что нужно иметь при себе

Те, кому доводилось колесить с концертами по городам и весям, на себе испытали, насколько разнообразен парк усилительного и акустического оборудования, с которым артистам приходится иметь дело. Но не все так беспросветно, и ниже описан ряд мер, которые следует предпринять, чтобы быть готовым к любому повороту сюжета.

Широкий ассортимент сигнальных кабелей. Вооружившись набором кабелей и переходников, вы гарантированно будете готовы подключиться к любой аппаратуре, которая вам попадется.

Надежные силовые кабели и разветвители. Это гарантирует, что вы не создадите паразитный контур заземления, и позволит отказаться от использования подручной, ненадежной силовой проводки.

Симметричные выходы. Старайтесь использовать устройства сопряжения только с симметричными выходами. Можно также подключить аудиовыходы к блоку DI (direct injection) для симметрирования аудиовыхода.

Многоканальность. Многоканальное устройство сопряжения поможет запитать фронтальные акустические системы, концертные усилители (соло- и бас-гитары, клавишные электромузыкальные инструменты) и дополнительные акустические системы, если таковые окажутся, и поможет самостоятельно управлять микшером.

Стоит подумать о портативном микшере. Если вы имеете при себе микшер, это упрощает разводку кабелей; наряду со стационарными микшерами выпускается множество портативных моделей — такие компании, как *Alesis* и *Mackie/Tapco*, предлагают портативные микшеры, совмещенные с устройством сопряжения. А устройства сопряжения, например 8-канальный MOTU Traveler и 4-канальный Lexicon Omega, одновременно являются полноценными микшерами.

Если вы хотите иметь запись своего выступления, возможно, стоит приобрести портативное записывающее устройство. В дополнение к устройству записи без потерь HD MiniDisc стоит подумать о приобретении устройств записи на карту CompactFlash, например Edirol R-1 или M-Audio MicroTrack. Эти устройства оснащены хорошими микрофонными входами, линейными входами и (это относится к MicroTrack) цифровыми входами, а сменные носители, на которые ведется запись, становятся по цене все доступнее. Если вам нужно записывать всего лишь сигнал с линейного выхода микшера, Gemini iKey (`www.geminidj.com`) позволит подключить по интерфейсу USB 2 флэш-накопитель, внешний жесткий диск или оснащенный жестким диском музыкальный плейер для записи сигнала с линейного выхода и управлять всеми регуляторами режима записи. (Во многих комбинированных устройствах для диджеинга, объединяющих в своем составе микшер и устройство сопряжения, предусмотрена возможность двунаправленной записи, так что вы можете записать свое выступление или номер ди-джея).
Обидно, что в большинстве цифровых аудиоплейеров, таких как iPod компании *Apple*, не предусмотрен линейный вход для высококачественной записи. Плейер iPod можно "доработать", улучшив качество его записи через мини-джек, но для этого необходимо инсталлировать iPodLinux (`www.ipodlinux.org`). Если вы решите вести запись в формате MP3 или WMA (эти форматы — как раз то, что нужно, если вы хотите сразу же, не затягивая, обнародовать свое выступление на Web-сайте), то для этой цели подходят некоторые плейеры, оснащенные линейным входом, например устройства таких компаний, как *iRiver* (`www.iriver.com`), *Creative Labs* (`www.creative.com`) и *Cowon* (`www.iaudio.com`).

Если вы используете такие программы, как Ableton Live и Propellerhead Reason, которые удобны для записи MIDI-данных и оперативных регулировок, перед началом своего выступления не забудьте нажать кнопку Record. Поскольку в большинстве случаев речь идет о записи не аудиосигнала, требования к системным ресурсам и емкости жесткого диска не очень строги.

Процесс подготовки к выступлению начинается с ряда концептуальных вопросов. Чем вам нужно непременно управлять самостоятельно, а что вы хотите поручить компьютеру (операции, на которые у вас просто не хватает ни рук, ни ног)? Что касается элементов, которыми вам нужно управлять самостоятельно, какой интерфейс лучше всего подходит для того, чтобы ваше выступление было живым и впечатляющим?

Инструменты для "живого" исполнения

Возможность взять с собой на сцену ноутбук очень притягательна, ведь это позволяет использовать для игры ваш набор программных синтезаторов. Компьютерная или MIDI-клавиатура, или любой другой MIDI-инструмент, подключенный к компьютеру, является вполне реальной заменой или дополнением аппаратных синтезаторов и инструментов.

Немного потренировавшись, вы сможете с их помощью легко вызывать широкий арсенал звуков, а также манипулировать им. Все, что вам понадобится, — быстродействующий аудиоинтерфейс для компьютера и сопряжение компьютера с MIDI-инструментом (например, это может быть MIDI-инструмент, оснащенный USB-выходом).

Манипулирование звуками

Самая необходимое на сцене — это, по-видимому, возможность легко воспроизводить разные звуки. В случае использования единственного программного синтезатора это означает возможность переключать патчи. Если используемый вами программный синтезатор допускает возможность создания нескольких папок патчей, стоит скопировать патчи, которые вы намерены использовать (или коллекцию излюбленных патчей) в отдельную папку, чтобы было удобнее работать с ними. Чтобы избавиться от необходимости щелкать мышью, назначьте команду next patch или next program какому-нибудь MIDI-параметру. Например, в программе Propellerhead Reason, команды смены патчей next (следующий) и previous (предыдущий) могут быть назначены MIDI-регуляторам, что дает возможность легко "перескакивать" с одного патча на другой с помощью MIDI-кнопок (**рис. 13.1**). В программе Reason 3 и последующих версиях нужно присвоить эти кнопки папке Combinator-патчей, так как в этом модуле сможет быть собрана любая комбинация устройств Reason.

В случае использования нескольких инструментов зачастую удобнее отвести каждому из них отдельный MIDI-канал. Большинство базовых приложений использует ресурсы процессора только во время формирования подключаемым модулем сигнала, что дает возможность выбирать, на каком инструменте играть, путем разблокирования соответствующего канала или путем изменения канала передачи на звукорежиссерском пульте. Например, звук пианино можно пустить по первому каналу, а звук органа — по второму. В программе In Ableton Live можно переключаться с одного звука на другой с помощью клавиатуры или ножной педали, назначив им команды включения режима записи для соответствующих дорожек. Те, кто используют в качестве базового приложения Steinberg Cubase, могут использовать для переключения клавиши компьютерной клавиатуры <↑> и <↓>. В других программах может потребоваться немного поработать мышью.

Рис. 13.1. *Назначьте органу управления MIDI-инструмента команду смены программы, и вы сможете менять патчи в своем программном синтезаторе без помощи мыши или компьютерной клавиатуры. В программе Reason команды смены программ в прямом и обратном направлениях в стандартной конфигурации присвоены клавиатурам, поддерживающим связной протокол Reason Remote communications protocol, но ничто не мешает изменить эту настройку, перейдя в соответствующее меню настроек (для этого выберите Options⇨Remote Override Edit Mode). Если вы используете программу Reason 3 или одну из ее последующих версий, соберите все свои патчи с помощью Combinator, чтобы получить возможность легко управлять такими функциями, как разделение (split), наслоение (layer) и назначение манипуляторам MIDI-команд в любом из встроенных синтезаторов в Reason*

Раскладка MIDI-клавиш по компьютерной (QWERTY) клавиатуре. Как быть, если для команд управления программными инструментами, без которых невозможно обойтись во время выступления, предусмотрен только один вариант — комбинации клавиш быстрого вызова — и назначение команд MIDI-сообщениям невозможно? Если вы работаете на Mac-компьютере, используйте MIDI-регуляторы для вызова этих комбинаций клавиш (и даже макрокоманд AppleScripts) с помощью утилиты MidiPipe (`http://homepage.mac.com/nicowald/SubtleSoft`). Пользователи PC-компьютеров могут задавать расширенные варианты соответствия поступающих MIDI-сообщений комбинациям клавиш компьютерной клавиатуры, используя утилиту Borne MIDI Translator (это так называемая "открыточная" программа, за которую разработчик просит символическую плату — 20 евро), показанную на **рис. 13.2** (`www.bome.com`).

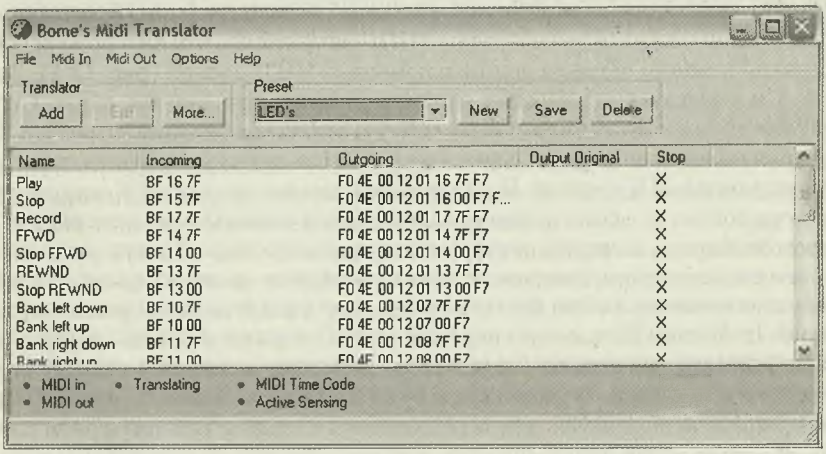


Рис. 13.2. *Программа Borne MIDI Translator для Windows дает возможность задавать варианты соответствия поступающих MIDI-сообщений другим MIDI-сообщениям или комбинациям клавиш компьютерной клавиатуры. Она может быть использована в качестве своего рода "моста" между аппаратными и программными инструментами, для которых не предусмотрено каких-либо иных вариантов взаимодействия*

Если ваша клавиатура выполняет две обязанности одновременно — самостоятельного музыкального инструмента, формирующего звуки, и инструмента управления звуками, генерируемыми компьютерным программным синтезатором, — вы можете свободно переходить из одного режима в другой с помощью аппаратного микшера или, если выход аппаратного синтезатора "подключен" к программе, с помощью микшера рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW). Таким образом, вы можете делать это с помощью регулятора микшера, вместо того чтобы копаться в меню программного синтезатора. (Заметим, что при микшировании выходного сигнала аппаратного синтезатора с помощью программного микшера не исключена проблема задержки передачи сигнала с входа на выход. Этого можно избежать, если выбирать синтезаторы, в которых для ввода аудиоданных используются низколатентные драйверы, такие, например, как Novation X-Station и Access Virus TI.)

Для манипулирования "голосами" звучания аппаратного синтезатора вы будете использовать, в основном, его встроенные регуляторы для выбора необходимых программ работы. Но если для ускорения перехода с программы на программу или для автоматической смены программ в процессе выступления вы хотите использовать автоматизированное программное управление, можете сохранить команды смены программ синтезатора в компьютерной программе и подавать их с компьютера клавиатуре по ходу музыки. В программе Ableton Live, например, вы можете назначить каждому MIDI-клипу соответствующий выбор программы: для этого дважды щелкните мышью на MIDI-клипе, затем в окне Note Box выберите необходимую группу и подгруппу программ звука и номера программ для этого клипа (о MIDI-сообщениях `bank select` подробно рассказано в разделе "Программы звука и группы программ звука" главы 8). В программе Ableton Live номер группы соответствует в MIDI-сообщении `bank select` байту MSB (Most Significant Byte — самый старший байт), а номер подгруппы — байту LSB (Least Significant Byte — самый младший байт). Вы можете "пулей" посылать MIDI-команды, задающие необходимые номера программ, во внешний синтезатор. В приложении Cakewalk Project5 вы можете сделать то же самое, щелкнув мышью на любой MIDI-дорожке (для каждой программы требуется отдельная MIDI-дорожка).

Игра одновременно на нескольких инструментах

Меняя программы, вы можете легко и быстро переходить с одного инструмента на другой. А что делать, если вы хотите играть одновременно на нескольких инструментах?

Один из вариантов — использовать несколько устройств ввода, назначив каждое из них разным синтезаторам. Например, можно собрать две-три клавиатуры в многоярусной стойке или использовать клавиатуру и барабанные подушки. В базовом приложении разложите разные подключаемые модули по разным дорожкам (или копии одного и того же подключаемого модуля, загружаемые в разных патчах) и сконфигурируйте каждую из них со своей клавиатурой (если клавиатуры подключены к разным MIDI-портам или по интерфейсу USB, выберите их по номеру порта; если же они подключены цепочкой (каскадное подключение) к общему MIDI-порту, присвойте им разные MIDI-каналы и присвойте соответствующим каналам разные дорожки).

Для игры одновременно на нескольких инструментах с помощью одной клавиатуры можно использовать функции разделения и наложения. Функция разделения (split) используется для разделения клавиатуры на группы клавиш, которым присваиваются разные "голоса", а функция наложения (layers) позволяет присваивать каждой ноте несколько разных звуков (о функциях разделения и наложения и их конфигурировании рассказано в главе 8). Существует несколько способов задания разделения и наложения (**рис. 13.3**).

- **Используя возможности клавиатуры.** В самой клавиатуре могут быть предусмотрены возможности использования функции разделения и другие настройки маршрутизации. В большинстве MIDI-клавиатур, за исключением простейших, самых дешевых моделей, предусмотрена настройка конфигурации, позволяющая назначить разные группы разным MIDI-каналам. Это, как правило, наилучший вариант для тех, кто хочет одновременно играть на аппаратных и программных синтезаторах.
- **Используя возможности программного синтезатора.** Если программный синтезатор поддерживает комбинированные патчи многоголосого звучания, вы можете настроить функции разделения и наложения в самом синтезаторе (приложение SampleTank FREE, записанное на прилагаемом к книге DVD, поддерживает комбинированные патчи; эти возможности продемонстрированы в записанных на диске учебных материалах).

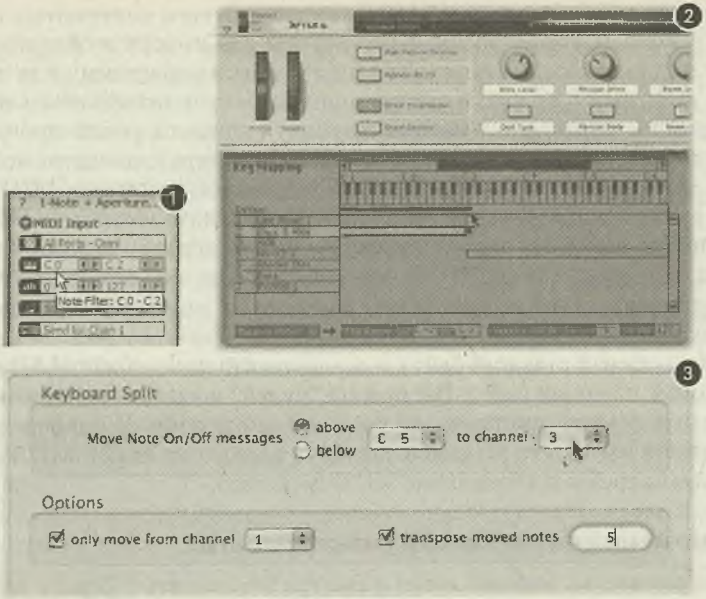


Рис. 13.3. *Технология отображения (mapping) клавиатурного поля на нотный ряд дает возможность играть на нескольких инструментах одновременно. В Cakewalk Project5 для настройки конфигурации достаточно щелкнуть мышью на инструменте, и можно задать порт, диапазон нот и даже параметр* `velocity`*. Благодаря этому Projects представляет собой идеальное базовое Windows-приложение для исполнителей (1). Устройство Combinator в приложении Reason позволяет, используя функцию разделения (split), объединить в одном инструменте "голоса" нескольких инструментов (2). Если имеющихся настроек ПО и клавиатур недостаточно, воспользуйтесь такими утилитами, как MidiPipe для ОС Mac (3) и MIDI-OX для ОС Windows*

- **Используя возможности базового приложения.** Во многих базовых приложениях имеются собственные функции разделения и наложения, работающие независимо от подключаемых модулей. Это позволяет назначить клавиатуре несколько подключаемых модулей одновременно. (Этот способ особенно подходит для базовых приложений, специально предназначенных для установки инструментальных подключаемых модулей, например V-STACK и Rax. В таких программных инструментах, как Environment в приложении Apple Logic Pro, Cakewalk Project5 и Combinator в приложении Reason 3, предусмотрены расширенные возможности конфигурирования функций наложения, разделения и других MIDI-опций.)
- **Используя дополнительные утилиты.** Если возможности используемого базового приложения недостаточны для реализации замысла, имеет смысл использовать дополнительные утилиты, например MIDI-OX (для Windows-компьютеров) и MIDI Pipe (для Mac-компьютеров); с их помощью вы сможете реализовать технологии разделения и наложения и разнообразные варианты маршрутизации.

Необходимые MIDI-утилиты. Если выбранное вами базовое приложение имеет ограниченные возможности MIDI-маршрутизации и обработки данных или не способно на то, чего вы от него хотите, вам понадобятся дополнительные утилиты для этой работы. Попробуйте предлагаемые за добровольную плату утилиты MidiPipe (`http://homepage.mac.com/nicowald/SubtleSoft`) для ОС Mac и MIDI-OX (`www.midiox.com`) для ОС Windows. Им под силу не только разделение клавиатуры для использования двух программных синтезаторов, но и сложные задачи (микротоны в MidiPipe и создание сценариев в MIDI-OX).

Базовые приложения для подключения программных синтезаторов

Если вы предпочитаете использовать подключаемые модули инструментов, а не программу, оснащенную встроенными инструментами, вам необходимо базовое приложение. Это может быть, например, ваша рабочая станция цифровой звукозаписи (DAW) или ПО, входящее в ее состав. Зачастую этот вариант обладает такими дополнительными достоинствами, как наличие штатных встроенных инструментов и эффектов наряду с возможностями использования ее для аранжировки и создания дорожек аккомпанемента.

Если же вам требуется всего парочка подключаемых модулей, то стоит выбрать более простое ПО, специально разработанное в качестве базового приложения. Это решение обладает массой потенциальных достоинств: ПО этой категории проще конфигурировать, оно дешевле и менее требовательно к системным ресурсам. Базовое приложение обладает также дополнительными возможностями. Наиболее полезные среди них следующие.

- **AU Lab (Mac OS X 10.4 и последующие версии; бесплатная).** Простая утилита тестирования компании *Apple*, предназначенная для разработчиков, имеет двойное назначение. Она представляет собой базовое приложение для подключаемых модулей стандарта Audio Unit, обладающее наудивление обширными возможностями, в числе которых — подключение через боковую цепь (side-chaining), настраиваемые канальные панели и группы программ звуков, MIDI-разделение, регуляторы темпа и сетевая маршрутизация. Инсталлируйте опциональную программу Xcode Tools со своего инсталляционного диска операционной системы; чтобы найти ее, выберите Developer⇨Applications⇨Audio⇨AU Lab.
- **Rax (Mac; `www.plasq.com`).** Программа Rax — простое и надежное базовое приложение для подключаемых модулей инструментов и эффектов стандарта Audio Unit и одновременно микшер. Она особенно хорошо справляется с назначением MIDI-инструментов для вызова управляющих команд, в том числе реализации функций наложения, разделения (клавиатура и параметр `velocity`) и освоения MIDI-технологии. Она дает возможность использовать механизм назначения MIDI-сообщений для тех подключаемых модулей, в которые поддержка такой функции изначально не заложена. Программа Rax поддерживает входные данные в формате аудио и оснащена встроенным ревербератором.
- **Steinberg V-STACK (Mac/Windows; `www.steinberg.de`).** Базовое приложение компании *Steinberg*, поддерживающее стандарты VST и ReWire. Это, если не вдаваться в подробности, канальная панель и средства маршрутизации инструментов Cubase, но без секвенсера (**рис. 13.4**). В нем предусмотрены возможности использования механизма посылки (send) для подключения эффектов, управления предустановками и функцией разделения (split) клавиатуры, сетевого взаимодействия

по интерфейсу System Link (в противовес своему названию эта программа поддерживает инструменты и эффекты стандарта DirectX на операционной платформе Windows, хотя не поддерживает стандарт подключаемых модулей AU на операционной платформе Mac).

Рис. 13.4. *Программа V-STACK компании* Steinberg *выполняет роль микшера и базового приложения для эффектов и инструментов (стандарта DirectX на платформе PC и стандарта VST на платформах PC и Mac). В качестве автономного приложения она выполняет роль своего рода рабочей станции цифровой звукозаписи (mini-DAW) в миниатюре, используемой исполнителями в качестве микшера и базового приложения для подключаемых модулей программных инструментов. Интерфейс System Link компании* Steinberg *предназначен для синхронизации работы нескольких связанных между собой компьютеров и обмена аудио- и MIDI-данными. Для ансамбля компьютерных исполнителей это незаменимая вещь*

В качестве базового приложения могут быть также использованы более изощренные утилиты, пополняя ваш арсенал функциональными возможностями модульной архитектуры для самостоятельного создания инструментов. Эти функциональные возможности могут оказаться невостребованными, если задача сводится к тому, чтобы подключить пару программных синтезаторов или эффектов; но если вы хотите "похимичить" с более сложными "замаскированными" операциями над MIDI- и аудиоданными, они могут оказаться для этого просто незаменимыми. В дополнение к таким вариантам выбора, как Max/MSP, Reaktor и Pd, особенно подходящими для таких целей, являются следующие утилиты.

- **Buzz** (Windows; бесплатная; `www.buzzmachines.com`). Buzz широко используется в качестве сценического инструментария, поскольку это бесплатная программа, разошедшаяся большим тиражом среди пользователей; соответственно, для нее имеется масса сэмплов. Она имеет двойное назначение — ко всему прочему это модульная платформа для реализации MIDI- и аудиоинструментов и одновременно синтезатор. Эту программу нелегко освоить, но награда за упорство — рас-

ширенные возможности разработки патчей "индивидуального покроя", которыми обладают программы высокого уровня, например Max/MSP, Pd и Reaktor.

- **Plogue Bidule** (Windows/Mac; `www.plogue.com`). Как и Buzz, программа Bidule представляет собой одновременно и систему обработки звука модульной структуры, и базовое приложение. Но, поскольку она поддерживает кроссплатформенные форматы подключаемых модулей VST и Mac AU, а также оба режима (slave и master) интерфейса ReWire и стандарт OSC (Open Sound Control — открытый стандарт управления звуком), эта программа также широко используется исполнителями в качестве базового приложения. Эта программа отличается также расширенными возможностями манипулирования MIDI- и аудиоданными; короче, это универсальный инструмент. Возможно, необходимости в манипулировании спектром аудиосигнала из подключаемого модуля пианино никогда и не возникнет, но, если это потребуется, программа Plogue Bidule справится.
- **Energy XT** (Windows; `www.xt-hq.com`). Energy XT — это своего рода "ассорти" возможностей. Модульный дизайн программы обеспечивает возможность использования функций разделения (split), наложения (layer) и каскадирования инструментов, но в ее арсенале есть и секвенсер, автоматический генератор аккордов, музыкальный редактор, отображающий нотную запись в виде развертки во времени (piano roll editor), и огибающие (envelope). Одни музыканты используют ее в качестве базового приложения или в качестве утилиты, расширяющей возможности имеющихся в их распоряжении средств; другие используют ее в качестве расширенной платформы, хотя по функциональным возможностям высокого уровня она уступает Plogue Bidule. Как и у остальных упомянутых нами программ, у Energy XT масса приверженцев.

Арпеджиаторы и генераторы MIDI-трафаретов

Приложения, базирующиеся на использовании MIDI-образцов (pattern), и арпеджиаторы дают возможность "исполнять" сложные ритмические фразы, которые обычным способом сложно, а то и вовсе невозможно, сыграть. Их можно использовать для реализации эффектов ритмического "скольжения" высоты тона или управления эффектами и другими параметрами в синтезаторах.

Арпеджиаторы

Арпеджиатор — это специальный MIDI-процессор эффектов, автоматически превращающий исполняемую MIDI-ноту в последовательность нот. По музыкальной терминологии арпеджио — это исполнение нот аккорда не слитно, а последовательно, нота за нотой, в прямом или обратном по тональности направлении (другое название — "broken chord" ("ломаный аккорд"); "бренчанье" струнами на арфе или гитаре — это быстрое арпеджио. В простейшем варианте, когда вы одновременно нажимаете несколько клавиш на клавиатуре, исполняя аккорд, арпеджиатор играет ноты одну за другой.

Арпеджиатор, в зависимости от его функциональных возможностей, можно использовать для реализации более ярких ритмических эффектов. Разнообразные варианты или "стили" арпеджио используются для реализации различных эффектов, например проигрывания аккорда поочередно в прямом и обратном порядке. Некоторые арпеджиаторы обеспечивают возможность исполнения заранее записанных полифонических

MIDI-фраз. Путем коррекции тактовой длительности MIDI-фразы или использования синхронизируемого к темпу исполнения арпеджиатора можно создавать неповторимые, особые ритмические эффекты.

Существуют арпеджиаторы, способные автоматически генерировать аккорды, а также последовательности MIDI-нот. Хотя на самом деле это "арпеджио наоборот", но термин "арпеджио" привычно используют для обозначения любого программного эффекта, заключающегося в добавлении к исполняемой ноте других нот. Некоторые арпеджиаторы представляют собой, скорее, "интерактивные генераторы MIDI-трафаретов", поскольку они способны по задаваемому тону генерировать разнообразные последовательности тонов — трафареты ("pattern" — "шаблон", "трафарет", "паттерн"). Одни и те же варианты арпеджио могут "приесться", но с помощью полнофункционального арпеджиатора или секвенсера MIDI-трафаретов можно создавать музыкальные фразы, которые сыграть обычным способом просто невозможно.

Хотя чаще всего арпеджиатор используется вместе с тональным программным синтезатором, можно использовать выходной MIDI-сигнал арпеджиатора для параметрической модуляции любого инструмента или процессора эффекта. Например, можно направить выходной MIDI-сигнал в дорожку барабана, чтобы "взбаламутить" ритмический рисунок партии ударных инструментов или создать эффект эха. Можно даже обрабатывать арпеджиатором MIDI-команды клавиатуры для модуляции параметра автоматического управления эффектом, управляемым с клавиатуры, например фильтром.

Сами параметры арпеджиатора можно использовать в качестве сценических инструментов. Эффект едва-едва заметен, но вы можете использовать такие параметры, как `step length` (длительность ноты в арпеджио) и `speed` (скорость), назначив им кнопки или регуляторы, для выделения MIDI-фраз арпеджиатора, изменяя характер арпеджио в процессе выступления.

Генератор MIDI-трафаретов на свой вкус

Если вам не нравятся стандартные MIDI-трафареты арпеджиатора или статические ритмические клипы, не изменяющиеся при изменении высоты тона входного сигнала, можете создать самостоятельно интерактивные MIDI-трафареты.

Для решения такой задачи подходит любая программная платформа модульной архитектуры, например Pure Data, Max и Plogue Bidule. В действительности создание патчей для обработки MIDI-данных — это, пожалуй, самый эффективный способ приступить к изучению такой программной платформы, потому что такие задачи, как создание патчей, относятся к числу простейших. Например, вы можете создавать аккорды автоматически, используя элементарную арифметику: для каждого события типа note-on с помощью модуля add выводится дополнительное событие, описывающее ноту, поднятую на заданное число ступеней по ступенчатой шкале над исполненной нотой. Для создания трезвучия используйте два объекта add, подключенных к объекту output (**рис. 13.5**).

Генератор MIDI-трафаретов на свой вкус. Испытайте самодельный интерактивный генератор MIDI-трафаретов/степ-секвенсер для Mac/Windows, созданный на программной платформе Max/MSP (содержится на прилагаемом к книге DVD), и изучите технологию его создания.

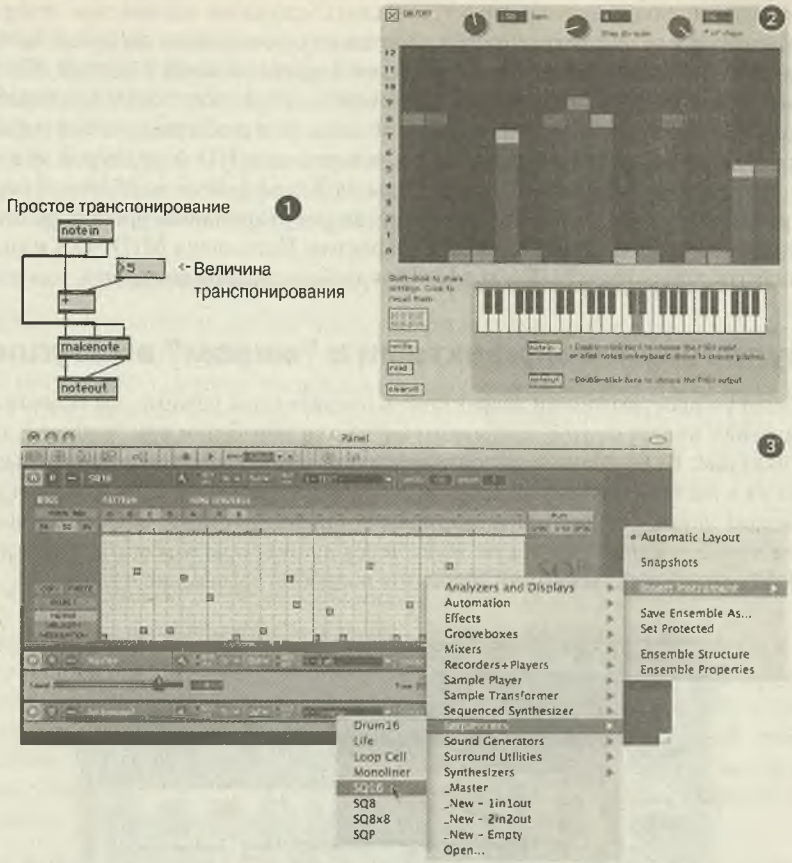


Рис. 13.5. *Три варианта оперативного управления MIDI-данными с помощью самодельных программных патчей. С помощью простых арифметических операций вы можете объединять объекты в один объект в программе Max/MSP для изменения нот (1). Строя по этой технологии разнообразные объекты, вы получаете самодельный секвенсер на свой вкус (2). Используя готовые "макросы" (компоненты более крупного патча) или "ансамбли" (готовые инструменты), вы можете сразу же приступать к созданию собственных исполнительских программ в приложении Reaktor, используя объекты, аналогичные этому степ-секвенсеру (3)*

Использование инструментального ПО по второму назначению — переключение между партиями соло- или бас-гитары и клавишного инструмента. ПО гитарных эффектов, например Guitar Rig, AmpliTube и GearBox компании *Line6*, можно использовать и как подключаемые модули. Попробуйте обработать партии клавишных инструментов этими эффектами, и результат будет, мягко говоря, незабываемый. Эти эффекты можно использовать также для придания необычного тембра звучанию струнных инструментов, таких, например, как скрипка, виолончель и ситар, и необычных искажений звучания барабанов.

Более опытные пользователи могут создавать сложные алгоритмы генерирования случайных нотных последовательностей. Доведя эту концепцию до предела, вы можете свести свое "живое" исполнение к нажатию одной-единственной клавиши. Конструируя собственный генератор MIDI-трафаретов, помните о том, что MIDI-трафареты можно использовать для управления не только высотой тона, но и любыми другими параметрами.

Те, кого пугает перспектива погрязнуть в изучении ПО модульной архитектуры, могут просто соединять цепочкой процессоры MIDI-эффектов в Ableton Live. Эффект Random, поскольку предусмотрена возможность регулирования уровня рандомизации, особенно подходит для создания сложных эффектов. Используя MIDI-OX или MidiPipe, можно создавать генераторы MIDI-трафаретов на базе заданных правил.

Манипулирование эффектами в "живом" выступлении

Манипулируя программными эффектами в оперативном режиме, вы можете использовать весь арсенал инструментов цифрового звука для обработки как "живого", так и записанного звука (**рис. 13.6**). Манипулирование параметрами эффектов во время выступления превращает их в часть исполнения. Простое добавление эффектов к имеющимся элементам (аудиообразцам звука, готовым звукозаписям и синтезируемому звуку) осуществляется привычным путем — маршрутизацией звука через процессоры эффектов, как при обычной студийной работе (об использовании эффектов подробно рассказано в главе 7).

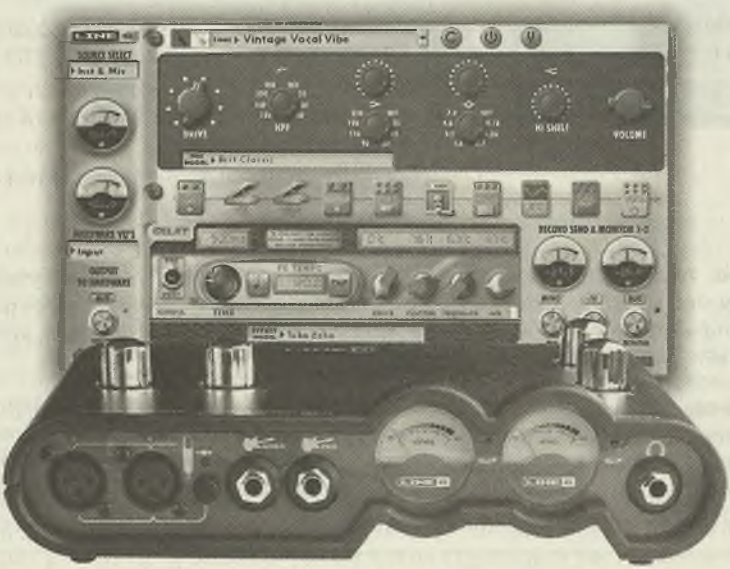


Рис. 13.6. *Пакет мультиэффектов, например TonePort компании* Line6, *поможет эмулировать студийное оборудование на сцене. Такие пакеты любят использовать гитаристы, но имитаторы микрофонных предусилителей идеально подходят для вокала; процессоры нелинейных искажений (distortion), усилители и эффекты используют и с другими инструментами (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Line6, Inc.*)*

А вот задача оперативного манипулирования эффектами порождает две специфические проблемы: как минимизировать или компенсировать задержку прохождения аудиосигнала "живого" музыкального инструмента через компьютер и как обеспечить удобное включение и выключение эффектов и изменение их настроек в режиме реального времени. (Заметим, что необходимо обращать особое внимание на загруженность процессора при работе в программе Ableton Live, потому что, если не "заморозить" дорожки, она будет автоматически продолжать выполнять их растяжение/сжатие в режиме реального времени.)

Задержка воспроизведения звука при "живом" исполнении

При "живом" исполнении сигнал инструмента должен пройти через аудиоинтерфейс, затем через используемую программу обработки и вернуться, опять-таки, через аудиоинтерфейс. В результате задержка воспроизведения сигнала становится ощутимой (те, кто используют программные микшеры, сталкиваются с аналогичной проблемой).

Задержка, превышающая примерно 10–11 мс достаточно велика и становится заметной для исполнителей. Как правило, 3 мс — это минимальная задержка, вносимая компьютерным оборудованием, которой удается достичь; она практически незаметна на слух (задержка в диапазоне между этими двумя границами считается допустимой).

Основные факторы, обеспечивающие минимальную задержку, на которые следует обращать особое внимание, перечислены ниже.

- **Высокоскоростные драйверы.** На операционной платформе Windows наилучшими по величине задержки являются драйверы ASIO 2.0 (в операционной системе Windows Vista высокоскоростные драйверы войдут в Windows Driver Model). На операционной платформе Mac проблемы с задержкой, вносимой драйверами, практически не возникает — все драйверы Core Audio являются высокоскоростными (конечно, при условии, что драйвер работает нормально; но если это так, то он вносит минимальную задержку).
- **Настройки, обеспечивающие минимизацию задержки.** В ряде программ предусмотрена возможность настройки задержки, вносимой аудиодрайвером; понятно, что для "живого" исполнения предпочтение будет отдаваться настройкам, снижающим задержку (подробнее о конфигурировании аудиоинтерфейса читайте в главе 4).

Подключаемые модули эффектов вносят разную задержку, поэтому пробуйте разные эффекты, если кажется, что какой-то из них вносит слишком большую задержку. Величина задержки также зависит от частоты центрального процессора компьютера. Можно уменьшить задержку за счет сокращения объема обработки аудиоданных; иными словами, возможно, придется поступиться своими желаниями и отказаться от использования каких-то эффектов и программных синтезаторов звука. Например, компания *Native Instruments* рекомендует тем, кто хочет использовать ее ПО Guitar Rig в "живом" выступлении, использовать достаточно высокоскоростной процессор (для Mac-компьютеров минимальная частота процессора — 1,25 ГГц, для PC-компьютеров —1,4 ГГц).

Заметим, что для "живого" исполнения способы компенсации задержки неприменимы. Они подходят для подключаемых модулей только при воспроизведении дорожек звукозаписи (об этом читайте в разделе "Компенсация задержки" в главе 7).

Сначала аппаратура? Если компьютер перегружен заданиями оперативной обработки данных, прежде чем подавать сигнал с инструмента в компьютер, пропустите его через аппаратный процессор эффектов или используйте встроенный процессор эффектов устройства сопряжения (аудиоинтерфейса). Примерами могут служить недорогой процессор Lexicon MPX 110 с цифровым выходом, управляемый по MIDI-интерфейсу (`www.lexiconpro.com`), комбинированное устройство сопряжения/процессор MindPrint Trio USB (`www.mindprint.com`) и гитарный процессор M-Audio Black Box (`www.m-audio.com`).

Добавьте мощности

Аппаратные процессоры эффектов на базе цифровых сигнальных процессоров (DSP) высвобождают ресурсы центрального процессора компьютера, поэтому именно этот вариант крайне желательно использовать для "живого" исполнения, при котором компьютер задействован в выполнении множества заданий одновременно. Например, для базирующейся на интерфейсе FireWire портативной системы PowerCore Compact (`www.tcelectronic.com`) имеется масса разных процессоров эффектов, в том числе для вокала и гитары. Пользователям, работающим на операционной платформе Windows, стоит обратить внимание на систему E-MU 1616M (`www.emu.com`), в которую входит комплект аппаратных процессоров эффектов на базе DSP-технологии.

Все о механизме посылки (send). Даже использование механизма посылки (send) при сценическом исполнении приобретает особое значение, поскольку здесь совсем другие условия, чем при микшировании уже записанных дорожек. Использование для подключения эффектов, например, ревербератора, механизма посылки (send) вместо параллельных вставок (insert), пожирающих ресурсы центрального процессора, разгрузит его, и к тому же зачастую проще назначить внешнему MIDI-регулятору регулировку send level, определяющую соотношение уровней обработанного и необработанного сигналов, чем регулировку wet/dry level в самом процессоре эффекта.

Подключение и отключение эффектов

Постоянно работающие эффекты могут быстро лишить компьютерную систему маневренности и с музыкальной точки зрения, и с точки зрения ограниченности ресурсов центрального процессора. При использовании эффектов-вставок в программе Ableton Live или подключаемых модулей, поддерживающих технологию назначения параметров эффектов MIDI-регуляторам, обязательно присвойте переключатель bypass используемого эффекта (или переключатель enable/disable) легкодоступному MIDI-манипулятору. Можно также назначить настройку уровня send level движковому MIDI-регулятору для удобного регулирования уровня сигнала на входе процессора эффекта.

Использование программных эффектов не означает отказа от использования привычной для гитаристов ножной педали для подключения и отключения эффектов. Педальная MIDI-панель или ножная педаль подходят для такой манипуляции. Такой вариант удобен для использующих ноутбуки музыкантов, которым нужно высвободить руки для игры на инструменте (это не только гитаристы, но и трубачи, исполнители, играющие на струнных и клавишных инструментах) (**рис. 13.7**).

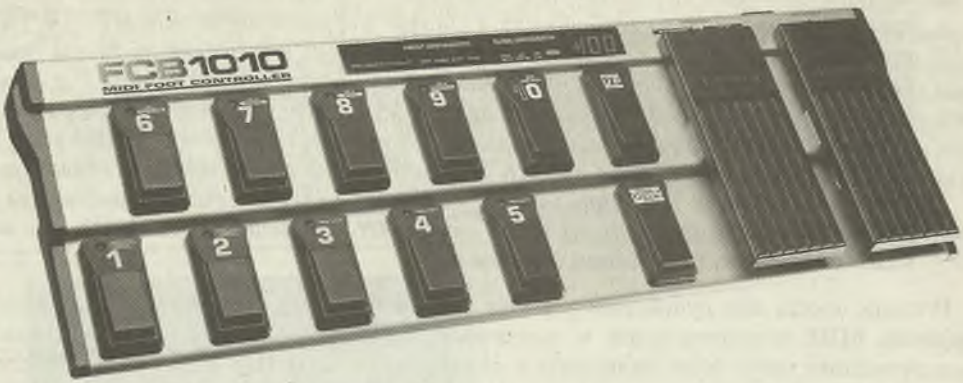


Рис. 13.7. *Ножной MIDI-переключатель, например Behringer FCBI 010, дает возможность использовать педальное управление любым программным обеспечением, поддерживающим технологию назначения команд управления MIDI-нотам или MIDI-сообщениями* `control change`. *Большие педали предназначены для "плавного" управления параметром (например, регулирования уровня обработки эффектом) (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Behringer Spezielle Studiotechnik GmbH*)*

В комплект Guitar Rig компании *Native Instruments* входит фирменная педальная панель под названием Rig Kontrol 2; в комплект AmpliTube компании *IK Multimedia* включается по желанию пользователя контроллер StompIO. Для управления этими и другими наборами эффектов подходят и другие педальные MIDI-панели.

Управление в режиме реального времени

Всего две руки, две ноги — и все внимание сосредоточено на исполнении. При таких условиях назначение оперативных регулировок параметров удобным манипуляторам, движковым и поворотным регуляторам, кнопкам и ножным педалям становится задачей первостепенной важности (подробно о выборе и конфигурировании панелей управления рассказано в разделе "Использование режиссерских пультов" главы 8).

- **Объединение манипуляторов.** Можно использовать переключатель или движковый регулятор по нескольким назначениям, отсылая его MIDI-сообщения `control change` по нескольким адресам (для этого может потребоваться утилита переназначения манипулятора, созданная сторонним разработчиком, поскольку во многих программах возможность назначения контроллера ограничивается каким-либо одним параметром).
- **Объединение инструментов.** Во многих рабочих станциях цифровой звукозаписи (DAW) предусмотрена возможность объединения параметров эффектов, настроек инструментов и тому подобного в единые настройки для облегчения манипулирования ими. Попробуйте такие функциональные возможности, как предустановка канальной панели save и recall в Logic Pro, device chains в Project5, Device Groups и Live Clips format в Ableton Live, Combinator-патчи в Reason.
- **Объединение команд смены устройств.** При переходе от песни к песне в вашем распоряжении может быть полный набор MIDI-событий, которые должны произойти: смены регуляторов, смены программ для эффектов и синтезаторов, кас-

кадного (цепочкой) подключения эффектов и т.п. Вы можете объединить их, загрузив новую песню в свою рабочую станцию цифровой звукозаписи (DAW) или привязав эти события к положению метки/локатора и запустив их таким способом. (В программе Ableton Live можно использовать хитрый прием — дорожку Macro track, о чем будет рассказано далее в этой главе.) Если эти методы не подходят, вы можете сохранить изменения в отдельном патче в программе Max, Pd или Reaktor и запускать их из него. Это решение по элегантности уступает готовому стандартному решению, но зато избавляет от мучительной зависимости от разработчиков, и при этом вы точно знаете, что оно будет работать так, как вам нужно, поскольку вы его сами создавали.

Полезно иметь под рукой набор самых необходимых инструментов для рутинных операций MIDI-маршрутизации и назначения манипуляторов. Некоторые утилиты маршрутизации могут быть включены в используемое вами ПО. Инструмент Environment в Logic Pro, хотя поначалу работа с ним дается с трудом, используется для решения сложных задач маршрутизации и автоматизации обработки MIDI-данных. Например, вы можете сгруппировать настройки, предназначенные для конкретных инструментов и эффектов в коммутационный патч, как показано на **рис. 13.8**. Базовые приложения Plogue Bidule и EnergyXT также оснащены модульными инструментами маршрутизации и назначения MIDI-сообщений.

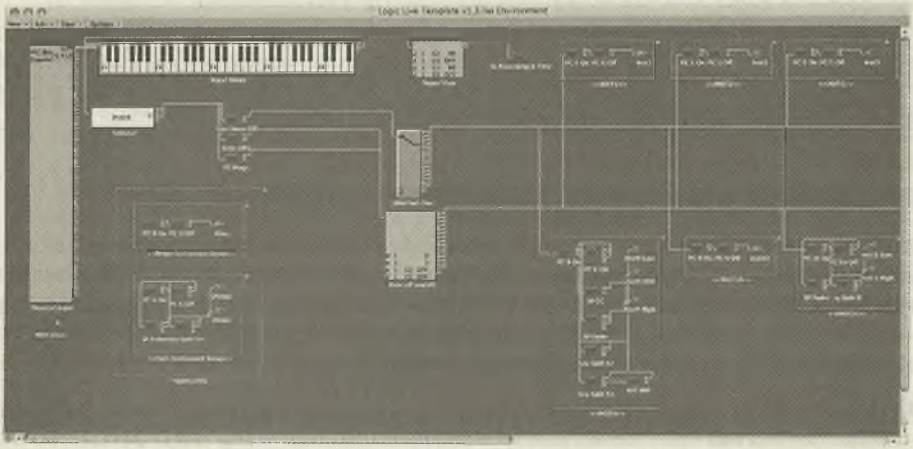


Рис. 13.8. *Профессиональный подход к проблеме выбора настроек инструментов и эффектов заключается в создании виртуальной коммутационной панели для манипулирования нотами и значениями параметров; здесь показан пример такой панели, созданной самостоятельно с использованием инструмента Environment в программе Logic Pro компании* Apple *(публикуется с любезного разрешения автора — Кристофера Christopher Шейделя (Scheidel,* `www.heavyliftmusic.com`*))*

Игровые контроллеры. Что касается использования игровых контроллеров в других приложениях, попробуйте hi object для Max/MSP или junXion для Mac OS X (`www.steim.org/steim/junxion.html`).

Управление в FL Studio. В FL Studio предусмотрены широкие возможности внешнего управления. Можно использовать игровую консоль компании *Logitech* (`www.logitech.com`), например Cordless Rumbleman 2, вместе с инструментом X-Y Controller ПО FL Studio (**рис. 13.10**). С помощью двух аналоговых джойстиков вы можете управлять одновременно двумя двухкоординатными контроллерами Fruity X-Y Controllers, т.е. четырьмя параметрами. Попробуйте также уникальную программу Peak Controller, позволяющую использовать пики сигнала в микшере для автоматического управления чем-то еще (например, синтезатором или подключаемым модулем).

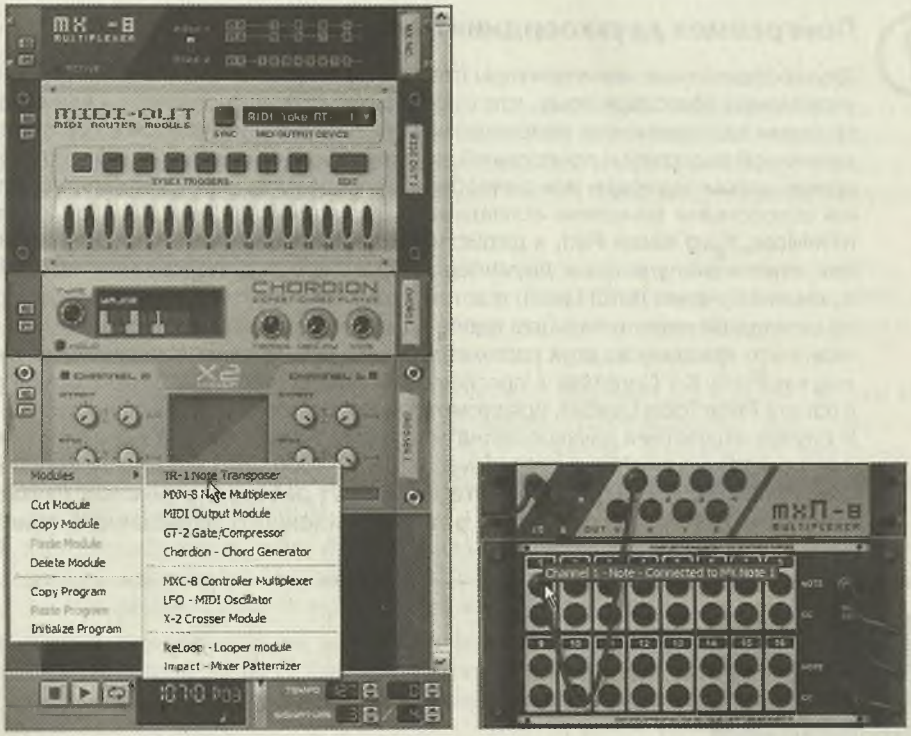


Рис. 13.9. *Программа LiveSet (слева) — это базовое приложение для Windows на основе технологии ReWire, восполняющее недостаток необходимых в сценической деятельности MIDI-инструментов оперативного управления, которых лишены другие приложения. Оно включает в себя набор инструментов, которые позволяют объединить средства MIDI-управления, облегчить маршрутизацию управляющих данных в программные синтезаторы, создать аккорды, трафареты и циклически повторяемые аудиообразцы (loop), а также решить другие задачи. Аналогично тому, как это делается в программе Reason, нажимаем клавишу <Tab> и приступаем к созданию собственного варианта маршрутизации сигнала (справа), а это крайне важно для того, чтобы направлять MIDI-данные туда, куда нам нужно*

Еще одна возможность — использовать утилиту для перехвата MIDI-данных между инструментом, с выхода которого они поступают, и программой, в которую они направляются. MIDI-OX для Windows и MidiPipe для Mac хорошо справляются с простыми

задачами маршрутизации и назначения MIDI-сообщений. Если их возможностей недостаточно, можно создать собственную утилиту в таких программах, как Max/MSP и Pd.

Одной из особенно ценных утилит операционной платформы Windows является PeterTools Live Set (www.peter-tools.com), блок MIDI-инструментов, аналогичный Reason. В него входят мультиплексеры для объединения MIDI-команд управления синтезаторами и эффектами, транспозеры, проигрыватели аккордов и в числе других инструментов — модуль маршрутизации MIDI-данных (**рис. 13.9**). Программа LiveSet явно предназначена для работы вместе с Reason, но она в равной степени хорошо работает и с другими программами, к их вящей пользе; она совместима с любым клиентским приложением ReWire на операционной платформе Windows.

Поиграемся двухкоординатными манипуляторами

Двухкоординатные манипуляторы становятся особенно мощным инструментом управления благодаря тому, что с их помощью можно управлять двумя параметрами одновременно, например частотой отсечки и добротностью фильтра, величиной задержки и пропорцией сигнала, обработанного и не обработанного процессором задержки или ревербератором (wet/dry level). Двухкоординатными сенсорными панелями оснащены такие устройства, как Novation X-Station и ReMote, Korg Kaoss Pad, а джойстиками — многие клавиатуры. Для назначения этих манипуляторов двум параметрам вручную переведите программу в режим обучения (MIDI Learn) и затем, аккуратно двигая манипулятор или ведя по сенсорной панели пальцем вдоль одной, а затем другой координатной оси, назначьте каждому из двух параметров свою ось. В таких программных утилитах, как Fruity X-Y Controller в программе FL Studio (рис. 13.10) и X-2 Cross-fader в пакете PeterTools LiveSet, предусмотрены расширенные возможности.

В случае отсутствия двухкоординатного манипулятора стоит обратить внимание на устройство Mercurial Innovations STC-1000. Это специализированный сенсорный MIDI-контроллер, который может работать в режиме двухкоординатного манипулятора или в режиме 16-зонного барабанного триггера (www.thinkmig.com).

Рис. 13.10. *Двухкоординатные контроллеры позволяют управлять двумя параметрами одновременно. Можно использовать утилиту X-Y Controller в программе FL Studio вместе с мышью, но работать с джойстиком куда интереснее.*

Нужен запасной экран?

У тех, кому не по карману мультисенсорная тактильная ЖК-панель Lemur (см. главу 8), есть и другие варианты. Их могут устроить и односенсорные тактильные панели, выпускаемые, например, компанией *ELO Touch-Systems* (www.elotouch.com), ценой всего $300. Для тех, кому больше ничего и не нужно, кроме как визуальная обратная связь, чтобы знать, что они делают со своим MIDI-контроллером, компания *Lilliput Electronic* (www.lilliput.com) выпускает крошечные предназначенные для автомобилей ЖК-панели, которые можно разрозненно располагать на рабочем пульте.

Синхронизация

Чтобы справиться во время исполнения со всеми задействованными в нем и одновременно работающими программами, музыкальным оборудованием и компьютерами, нужно, по-видимому, синхронизировать их, привязав к единому темпу, чтобы все аппаратное и программное оснащение работало в такт. Технология синхронизации позволяет следующее.

- Синхронизировать ритм работы нескольких программ на одном компьютере, привязав его к ритму работы одной из них (например, программный синтезатор-арпеджиатор синхронизируется по ритму работы программы, исполняющей партию ударных инструментов, составленную из аудиообразцов).
- Синхронизировать ритм работы компьютера, привязав его к ритму работы внешнего оборудования (например, внешняя ритм-машина или синтезатор-проигрыватель циклически повторяемых сэмплов, оснащенных функцией Tap Tempo, задает темп исполнения компьютером аудиообразцов, MIDI-образцов или дорожек аккомпанемента).
- Синхронизировать ритм работы внешнего оборудования, привязав его к ритму работы компьютера (например, аппаратура видео-джея воспроизводит видеоклипы синхронно с ритмом музыкальной программы).
- Синхронизировать ритм работы нескольких компьютеров, привязав его к ритму работы одного из них (например, дуэт компьютерных исполнителей, в котором эффекты, привязанные к ритму исполнения, синхронизированы).

Синхронизация ритма: “ведущий” и “ведомый”

Общее необходимое условие для реализации любого из этих вариантов синхронизации — наличие единого источника сигнала синхронизации (его часто называют “master” — “задающий”, “ведущий”) и приемников этого сигнала, так называемых “slave” — “ведомых”, подстраивающих свой ритм работы под ритм сигнала синхронизации. Только одна из программ или одно из устройств должно быть задающим ритм, а все остальные должны подстраиваться под него; задающее программное или аппаратное устройство формирует сигнал тактовой синхронизации, который постоянно поступает во все синхронизируемые устройства. Задающим может быть только одно устройство. Если бы их было несколько, то это было бы похоже на игру оркестра под управлением сразу нескольких дирижеров. Синхронизируемых (slave) устройств может быть сколько угодно, но сигнал синхронизации должен быть один для всех.

Технология ReWire

Подключаемые модули способны выполнять маршрутизацию MIDI- и аудиоданных в базовое приложение, и некоторые модули способны синхронизировать свой ритм работы по ритму работы базового приложения (например, синхронизируемые процессоры задержки). А вот тем, кто хочет использовать для этой задачи разные автономные приложения, не обойтись без ReWire. ReWire — разработанная компанией *Propellerhead* технология организации взаимодействия разных программ, выполняемых на одном и том же компьютере, которая стала общепризнанным стандартом. По интерфейсу ReWire передаются следующие данные.

- **Синхронизация.** Темп, размер, старт/стоп, позиция в аранжировке, включение/выключение режима циклического построения, точка начала и точка окончания аудиообразца.
- **Аудио.** Многоканальный аудиосигнал (как независимые каналы, так и правый/левый каналы сведенной фонограммы).
- **MIDI.** Несколько синхронных каналов MIDI-исполнения и/или служебные данные.
- **Обозначения устройств.** Вместо номеров каналов выводятся обозначения программных синтезаторов, ритм-машин и множества других функциональных элементов, входящих в состав синхронизируемых компонентов системы (эта возможность реализована в программе Re Wire 2 и последующих версиях).

Иными словами, обеспечиваются полная маршрутизация аудио- и MIDI-данных и полный контроль прохождения данных в системе. Синхронизация обеспечивается с точностью до сэмпла (что, как вы сейчас поймете, несравнимо с тактовой синхронизацией MIDI-устройств), и после загрузки ReWire-клиента в базовое приложение управление ресурсами осуществляется базовым приложением. ReWire-клиент и базовое приложение, с которым он взаимодействует, вместе отнимают меньше системных ресурсов, чем если бы они работали независимо друг от друга и совместно использовали одну звуковую карту и одни внешние настройки синхронизации (контролируемые ведущей программой).

В отличие от других методов синхронизации, механизм Re Wire работает прозрачно, без вмешательства пользователя. Новичкам процедура инициализации этого механизма иногда кажется загадочной, потому что для этого в большинстве приложений не требуется выполнять каких-либо действий. Процедура несложна (**рис. 13.11**).

1. Запускаем базовое приложение.
2. Запускаем клиентское приложение (обязательно в таком порядке, иначе механизм ReWire не будет действовать).
3. Маршрутизируем аудио- и MIDI-данные (может понадобиться в базовом приложении включить опцию приема аудиоданных по интерфейсу ReWire или режим записи аудиодорожки для перехвата сигнала, поступающего от клиента ReWire; если не сделать этого, то маршрутизация аудиоданных может осуществляться правильно, но звук не будет слышен).

Стандартный вариант использования механизма ReWire таков: базовое приложение, установленное в режим mixer (микшер), управляет темпом и аранжировками дорожек аккомпанемента, а клиентское приложение установлено в режим instrument (инструмент) и используется в качестве синтезатора, виртуального инструмента, ритм-машины, сэмплера, арпеджиатора или другого инструмента, который отсутствует в базовом приложе-

Рис. 13.11. *Технология ReWire позволяет расширить арсенал доступных программных инструментов, но не за счет расточительного использования системных ресурсов. Например, вы можете загрузить Reason в Ableton Live и использовать синтезаторы Reason наряду с синтезаторами и инструментами воспроизведения аудио- и MIDI-образцов, имеющимися в составе Ableton Live. В показанном на рисунке примере для использования синтезатора Ableton Live использованы маршрутизация левого/правого каналов микшированного аудиосигнала из Reason в Ableton Live track и одновременно для воспроизведения MIDI-образцов из Ableton Live через синтезатор Reason и маршрутизация MIDI-дорожки с выхода базового приложения на вход Reason*

нии (в некоторых программах даже используются обозначения mixer и instrument вместо master и slave или host и client, хотя последние встречаются чаще).

Для маршрутизации аудио- и MIDI-данных, в зависимости от особенностей реализации интерфейса ReWire в конкретном базовом приложении, в распоряжении пользователя имеется несколько вариантов. Если клиентское приложение используется просто в качестве синтезатора для воспроизведения звука, то, возможно, достаточно будет всего лишь маршрутизации левого/правого каналов микшированного аудиосигнала в базовое приложение. Для многоканального управления каждым выходным аудиосигналом необходима независимая маршрутизация в базовое приложение каждого канала в отдельности. Для воспроизведения MIDI- образцов из программы Ableton Live или Project5 через клиент Re Wire необходимо подключить выход MIDI-дорожки базового приложения ко входу клиентского приложения.

Одним из наиболее распространенных вариантов объединения программных средств является использование Propellerhead Reason совместно с Ableton Live. Возможности Ableton Live — аудиовходы, расширенные средства манипулирования аудио- и MIDI-образцами, инструменты аранжировки, арпеджиатор и MIDI-инструменты, отсутствующие в Reason — дополняются обширным набором сэмплеров, ритм-машин и синтезаторов Reason, пополняя арсенал встроенных инструментов Ableton Live. Этот пример далеко не единственный, привлекательность технологии Re Wire заключается в ее способности объединения и согласования любых комбинаций приложений. Примеры приложений, поддерживающих технологию Re Wire, перечислены ниже.

- **Базовое приложение ("микшер").** Digidesign Pro Tools, Apple Logic Pro, Apple GarageBand, MOTU Digital Performer, Steinberg Cubase и Nuendo, Cakewalk SONAR, Adobe Audition, Steinberg V-STACK.
- **Клиентское приложение ("синтезатор").** Propellerhead Reason, Cakewalk Kinetic, ArKaos VJ.
- **Универсальное (как базовое, так и клиентское приложение).** Ableton Live, Cakewalk Project5, Cycling '74 Max/MSP, Plogue Bidule, Arturia Storm, FL Studio, Sony ACID (Pro версий 5 и последующих версий).

Вариант использования универсального приложения, способного работать в качестве базового или клиентского, зависит от очередности его загрузки. Например, если сначала загружается приложение Ableton Live, а затем —Max/MSP, Ableton Live будет базовым приложением, а Max/MSP — клиентским приложением. При загрузке в обратном порядке — сначала Max/MSP, а затем Ableton Live — Max/MSP будет базовым приложением, а Ableton Live — клиентским приложением. Как правило, клиентские приложения используются по одному, хотя некоторые базовые приложения поддерживают одновременно несколько клиентов. Что касается синхронизации, то и в этом случае должен быть только один источник сигнала синхронизации, поэтому совместная работа двух базовых приложений невозможна.

Технология ReWire обеспечивает намного более широкие возможности управления по сравнению с другими методами синхронизации. Обязательное условие ее использования — все приложения должны работать на одном компьютере. Синхронизации многокомпьютерных систем посвящены разделы данной главы "Синхронизация по MIDI-интерфейсу" и "Сетевые компьютеры и распределенная обработка данных".

В случае необходимости использования приложений, не поддерживающих технологию ReWire, можно воспользоваться технологией маршрутизации MIDI-данных между приложениями; об этом читайте в разделе "Синхронизация по MIDI-интерфейсу". Ряд приложений, не поддерживающих ReWire, например Reaktor компании *Native Instruments*, можно загружать как подключаемые модули. Технология подключаемых модулей обеспечивает возможность реализации многих преимуществ технологии ReWire, в том числе тактовой синхронизации. Сравнительный анализ достоинств ReWire, подключаемых модулей и автономных приложений приведен в разделе "Программное оснащение студии звукозаписи путем комбинации различных программ" главы 2.

Синхронизация по MIDI-интерфейсу

Простейший и наиболее надежный способ синхронизации устройств — синхронизация по MIDI-интерфейсу. Чаще всего сигнал тактовой синхронизации MIDI-интерфейса (MIDI-сообщения типа `clock`) используется не для синхронизации между собой программ, а для синхронизации между собой аппаратных устройств или синхронизации аппаратного устройства с программным устройством. Для этого устройства должны быть способны передавать и/или принимать MIDI-сообщения типа `clock` и они должны быть связаны между собой по MIDI-интерфейсу (или по MIDI-стандарту через интерфейс USB или FireWire).

Использование MIDI-сообщений типа `clock` обеспечивает согласованную работу разных программных приложений. На операционной платформе Mac для этого используется драйвер IAC (Inter-Application Communications) или драйвер виртуального MIDI-интерфейса (virtual MIDI driver). На операционной платформе Windows для этого используется утилита MIDI Yoke (дополнительная информация об утилитах, предназначенных для реализации MIDI-технологии на операционных платформах Windows и Mac, приведена в разделе "Набор инструментов первой необходимости для работы с MIDI" главы 8).

Подробное объяснение того, как работает механизм синхронизации, базирующийся на MIDI-сообщениях типа `clock`, читайте в разделе "MIDI-сообщения типа `Time Code` и `clock`" главы 8. Рассмотрим с этих позиций необходимость и специфику использования синхронизации по MIDI-интерфейсу в сценической деятельности.

Необходимо четко представлять, какая информация передается по каналу MIDI-синхронизации.

- Start (пуск) и stop (стоп)
- Position (позиция) и continue (начать воспроизведение с указанной позиции)
- Tempo (темп)

Тестирование работы механизма ReWire. Если звук отсутствует, убедитесь, что аудиодорожка установлена в режим приема аудиоданных от ведомого клиента ReWire и включена в режим записи и/или включен режим мониторинга. (Для тестирования весьма удобно использовать вход master L/R, к которому подключен клиент ReWire, потому что на него поступает смесь всех аудиоканалов с выхода клиента ReWire; это избавляет от необходимости тратить время на выбор нужного канала.)

Pure Data и Jack. Бесплатное интерактивное приложение Pure Data (Pd) не поддерживает технологию ReWire, но работает с такими драйверами MIDI-интерфейса синхронизации приложений, как IAC для ОС Mac и MIDI-Yoke для ОС Windows. На операционных платформах Mac и Linux Pd также поддерживает технологию Jack, позволяющую синхронизировать работу аудиоприложений (`jackit.sourceforge.net`).

Используйте для синхронизации MIDI-сообщения типа `clock`, а не `Time Code`. Проверьте, что для синхронизации используются MIDI-сообщения типа `clock`, а не `MIDI Time Code` (MTC). Во многих программных приложения предусмотрена возможность использования для синхронизации любого из этих типов MIDI-сообщений. MIDI-сообщения типа MTC предназначены для передачи тактовой информации в секундах и кадрах. Этот тип MIDI-сообщений подходит для синхронизации с видеоустройствами, но для сценических музыкальных выступлений он бесполезен (и даже при сопровождении музыкального исполнения синхронным видеооформлением, т.е. видео-джеинге). Если для синхронизации двух устройств, в которых осуществляется регулирование темпа, используется MIDI-сообщение типа MTC, то в обоих устройствах изменение — ускорение или замедление темпа — осуществляется независимо. MIDI-сообщения типа `clock` обеспечивают привязку темпа и меток к позиции песни.

Темп задается не в явном виде: "ведущее" устройство не передает сигнал "120 ударов в минуту" принимающим устройствам. MIDI-синхросигнал представляет собой "пульс" — последовательность MIDI-сообщений, передаваемых с частотой 24 "удара" за временной интервал длительностью в четвертную ноту. Принимающему устройству нужно сосчитать эти 24 сообщения или, по крайней мере, измерить временной интервал между двумя соседними "ударами", чтобы получить информацию о темпе. Это чем-то напоминает слежение за дирижером: дирижер не говорит: "Отсюда играем в темпе 133,34 долей в минуту". Музыканты просто следят за ритмичным движением дирижерской палочки, задающим темп.

Разрешение, составляющее 24 сообщения за четвертную ноту (24 PPQN), значительно меньше разрешения редактирования MIDI-данных большинства аудиоприложений, но для синхронизации в "живом" исполнении его достаточно. Возникновение проблем с синхронизацией возможно только при слишком резких изменениях темпа. Например, не стоит менять темп с 40 долей в минуту на 240 долей в минуту моментально. Плавное, небольшими порциями, изменение темпа обычно куда лучше.

Для быстрой синхронизации программ, компьютеров и аппаратуры можно использовать комбинацию MIDI-данных, задающих темп, и сообщений `start` и `stop`. В общем виде процедура выглядит следующим образом.

1. **Выбираем ведущее (master) устройство (программу) MIDI-синхронизации, передающее MIDI-сообщения типа `clock`.** Назначаем аппаратный или программный компонент в качестве передатчика MIDI-сообщений тактовой синхронизации. Не все устройства и приложения способны как принимать, так и передавать сообщения; многие способны только принимать их (приложение Propellerhead Reason, например, способно только принимать MIDI-сообщения, хотя его можно загрузить как ведомое (slave) клиентское ReWire-приложение и использовать базовое ReWire-приложение для передачи MIDI-сообщений типа `clock`).
2. **Подключаем MIDI-оснащение.** Подключаем MIDI-аппаратуру и MIDI-приложения, в которые необходимо подавать MIDI-сообщения тактовой синхронизации от ведущего устройства (приложения). Как в случае сложного аппаратного комплекса, могут понадобиться многопортовые MIDI-интерфейсы, но в большинстве случаев нужны всего лишь MIDI-кабели и/или кабели USB/FireWire.
3. **Конфигурируем передающее устройство.** В большинстве программ (в их числе Ableton Live и рабочая станция цифровой звукозаписи DAW Cakewalk SONAR) предусмотрена возможность выбора пользователем портов, через которые осуществляется обмен MIDI-сообщениями тактовой синхронизации.
4. **Конфигурируем приемники MIDI-данных синхронизации.** Все устройства-приемники должны работать в режиме внешней синхронизации; для приема MIDI-сообщений типа `clock` в приемниках MIDI-сообщений тактовой синхронизации необходимо выбрать опцию external. После того как это сделано, в зависимости от типа используемого устройства (приложения), ряд функциональных возможностей (например, арпеджиатор) становится доступным только в том случае, если в приемник поступают MIDI-сообщения тактовой синхронизации. Блокирование источника сигнала тактовой синхронизации может привести к тому, что синхронизируемое устройство начнет создавать неожиданные звуки или звук вовсе пропадет.
5. **Приступаем к исполнению.** Когда все готово, начинаем выступление. Скорректировать темп по ходу исполнения можно с помощью регулятора темпа или отбивая такт (прочитайте ниже раздел "Отбиваем такт"); все устройства-приемники будут работать синхронно. Нажмите кнопку stop, и все устройства остановятся.

Если вы хотите поимпровизировать и в вашем распоряжении имеются программные и аппаратные средства, позволяющие делать это, можете использовать MIDI-сообщения типа `clock` для привязки к конкретным точкам в аранжировке или для выбора музыкальных фрагментов путем использования MIDI-сообщений типа `position` и `song select`.

Не все устройства поддерживают MIDI-сообщения позиционирования (так называемые сообщения типа `SPP` — `Song Position Pointer`), но современные устройства, поддерживающие синхронизацию по MIDI-сообщениям типа `clock`, как правило, поддерживают `SPP`. Позиция задается в виде количества шестнадцатых нот, отсчитываемых от

начала музыки. Но, поскольку, как бы там ни было, привязка ритма осуществляется только к сильным долям тактов, невозможность привязки к позиции между шестнадцатыми нотами вряд ли когда-либо создаст проблемы. MIDI-сообщения типа `SPP` можно использовать, например, для "перепрыгивания" к определенным партиям в аранжировке при наличии в программе секвенции, синхронизированной по MIDI-трафарету ритм-машины.

MIDI-аппаратура, как правило, поддерживает также MIDI-сообщения типа `song select`, которые обеспечивают возможность смены ритмического трафарета по ходу исполнения. Например, вы можете хранить несколько разных MIDI-трафаретов в устройстве Korg ElecTribe и вызывать их, посылая сообщения типа `song select` (среди аудиоприложений программы, способные принимать такой тип сообщений, встречаются не так часто, но некоторые секвенсеры, поддерживающие такие инструменты, как подпоследовательности (subsequence) и MIDI Remote Control, такой способностью обладают).

Отбиваем такт

В зависимости от функциональных возможностей используемого программного обеспечения вы можете задавать темп, вводя соответствующее число в окне настройки tempo, поворачивая на режиссерском пульте регулятор, которому назначена функция регулировки параметра tempo в данной программе, или используя регуляторы темпа в аппарате, который является задающим генератором MIDI-сообщений тактовой синхронизации. Но для оперативного управления темпом следует использовать механизм Tap Tempo (отбивание ритма) нажимая кнопку tap в устройстве или (что еще лучше) назначив настройку tap tempo устройства или приложения ножной педали. Вы можете задавать темп исполнения намного более удобным и привычным способом, как вы обычно задаете отсчет своему ансамблю (в Ableton Live имеется удобная кнопка tap tempo).

Механизм tap tempo позволяет вообще обойтись без каких-либо инструментов синхронизации. Например, видео-джей или исполнитель, играющий на электромузыкальном инструменте, может задавать темп игры исполнителей джазового квартета, играющих на акустических инструментах, отбивая ритм вручную (можно отбивать такт постоянно, от начала до конца исполнения, или просто "отстучать" темп и оставить его таким, как он есть, а когда понадобится изменить темп, снова его "отстучать"). Одно из достоинств этого метода заключается в том, что с его помощью вы можете синхронизировать игру живых инструментов (в джазовом квартете у исполнителей, играющих на акустических музыкальных инструментах, нет MIDI-портов!). Но этот метод может быть использован и для электронных музыкальных инструментов с целью придания исполнению живого ритма и характера импровизации.

Аппаратные MIDI-трафареты всегда наготове. Технология синхронизации по MIDI-сообщениям типа `clock` помогает осуществить интеграцию аппаратного и программного обеспечения. Например, в таком устройстве, как Korg ElecTribe, можно хранить MIDI-трафареты песен и служебные данные автоматической синхронизации с привязкой к темпу в процессе исполнения в "Pattern Sets" и вызвать их с помощью кнопок панели управления устройства. В режиме внешней синхронизации они будут синхронизироваться сигналом тактовой синхронизации компьютера или любого другого источника синхросигнала. При использовании Korg ElecTribe в роли задающего устройства MIDI-синхронизации кнопки выбора MIDI-трафаретов можно использовать для инициализации компьютерного секвенсера или других устройств.

Сетевые компьютеры и распределенная обработка данных

MIDI- и аудиоданные — это в любом случае информация, поэтому нет никаких препятствий для "конвейерной" обработки этих данных с использованием сетевых технологий. Вынужденное в ряде случаев ограничение качества цифрового звука связано с синхронизацией: идеальная синхронизация при ограниченной пропускной способности сети становится серьезной проблемой. Хотя общепринятый стандарт передачи MIDI- и аудиоданных по сети до сих пор отсутствует, эта задача решается с помощью специально разработанных для этой цели технологий.

Дополнительным преимуществом является реализации технологий распределенной обработки данных, позволяющих объединить ресурсы нескольких компьютеров для решения общей задачи. Простейший вариант — на одном компьютере работает проигрыватель дорожек аккомпанемента и ревербератор, а на втором — синтезатор. Для этого необходимо вручную распределить роли между компьютерами, хотя при обмене аудио- и MIDI-данными между двумя синхронизированными компьютерами сохраняется определенная свобода выбора. Распределенные системы обработки с динамическим управлением распределением вычислительных ресурсов, например Logic Node, способны автоматически перераспределять нагрузку между компьютерами без постороннего вмешательства.

Такими функциональными возможностями обладают разнообразные программные инструменты (среди них есть и бесплатные программы), хотя они, как правило, не являются кроссплатформенными. Заметим, что программные инструменты, описываемые ниже, рассчитаны на локальные сети, например это могут быть ноутбуки, соединенные по стандарту Ethernet connection; в случае Интернета возникают особые проблемы.

- **Интерфейс Steinberg VST System Link; обмен данными и синхронизация компьютеров, объединенных в сеть (Windows/Mac).** Интерфейс VST System Link предназначен для обмена данными синхронизации, служебными данными позиционирования участка звукозаписи и аудиоданными между компьютерами по стандартным цифровым аудиокабелям (ADAT, S/PDIF, AES/EBU и TDIF). Это чем-то напоминает связь компьютеров по интерфейсу ReWire: синхронизация осуществляется с частотой дискретизации цифрового аудиосигнала, намного превосходя по точности MIDI-синхронизацию, плюс к этому маршрутизация аудиоданных, и все это работает, сколько бы компьютеров вы ни связали кабелями между собой. Например, соединим между собой два ноутбука через S/PDIF-входы и выходы аудиоинтерфейсов и дополнительно по MIDI-интерфейсу, если хотим использовать в сетевом режиме программные синтезаторы, и все готово для выступления. Интерфейс System Link — это не отдельная программа, а функциональная характеристика; в приложения Cubase и Nuendo заложена поддержка интерфейса System Link на обеих операционных платформах — Mac и Windows. Для тех, кто не отдает предпочтения исключительно компании *Steinberg*, интерфейс System Link является самым надежным кроссплатформенным инструментом синхронизированной сетевой связи компьютеров, а поскольку базовое приложение V-STACK, которое стоит $50, поддерживает технологию ReWire, оно представляет собой простой способ синхронизации выполнения приложения Reason или Ableton Live на двух компьютерах.
  - **Wormhole; подключаемый модуль обмена аудиоданными между компьютерами** (Windows/Mac). Простейший инструмент маршрутизации аудиоданных между приложениями и компьютерами на Mac/PC-компьютерах — это Wormhole, подключаемый модуль ценой $50, доступный в формате VST для Windows и в форматах VST и AU для Mac (**рис. 13.12**). Программа Wormhole настраивает

свою конфигурацию и устанавливает сетевые соединения автоматически, без вмешательства пользователя. Помимо стандартной маршрутизации цифрового звука по интерфейсу S/PDIF, программа Wormhole обеспечивает возможность маршрутизации аудиоданных по распределенной цепи эффектов-вставок (insert). Таким образом, вы можете реализовать режим распределенной обработки данных несколькими компьютерами, управляемый с единой канальной панели. Такая особенность делает эту программу идеальным инструментом оперативной маршрутизации данных и использования эффектов, базирующихся на разных компьютерах и даже разных операционных платформах.

- **Jack; утилита обмена аудиоданными между компьютерами (Mac/Linux).** Бесплатная, с открытым исходным кодом утилита обмена данными между компьютерами Jack (`wwwjackit.sourceforge.net`) поддерживает сетевую технологию передачи аудиоданных. Jack для Mac OS X (`www.jackosx.com`) поддерживает сетевые инструменты ОС Mac и технологию audio-over-network. Для аудиосистемы на базе Jack имеется также модуль UDP-передачи данных под названием jack.udp (`www.alphalmk.com.au/~rd/sw/jack.html`). Хотя теоретически это дает возможность пересылать UDP-пакеты через Интернет, лучше всего использовать этот модуль для передачи аудиоданных по локальной сети.
- **AUNetSend; утилита обмена аудиоданными между компьютерами (Mac).** Не обладая рядом функциональных возможностей таких утилит, как Wormhole, операционная система Mac OS X (начиная с версии 10.4), тем не менее, способна маршрутизировать передачу аудиоданных по сети на другие Mac-компьютеры. Для этого используется такой инструмент, как Apple Audio Unit, входящий в состав этой операционной системы. Вставьте объект AUNetSend в дорожку записи в любом базовом приложении, поддерживающем технологию AudioUnit, и можете подключаться к другим Mac-компьютерам по сетевому интерфейсу, не требующему конфигурирования сети.
- **Logic Node; распределенная обработка данных** (Mac). Приложение Logic Pro компании *Apple* поддерживает технологию распределенной обработки аудиоданных, автоматически используя для наращивания вычислительной мощности компьютера, выполняющего обработку аудиоданных, другие сетевые Mac-компьютеры, объединенные в сеть по стандарту Gigabit Ethernet, даже те, на которых приложение Logic Pro не инсталлировано. Этим компьютерам мониторы не нужны; таким образом, дополнительные системные блоки позволяют многократно нарастить производительность музыкального компьютера на сцене. Фактически на время выступления вы можете привлечь "группу поддержки" из Mac-компьютеров. (Компания *Apple* рекомендует использовать для этого компьютеры с процессором G5, но многим пользователям, судя по их словам, для этого вполне подходят хорошо оснащенные компьютеры с процессором G4.)

Обмен аудиоданными между приложениями. Jack и Wormhole поддерживают маршрутизацию данных между приложениями, работающими на одном и том же компьютере, что позволяет использовать приложения, не поддерживающие технологию ReWire (заметим, что ни одна из этих утилит не совместима с технологией Pro Tools).

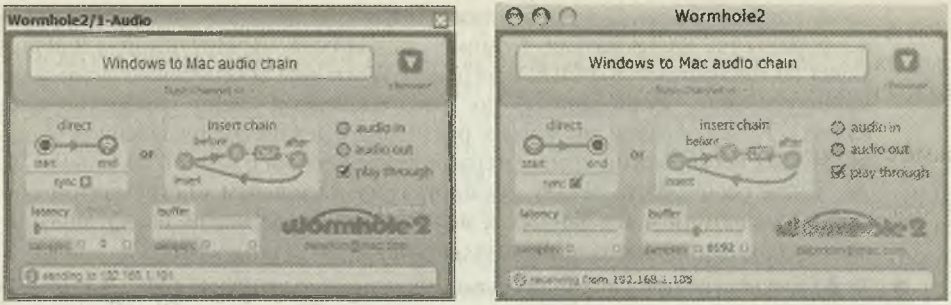


Рис. 13.12. *С помощью подключаемого модуля Wormhole компании* Plasq *вы можете маршрутизировать обмен аудиоданными между приложениями на одном компьютере или между сетевыми компьютерами. Процедура достаточно проста: добавляем Wormhole как эффект-вставку на обоих концах канала связи, присваиваем имя виртуальному аудиоканалу на одном конце и выбираем его на другом конце соединения. Все остальное программа делает автоматически*

Аранжировка в процессе выступления и клипы

Раньше между "живым" выступлением и звукозаписью можно было провести четкую границу. "Живое" выступление было всегда единственным в своем роде, все выступления были неповторимы. Звукозаписи, независимо от того, были ли они сделаны в концертном зале или студии, представляли собой "застывшие слепки" выступления. Первыми "ласточками" новых веяний стали ди-джеи, которые "в прямом эфире" начали делать вставки в музыкальные записи, удлиняя их, чтобы танцоры могли подольше потанцевать. Следующий шаг — появление технологий цифровой звукозаписи, которые окончательно стерли границу между звукозаписями и "живыми" выступлениями. Получив возможность свободно манипулировать музыкальными фрагментами, мы можем теперь из аудиоданных, записанных в студийных условиях, компоновать неповторимые музыкальные номера.

Заготовленные аранжировки

Простейший способ перенести студийные возможности на сцену — приспособить статическую звукозапись к сценическим условиям. Уже вошло в практику использование в выступлениях партий, записанных в студии, которые невозможно исполнить на сцене, потому что они состоят из наложенных друг на друга звукозаписей исполнения, сделанного одним и тем же музыкантом, или потому что некем заменить отсутствующего исполнителя, или из-за сложности аранжировки и обработки аудиоданных, которые невозможно оперативно осуществить в процессе выступления. Компьютер может воспроизводить дорожку аккомпанемента или заранее подготовленную аранжировку, сопровождая "живое" исполнение — восполняя таким образом недостающие элементы "живой" музыки.

Почему бы просто не воспроизводить готовую звукозапись с цифрового аудиоплейера? Потому что с помощью компьютера намного легче осуществлять аудиорежиссуру выступления, особенно имея в своем распоряжении MIDI-манипуляторы. Вы можете индивидуально корректировать уровни каналов в рабочей станции цифровой звукозапи-

си (DAW), в подготовленном файле проекта, что невозможно при использовании звукозаписи, записанной на компакт-диске, и оперативно манипулировать аранжировкой партий, подстраиваясь под "живое" исполнение.

Режиссерские реплики

В простейшем варианте берем имеющийся многодорожечный файл проекта, инициализируем нужные дорожки и с помощью команд Start и Stop воспроизводим готовую аранжировку без каких-либо изменений. Можно остановиться и на этом (и на многих широко разрекламированных выступлениях известные исполнители выступают под "фанеру", аудиооператору только остается нажать вовремя кнопку Пуск/Стоп (Start/Stop), но использование компьютера на сцене дает определенные преимущества, позволяя исполнителю оперативно управлять ходом исполнения.

В программе MOTU Digital Performer можно сводить подпоследовательности (subsequence) в единый проект. Затем вызываем композиции из набора путем инициализации подпоследовательностей и идем по структуре композиции, ориентируясь по меткам (подробно о методике аранжировки структуры проекта читайте в главе 10). Используя MIDI Remote Control, можно назначить эти команды манипулятору, с которым удобно работать во время выступления, например барабанной подушке или ножной педали. В приложении Ableton Live также предусмотрена возможность "привязки" к конкретным точкам в установленной аранжировке с помощью позиционеров аранжировки (Arrangement Locator), назначаемых MIDI-манипуляторам и клавишам компьютерной клавиатуры, хотя, поскольку просмотрщик Arrangement View ограничен линейным представлением структуры композиции, более гибким вариантом является использование инструмента scenes в просмотрщике Session View. В любом случае вы можете использовать для привязки режиссерских реплик (cue) к определенным нотам недорогую двухоктавную клавиатуру, например M-Audio Oxygen8.

Метрономные дорожки

Главная задача — обеспечить синхронность "живого" исполнения в такт с темпом записанной дорожки аккомпанемента. Если выступление начинается с записанного аккомпанемента, то это можно делать на слух, но начало выступления с записанного аккомпанемента вызовет у слушателей серьезные сомнения в том, что они присутствуют на "живом" выступлении.

Нужны ли вам резервные компьютеры? Профессиональные исполнители, играющие в турне под компьютерный аккомпанемент, обычно используют резервные компьютеры, синхронизированные с основным рабочим компьютером. При выходе его из строя во время выступления резервный компьютер немедленно подхватывает аккомпанемент, продолжая выступление. Для большинства такое резервирование — недоступная роскошь. Если вы не в состоянии позволить себе такое резервирование, обратите особое внимание на тестирование имеющейся системы и подготовьте запасной вариант на случай ее аварии, например воспроизведение записи аккомпанемента с резервного компакт-диска.

Одно из решений — обеспечить исполнителям возможность слышать служебный сигнал — метрономную дорожку, начиная ее воспроизведение до вступления музыкантов и,

если это необходимо, не выключая ее до самого конца выступления, чтобы все исполнители играли в такт. Можно создать метрономную дорожку, подав сигнал метронома на отдельный выход звука, если такая возможность имеется, или скомпоновав метрономную дорожку вручную, например, используя сэмпл удара барабанной палочкой по ободу малого барабана.

Метрономная дорожка воспроизводится участниками выступления по служебному каналу звука через специальные наушники, которыми все они снабжены. Специально для этой цели предназначены миниатюрные наушники, например, серии Е, выпускаемые компанией *Shure*, которые показаны на **рис. 13.13**; они подавляют посторонние звуки, мешающие слушать метрономную дорожку на сцене, и, кроме того, обеспечивают в определенной степени защиту слуха. Если в составе ансамбля играет ударник, то может быть достаточно, чтобы только он слышал такой сигнал. В ряде случаев это бывает необходимо всем исполнителям. Даже современные исполнители, играющие в традиционном симфоническом жанре, уже, возможно приучены работать в сопровождении метрономных дорожек.

Альтернатива метрономной дорожке — использование технологии Tap Tempo или другого способа управления темпом воспроизведения дорожки аккомпанемента, обеспечивающего возможность самостоятельного оперативного его изменения, вместо того чтобы постоянно подстраиваться под темп записанной дорожки аккомпанемента (прочитайте еще раз раздел "Отбиваем такт", приведенный выше в этой главе).

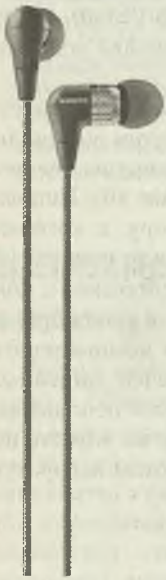


Рис. 13.13. *Звукоизолирующие наушники E4 компании* Shure *блокируют внешние шумы и используются в качестве индивидуальных систем прослушивания выступления или для прослушивания метрономной дорожки, задающей темп исполнения (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Shure Incorporated*)*

Оперативные аранжировки по ходу выступления: манипулирование аудио- и MIDI-клипами

Аранжировка цифровой музыки уже не сводится только к статическим дорожкам аккомпанемента. В распоряжении исполнителя имеются аудиосэмплы и аудио- и MIDI-*клипы* — блоки данных, которые можно циклически повторять, вызывать, редактировать и манипулировать ими по своему усмотрению. Можно использовать эти клипы для усиления выразительности вокального или инструментального исполнения или скомпоновать исполнение целиком из них.

В выступлении можно использовать разнообразные виды клипов (**рис. 13.14**).

- **MIDI-клипы.** Для получения звука их необходимо подавать в MIDI-инструмент. Они удобны для запуска синтезаторов (программных и аппаратных), особенно в случае, когда требуется оперативное управление параметрами. В MIDI-клипе могут вообще отсутствовать ноты и быть записаны только служебные команды.

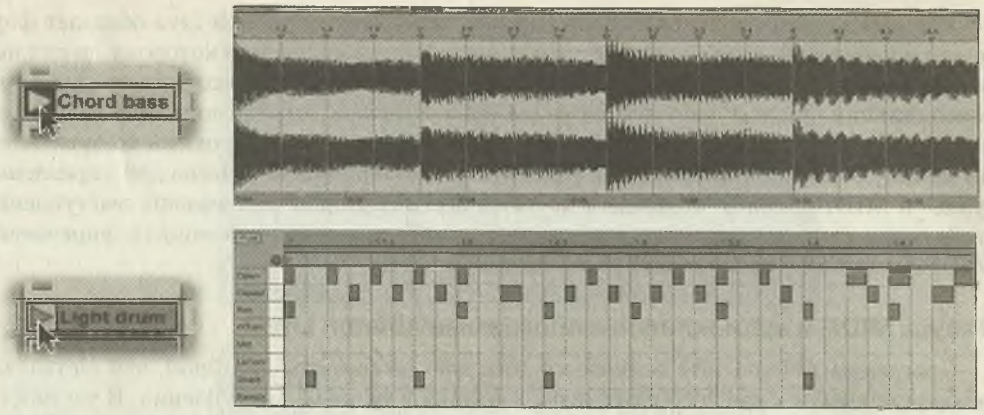


Рис. 13.14. *Благодаря управляемому запуску аудиоклипов (вверху) и MIDI-клипов, направляемых в программные синтезаторы или аппаратные инструменты (внизу), исполнители получают полный интерактивный контроль над аранжировкой; в качестве примера использована программа Ableton Live*

- **Аудиоклипы.** Это могут быть циклически повторяемые аудиообразцы или однократно воспроизводимые аудиофайлы.
- **Команды автоматического управления.** Могут быть встроены в клипы для оперативного управления обработкой MIDI- и аудиоданных или для автоматического управления параметрами эффектов.

К сожалению, рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW), которые в большинстве своем прекрасно справляются с манипулированием сегментами аудио- и MIDI-данных в студии, не очень подходят для выполнения таких операций по ходу выступления, где, помимо оперативности регулирования, необходимо еще гарантировать отсутствие выпадений звука. Рабочие станции цифровой звукозаписи (DAW) хорошо справляются с воспроизведением дорожек аккомпанемента, но для по-настоящему интерактивного управления музыкальной системой во время выступления лучше использовать специализированные инструменты. В их число входят следующие.

- Секвенсеры MIDI-трафаретов (аппаратные и программные)
- Сэмплеры и барабанные сэмплеры
- ПО, специально подготовленное для использования на сцене и для интерактивной аранжировки; лучше всего для этой цели подходит Ableton Live

Используя такой аппаратный секвенсер, как Korg ElecTribe, вы можете запускать MIDI-клипы по командам, поступающим извне. Вы можете использовать аудиоклипы с любым программным и аппаратным сэмплером; некоторые из имеют в своем составе простые редакторы MIDI-трафаретов — так называемые степ-секвенсеры (step sequencer). Вы можете также запускать аудио- и MIDI-образцы в таких программах, как FL Studio и Propellerhead Reason, назначая разные слои (layer) MIDI-нотам, что дает возможность включать и выключать их.

В качестве музыкальных инструментов для исполнения аудиоклипов зачастую лучше всего подходят сэмплеры (особенно барабанные сэмплеры). Они дают возможность загружать сэмплы в виртуальные ударные установки и воспроизводить их с большей выразительностью, назначая параметры воспроизведения параметрам исполнения ноты, например параметру `velocity`.

Что касается интерактивных аранжировок, приложение Ableton Live обладает фирменным набором функциональных возможностей, полного аналога которому до сих пор нет ни в одном другом приложении, делающим эту программу своего рода гибридом рабочей станции цифровой звукозаписи (DAW) и сэмплера, работающим в режиме реального времени. Программа Cakewalk Project5 обладает не столь широкими возможностями манипулирования клипами, как Ableton Live, но она приспособлена для управления аудио- и MIDI-клипами и обладает другими полезными для сценических выступлений свойствами (это, в частности, арпеджиаторы, расширенные возможности управления MIDI-образцами и набор музыкальных инструментов).

Запуск MIDI- и аудиоклипов в программе Ableton Live

Программа Ableton Live отличается довольно необычным дизайном, что заставляет особо остановиться на способах ее использования в "живом" выступлении. В частности, широкие функциональные возможности Ableton Live превращают ее в инструмент, очень удобный для исполнения, базирующегося на воспроизведении клипов.

- Большинство функций программы Ableton допускает управление с помощью MIDI-команд (или комбинаций клавиш компьютерной клавиатуры, которые, в свою очередь, с помощью специальных утилит можно назначать внешнему оборудованию).
- Особенности дизайна Ableton Live обеспечивают практически полное отсутствие пропаданий звука при регулировках, в том числе таких, при которых это обычно должно было бы происходить (например, при добавлении в канал эффекта-вставки).
- В окне просмотрщика Session View выводятся разнообразные опции настройки режима запуска клипов — запуск может осуществляться индивидуально, группами или в виде заданной последовательности; такой возможности у других аппаратных и программных средств нет (**рис. 13.15**).

В программе Ableton Live вы можете использовать аудио- и MIDI-клипы для создания по-настоящему интерактивной аранжировки. Вы можете загружать более крупные фразы (например, строфы или многотактные фразы) и, кроме того, более гибко управлять запуском дорожек аккомпанемента по сравнению с тем, как это делается с помощью меток и подпоследовательностей в других программах. Для проработки музыкального выступления до мельчайших деталей можно использовать индивидуальные трафареты барабанных ритмов и паузы, как клипы. Затем их можно использовать для создания дорожки импровизированного аккомпанемента или даже положить свою импровизацию в основу выступления, дополнив ее эффектами по ходу выступления.

Идеальная синхронизация клипов к ритму и циклическое повторение клипов — это вовсе не обязательные вещи. Вы можете отключить механизм циклического повторения клипов и запускать их однократно, как *одиночные* сэмплы (*one-shot* sample — фрагмент звука, воспроизводимый однократно, без циклического повторения, в отличие от аудиообразца (loop)). Из группы клипов можно легко создать последовательность аудио- и музыкальных реплик для танца или театральной постановки, используя в качестве реплик как отдельные клипы, так и группы клипов, запускаемые согласованно.

Настройки запуска клипов предоставляют исключительные возможности для усиления выразительности конфигурирования набора. Например, можно задавать/отменять квантование запуска каждого клипа с привязкой запуска клипа к определенной доле так-

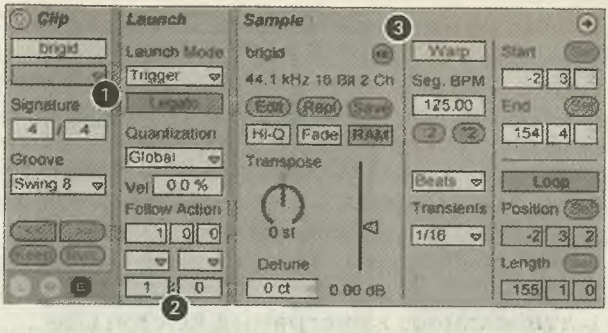


Рис. 13.15. *Преимущество Ableton Live перед барабанным сэмплером и другими программными инструментами воспроизведения сэмплов заключается в возможности управления режимом запуска клипов в аранжировке. В выступлении, базирующемся на воспроизведении MIDI-клипов, можно выбирать разные режимы запуска (1), устанавливая уровни квантования для "привязки" клипов к разным музыкальным интервалам или не использовать настройки квантования. Можно согласовывать запуск клипов с другими событиями (2), создавая, таким образом, цепочки клипов. Настройки сэмпла задают параметры деформирования (warping), циклического повторения (looping) и качества тембра звучания клипов (3)*

та. Задавая интервал квантования меньшим такта, можно создавать синкопы посредством опережающего или запаздывающего запуска определенных клипов по отношению к сильной доле такта. Это особенно важно при смешении музыкальных размеров. Например, если в сочинении используются одновременно размеры 4/4 и 3/4, может потребоваться задать глобальное квантование в четвертную ноту, чтобы обеспечить возможность свободного перехода от одного размера к другому.

В дополнение к поочередному запуску клипов можно запускать сразу же целый ряд клипов одной MIDI-командой, клавишей, щелчком мышью (**рис. 13.16**). Группы клипов, которые можно запускать одной командой, называются сценами (scene) в Ableton Live и канавками (groove) в Project5 (в этой программе они выстраиваются в столбцы, а не в строки), но что эти термины на самом деле означают для исполнителя, зависит от того, каким образом эти инструменты используются в формировании структуры исполнения. Например, можно сгруппировать последовательность клипов, чтобы запустить ее в нужный момент по ходу исполнения; это может быть, например, стих или рефрен. Это может быть некая импровизация, в которой группы несколько отличаются по фактуре. В театральной постановке сценой может быть многодорожечная музыкальная реплика.

Запуск одновременно нескольких клипов часто заканчивается неудачей. Как правило, плейер входит в режим переполнения и зацикливается. Одно из решений — использовать в программе Ableton Live для запуска клипов инструмент scene и удалить кнопки stop из выбранных колонок. Другой вариант — использовать в Ableton Live инструмент Follow Actions, позволяющий задать действие, следующее за воспроизведением клипа. Имеются два варианта выбора действия Follow Actions — автоматическое выключение режима циклического повторения (loop) или воспроизведение на выбор одного из клипов, записанного в этой же дорожке.

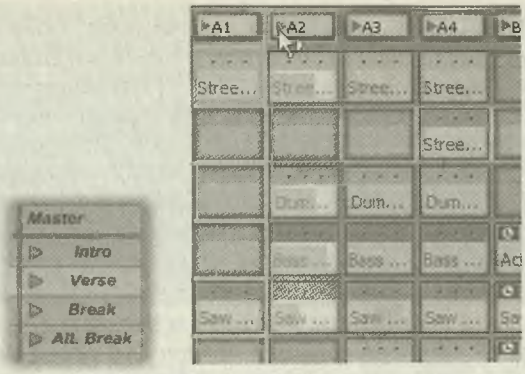


Рис. 13.16. *Групповой запуск клипов дает возможность наслаивать их и создавать структуры композиций. В программе Able-ton Live (слева) для запуска клипов, сгруппированных в строки, используется инструмент scene (сцена, эпизод) в Cakewalk Project5 (справа) для запуска клипов, сгруппированных в колонки, используется инструмент groove (канавка, дорожка). Совместное использование механизмов scene и Follow Actions в Ableton Live позволяет избавиться от "неживого", механического характера звука при воспроизведении групп клипов (особенно эффективна для этого настройка Random)*

Оптимизация аудиоклипов для выступления. Программа Ableton Live осуществляет операции растяжения (warping) аудиозаписи звука в режиме реального времени и (по умолчанию) потокового считывания аудиозаписи с жесткого диска, в результате чего нагрузка на центральный процессор оказывается значительной. Настройка Hi-Q для клипов включена (по умолчанию она выключена), она отнимает рабочие такты у центрального процессора, поэтому лучше ее выключить, если индикатор загрузки процессора показывает, что она слишком велика. Если пропуски и заикания не прекращаются даже в том случае, когда индикатор загрузки процессора показывает, что она мала, стоит подумать о приобретении более скоростного внешнего жесткого диска или воспроизводить клипы не напрямую с жесткого диска, а считывать их из оперативной памяти.

Клипы и ритм. Запуск механизма квантования является эффективным способом управления ритмами клипов в процессе их проигрывания. Задание интервала квантования размером в такт или долю такта гарантирует полную синхронность исполнения (для получения возможности смешения музыкальных размеров задайте интервал квантования в долю такта, например в шестнадцатую или восьмую ноту). Уменьшение уровня квантования или даже полное его отключение обеспечивает возможность реализации таких вещей, как синкопы, свинг и "эмбиент"-фактуры с нарушенным метром, особенно при смешении клипов разной длины.

Инструменты запуска клипов не являются исключительной "принадлежностью" Ableton Live, хотя, конечно, некоторые из технологий, заложенных в эту программу, являются таковыми, по крайней мере в том случае, если ограничиться использованием только готовых инструментов. Вы можете создать собственные инструменты запуска клипов, используя такие программы, как Reaktor и Max/MSP, хотя для этого потребуется приложить достаточно много усилий (об этом читайте в разделе "Индивидуальная «подгонка» сценического программного обеспечения для выступлений" далее в этой главе). Заказное ПО, конечно же, обеспечивает большую гибкость, и некоторые исполнители объединяют заказное ПО с программами типа Ableton Live.

Практика: трюк с использованием дорожки Macro track в Ableton Live

Такой инструмент, как scene в Ableton Live, полезен для исполнителей, но его можно использовать только для запуска клипов. Хотя благодаря тому, что в Ableton Live заложена поддержка MIDI-данных, записанных в клипе, в него можно занести дополнительные управляющие MIDI-команды. Единственная проблема заключается в том, что таким способом можно управлять только внешним аппаратным и программным обеспечением, но не самой программой Ableton Live. К счастью, есть прием, позволяющий обойти эту проблему.

Для начала необходим способ маршрутизации MIDI-сообщений "между" приложениями (что касается этого хитрого приема, мы направим MIDI-данные обратно в Ableton Live, но будем использовать те же самые средства). На операционной платформе Mac мы воспользуемся для этого шиной IAC (Inter-Application Communications). На операционной платформе Windows для этого понадобится драйвер виртуального MIDI-интерфейса стороннего разработчика, например MIDI Yoke, записанный на DVD.

1. Инициировав IAC или MIDI Yoke, запускаем Ableton Live.
2. Создаем MIDI-дорожку и присваиваем ей имя "Macro track".
3. Направляем выходной MIDI-сигнал дорожки Macro track в IAC или MIDI Yoke.
4. В меню Preferences⇨MIDI/Sync⇨Active Devices выбираем опцию Remote для IAC или MIDI Yoke, чтобы назначить этот программный инструмент в качестве входа команд дистанционного управления. В результате мы задали маршрутизацию MIDI-команд из нашей дорожки "Macro track", созданной в Ableton Live, обратно в Live как команд внешнего источника дистанционного управления.

В одном и том же MIDI-клипе, хранящемся в дорожке Macro track, может быть записано любое число нотных сообщений и/или управляющих процедур, имеющих разное функциональное назначение в Ableton Live. Одного-единственного макроклипа достаточно для включения/выключения пяти-шести устройств, запуска и останова клипов в разных дорожках и т.д. Запись макроклипа можно делать вручную, вводя данные в окне Clip View или автоматически, нажав кнопку записи в меню макроклипа и записав все действия, выполняемые с манипулятором (используйте для создания этого макроса многократную запись в режиме наложения, чтобы послойно внести в него все события).

Использование дорожки Macro track куда более удобное и гибкое решение по сравнению с использованием инструмента scene, поскольку теперь мы не ограничены только запуском клипов, а можем управлять в Ableton Live чем угодно,

чем можно управлять с помощью MIDI-команд. Можно, например, создать макрос управления кроссфедингом, в процессе которого изменять пропорцию обработанного и исходного сигналов (wet/dry) или время задержки эффекта. Можно запускать несколько клипов, затем постепенно изменяя параметры эффектов, подключенных к ним. Возможности ограничены только выбором функций, допускающих MIDI-управление в Ableton Live (и, конечно, можно по-прежнему запускать сцены и клипы, использовать для управления физические манипуляторы музыкальных инструментов и продолжать играть на программных синтезаторах в процессе воспроизведения дорожки Macro clip).

Запуск аудиоклипов с помощью барабанных сэмплеров

Хотя программа Ableton Live обладает обширными возможностями аранжировки и запуска клипов, в ней отсутствует ряд необходимых для сценических выступлений функций, которыми отличаются барабанные сэмплеры. Настоящий барабанный сэмплер с точки зрения "живого" исполнения обладает рядом преимуществ. Самое важное — это то, что в барабанных сэмплерах предусмотрена возможность использования параметра `velocity` для модуляции определенных характеристик исполнения. Таким образом, появляется возможность, изменяя силу удара по клавише MIDI-клавиатуры или по барабанной подушке, изменять громкость воспроизведения клипа, частоту отсечки фильтра или даже место в клипе, с которого начинается его воспроизведение. Вы можете использовать эти функциональные возможности для усиления реалистичности звучания ударных инструментов, но даже в случае использования не барабанных, а других сэмплеров они могут оказаться полезными для усиления выразительности воспроизведения сэмплов (**рис. 13.17**).

Хотя с точки зрения возможностей редактирования сэмплов программа GURU компании *Expansion* — инструмент в стиле ритм-машины, по своим функциональным возможностям она несколько уступает барабанным сэмплерам; тем не менее в ней вы можете

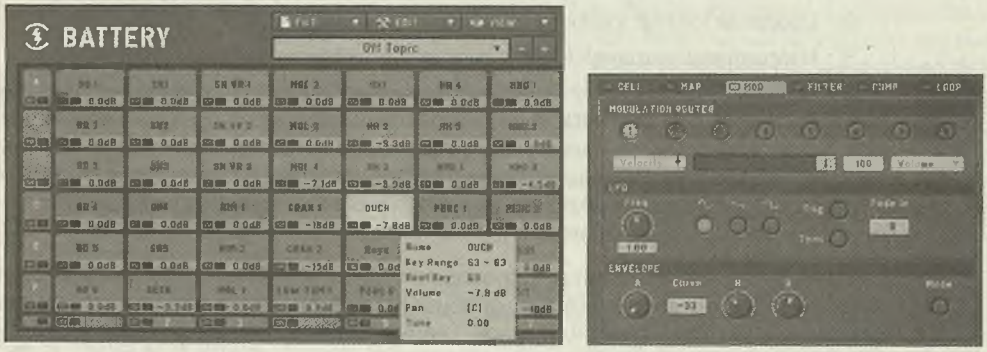


Рис. 13.17. *Барабанный сэмплер отлично подходит для воспроизведения не одних только сэмплов ударных инструментов, но также других видов сэмплов. В программе Battery компании* Native Instruments *вы можете загружать аудиоклипы в группы (bank) и окошки (slot), чтобы запускать их MIDI-командами (слева). Хотя, в отличие от Ableton Live, в Battery запуск воспроизведения сэмпла не привязывается к такту или доле такта аранжировки, окошки (slot) в этой программе являются элементами, "чувствительными" к такому параметру, как* `velocity`*, и для них предусмотрен широкий набор настроек модуляции. Программа Battery оснащена разнообразными инструментами управления модуляцией (справа), расширяющими возможности оперативного управления клипами по ходу их воспроизведения*

группировать наборы "порций" цифрового звука, компонуя из них сцены для последующего запуска. Наличие в составе этой программы, как и в составе приложения Ableton Live, MIDI-образцов дает возможность также "набирать" из них различные ритмические трафареты и запускать их воспроизведение.

Как выбрать необходимый инструмент? Барабанные сэмплеры, если их использовать в качестве основного инструмента, а не просто для создания аккомпанемента, звуковых эффектов или статических реплик, позволяют усилить выразительность исполнения. С другой стороны, барабанные сэмплеры лишены функциональных возможностей аранжировки и синхронизированного запуска с привязкой к доле такта, которыми обладает такая программа, как Ableton Live. К счастью, необходимости идти на вынужденный компромисс нет: можно загрузить в приложение Ableton Live подключаемый модуль барабанного сэмплера, например Battery компании *Native Instruments*. Этот вариант обеспечивает возможность синхронного, с привязкой к доле бита, запуска циклически повторяемых аудиообразцов (loop) в Ableton Live с помощью клавиатуры или ножной MIDI-педали и одновременного исполнения сэмплов и партий ударных инструментов на барабанной подушке, оснащенной датчиками силы удара или барабанах с MIDI-интерфейсом.

Запускаем клипы ногами. Если руки настолько заняты, что нет ни малейшей возможности запускать клипы вручную, не остается ничего другого, как использовать ножную педаль. Присмотритесь к педальным панелям, в составе которых имеются так называемые "педали сцен" (scene pedal), позволяющие выбирать разные группы педалей (иначе количество сэмплов, которыми вы сможете распоряжаться на протяжении всего исполнения, будет ограниченным — семь-девять сэмплов и не более).

Раскладка клипов по аппаратным MIDI-манипуляторам

Во многих программах, предназначенных для воспроизведения сэмплов, запуск клипов можно осуществлять с помощью мыши, но, согласитесь, что это довольно утомительное занятие. Поэтому многие отдают предпочтение MIDI-манипуляторам. Назначив клипы разным клавишам MIDI-клавиатуры, вы превратите нотные клавиши в манипуляторы клипов. Для этой цели отлично подходит компактная двухоктавная клавиатура, которая может понадобиться как дополнение к основной клавиатуре в том случае, если вы хотите использовать основную клавиатуру исключительно для игры на программном синтезаторе.

Запомнить раскладку клипов по клавишам клавиатуры не так легко, поэтому многие исполнители предпочитают использовать в качестве MIDI-манипулятора для запуска клипов барабанную подушку. В Korg Kontrol49 барабанная подушка, объединяющая 4×4 элемента, выгодно отличается тем, что удобно совмещается с клавиатурой, хотя для таких случаев, когда необходимо, чтобы характеристика исполнения клипа менялась в зависимости от силы удара по MIDI-подушке (примером может служить звук джазовой подвесной тарелки), она не подходит, поскольку весьма слабо реагирует на изменение силы удара. Специальные барабанные триггеры, например Akai MPD-16 (`www.akai.com`) и M-Audio Trigger Finger, особенно хорошо подходят для управления звучанием клипов путем изменения силы удара по MIDI-подушке, как в барабанном сэмплере (в Ableton Live при запуске клипов параметр `velocity` игнорируется). По барабанным подушкам можно стучать пальцами или барабанными палочками и они удобно размещаются на клавиатуре или пюпитре, не мешая играть на основном инструменте.

Использование двух отдельных блоков барабанных подушек расширяет возможности одновременной подачи команд; например, можно использовать одну подушку для запуска клипов, а другую — для манипуляции группами клипов (т.е. элементами scene или

song в зависимости от того, чем конкретно вы управляете). С помощью поворотных и движковых регуляторов пульта M-Audio Trigger Finger (**рис. 13.18**) вы можете одновременно управлять уровнями эффектов в ряде программ, ориентированных на ударные инструменты, в том числе в программе Battery.

Рис. 13.18. *Разложите клипы, сэмплы, аудиообразцы или наборы ударных инструментов по манипуляторам на режиссерском пульте M-Audio Trigger Finger и управляйте ими пальцами. Пульт Trigger Finger оснащен подушками с датчиками силы удара, что расширяет возможности исполнения (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Avid Technology, Inc.*)*

Запись сэмплов во время выступления

Возможности "живого" исполнения с использованием заранее записанных сэмплов огромны, но многие вокалисты, гитаристы, ударники и другие музыканты, играющие на акустических инструментах, хотят использовать в качестве сэмплов "живые" звуки, которые они создают во время выступления.

Для решения этой задачи выпускается множество устройств, пользующихся широкой популярностью. Например, педальное устройство записи фрагментов (phrase recorder) Boss Loop Station RC-20 — вещь недорогая и широкодоступная, но в нем отсутствует MIDI-интерфейс. Большинство аппаратных сэмплеров (их еще называют "phrase sampler") оснащается MIDI-интерфейсом и поддерживает синхронизацию с использованием MIDI-сообщений типа `clock`, поэтому тем, кто предпочитает использовать аппаратные средства, будет несложно синхронизировать их с компьютером, назначив либо ведущим (master), либо ведомым (slave) устройством.

Но использование программных средств позволяет легко манипулировать программными эффектами и интегрировать записанный звук в уже имеющуюся аранжировку. Но есть один прием, реализуемый с помощью такого устройства, как Loop Station, который программными средствами реализовать, как правило, не удается, — это создание первичного (first-record) аудиообразца, длина которого (т.е. например, время удержания в нажатом состоянии педали записи) задает темп. ПО для записи сэмплов, как вы убедитесь на практике, обладает возможностями, не достижимыми аппаратными средствами, и не по-

следнее место в этом списке занимает возможность записи аудиоинформации на жесткий диск компьютера, что позволяет ее сохранять и повторно использовать.

Попробуйте использовать программу Musolomo, записанную на прилагаемом к книге DVD. Бесплатная программа Musolomo, записанная на диске, предназначена для манипулирования аудиообразцами в режиме реального времени.

В программе Ableton Live вы можете записывать клипы, сразу же занося их в интерфейс программы, поэтому данную программу можно использовать в качестве сценического сэмплера аудиообразцов и при желании включать аудиосэмплы, записываемые по ходу выступления, в число аудио- и MIDI-клипов, используемых в выступлении. Приложение Guitar Rig компании *Native Instruments* является по оснащению встроенными средствами манипулирования аудиосэмплов одной из лучших программ. В ее составе имеется инструмент Loop Machine, обладающий расширенными возможностями реализации технологии наслоения (layering), позволяющий стирать (undo) ошибочные записи и записывать первичный аудиообразец (first-record loop) любой длительности, а также экспортировать аудиоданные.

Что касается Mac-компьютеров, бесплатный "инструмент записи сэмплов" Musolomo компании *Plasq* (`www.plasq.com`) облегчает назначение MIDI-команд и использование механизма вырезания из сэмплов ритмических сегментов в режиме реального времени (**рис. 13.19**). Музыканты, работающие в приложении Ableton Live, даже объединяют его встроенные инструменты с возможностями Musolomo, хотя эта программа имеется и в варианте подключаемого модуля стандарта Audio Unit для ОС Mac и будет работать также в других базовых приложениях, например Apple Logic. Аналогично тому, как это сделано в Ableton Live, запись, сделанная в Musolomo, синхронизируется по темпу исполнения и подгоняется по длительности. В Musolomo предусмотрены такие возможности, как имитация треска и щелчков, изменение высоты тона в зависимости от скорости "протяжки ленты", автоматический пропуск тактов аудиозаписи; к тому же вы избавляетесь

Рис. 13.19. *С помощью записанного на DVD бесплатного подключаемого модуля Plasq Musolomo, который работает на операционной платформе Mac, можно записывать, воспроизводить и наслаивать аудиообразцы, в широких пределах управляя скоростью, тональностью, пропуском тактов и имитируя щелчки в звукозаписи. Удобный интерфейс, но сделано все это для того, чтобы он отвлекал как можно меньше: все управление построено на MIDI-технологии (не нужно непрерывно смотреть на экран, чтобы следить за интерфейсом программы, благодаря его мигающему цветному контуру)*

от необходимости работать, не отрывая глаз от экрана (интерфейс этой программы легко отслеживать боковым зрением благодаря мигающему цветному контуру, и назначение MIDI-команд можно делать не заранее, а "на лету", используя комбинации MIDI-клавиш).

В числе бесплатных альтернативных программ — Zone Mobius, совместимая только с ОС Windows (`www.zonemobius.com`), которая имитирует Echoplex Digital Pro with Loop IV, и SooperLooper, совместимая с ОС Mac/Linux (`http://essej.net/sooperlooper`).

Ди-джеинг и технологии записи и манипулирования сэмплами и циклически повторяемых аудиообразцов имеют множество точек соприкосновения. Не говоря уже о самих технологиях, использование аппаратных режиссерских пультов в стиле ди-джеев, например, выпускаемых компаниями *Behringer* и *Hercules*, облегчает манипулирование аудиообразцами. Об этом читайте далее в этой главе, в разделе "Альтернативная аппаратура для реализации технологии «царапания»".

Практика: записываем аудиосэмплы в Ableton Live в режиме реального времени

В программе Ableton Live вы можете записывать аудиосэмплы в окошки клипов и воспроизводить их в режиме циклического повторения, вызывая из этих окошек (**рис. 13.20**).

1. Создаем набор дорожек аудиозаписи, подключаем все дорожки к выходу микрофона или инструмента и включаем все дорожки в режим записи (для одновременного включения всех дорожек в программе, работающей на операционной платформе Mac, нужно щелкнуть мышью, удерживая нажатой клавишу <Cmd>, а в программе, работающей на операционной платформе Windows, нужно щелкнуть мышью, удерживая нажатой клавишу <Ctrl>). Все окошки клипов должны оставаться в стандартном режиме запуска,Trigger.
2. Для привязки сэмплов к темпу сочинения подготавливаем средства синхронизации. Для этого можно использовать метрономную дорожку, под аккомпанемент которой проиграть имеющийся аудиообразец, чтобы получить привязку к темпу, или использовать механизм ручного выбивания такта — Tap Tempo.
3. Задаем значение параметра глобального квантования (global quantization). Задаем его равным длительности такта (или другого крупного интервала времени), если необходимо быстро записывать аудиообразцы длиной в такт. Для более тонкого контроля выбираем более короткий интервал квантования (например, четвертную ноту); это дает возможность легко корректировать такие параметры, как старт/стоп (start/end), длина (length), позиция (position) и "толчок" (nudge) при исполнении разных частей циклически повторяемого аудиообразца.
4. Когда все готово, нажимаем кнопку записи в пустом окошке клипа, чтобы начать запись (чтобы не делать этого с помощью мыши, нужно предварительно назначить окошки клипов разным MIDI-командам или использовать заготовленный шаблон такой раскладки).
5. Для прекращения записи и немедленного начала циклического воспроизведения только что записанного аудиообразца выполняем команду запуска в том же самом окошке клипа. Начнется циклически повторяемое воспроизведение клипа в темпе исполняемой композиции (если немедленного воспроизведения записанного клипа не требуется, чтобы остановить запись, выполните команду запуска в пустом окошке клипа).

Для наслаивания циклически повторяемых сэмплов повторите пп. 3 и 4, выбрав необходимые дополнительные дорожки. Можно сделать по-другому — выполнить команду запуска в пустом окошке клипа вместо ее повторения, как описано в п. 3, затем с помощью мыши перетащить клип в проигрыватель сэмплов Simpler, который входит в состав Ableton Live, для исполнения того же самого звука (в измененной тональности) через MIDI-клавиатуру или перетащить клип в пустое окошко ритм-машины Impulse (к сожалению, эту операцию можно выполнить только с помощью мыши).

Что касается расширенных возможностей управления, вы можете регулировать позицию воспроизводимого участка сэмпла, используя настройки квантования в п. 3. Например, вы можете сыграть только третью и четвертую доли из однотактной фразы. Все настройки — nudge left/right, start/end и position — в окне Clip View могут выполняться по MIDI-командам; таким образом, вы можете манипулировать всеми этими настройками, не прибегая к помощи мыши и даже не глядя на экран.

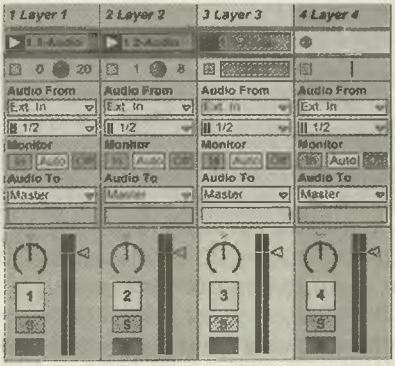


Рис. 13.20. *Используя встроенные инструменты записи клипов в Ableton Live, вы можете наслаивать аудиосигналы, поступающие от микрофона, инструмента или другого источника, и при желании микшировать их с имеющейся аранжировкой*

Ди-джеинг и новые аранжировки музыкальных композиций в ходе выступления

Современный ди-джеинг мало чем похож на то, с чего он начинался, — трансляция звукозаписей по радио или в танцевальном зале в строгой, неизменной последовательности. Сейчас слово "ди-джеинг" означает создание оригинальной электронной музыки прямо в ходе выступления, иногда даже без использования заранее заготовленных музыкальных записей. Музыка в стиле ди-джеинга — это ничем не ограниченное манипулирование тактами, импровизация и создание на ходу. Хотя в традиционный аппаратный комплекс для ди-джеинга входят два проигрывателя грампластинок, подключенных

к микшеру, ди-джеи используют также сэмплеры, ритм-машины, синтезаторы и другую аппаратуру. В компьютерном ди-джеинге используются как программные имитаторы традиционного аппаратного комплекса, базирующегося на проигрывателях грампластинок и микшерах, так и технологии, получившие признание и в других музыкальных жанрах.

DJ-микшеры и цифровой звук

Одной из самых полезных технологий для компьютерных пользователей, которых привлекают DJ-микшеры, стала USB-технология подключения аудиоаппаратуры. USB-технология облегчает как микширование, так и звукозапись. Что касается микширования — упростилась интеграция компьютерного источника аудиосигнала (или нескольких компьютерных источников звука) с проигрывателями грампластинок и процессорами эффектов. Что касается записи — во многих микшерах, оснащенных USB-интерфейсом, предусмотрена двунаправленная передача аудиоданных, а это означает возможность одновременно с передачей данных из компьютера в микшер записывать готовый микшированный звук с выхода микшера, чтобы сохранить его на будущее.

Возможно, вы хотели бы подобрать DJ-микшер со входами/выходами стандарта S/PDIF (с USB-интерфейсом или без него) для своего компьютера и другого аудиооборудования.

В число DJ-микшеров с интерфейсом USB входят трехканальный Gemini PS-02 USB (`www.geminidj.com`), разнообразные модели компании *Numark* (`www.numark.com`) и аппаратно-программный комплекс Rane MP4 (`www.rane.com`). В профессиональный комплекс Xone:3D компании *Allen & Heath* входит микшер, режиссерский пульт и устройство сопряжения аудиоаппаратуры, оснащенное интерфейсом USB (`www.xone.co.uk`). Используя функциональные возможности MIDI-манипуляторов в совмещенном микшере — устройстве сопряжения Xone:3D, вы можете интегрировать в него программное обеспечение, например, Traktor или Ableton Live так, как будто на самом деле это аппаратура.

Многие из этих микшеров отличаются портативностью и/или возможностью установки в аппаратную стойку, что делает их намного более удобными в работе, чем не приспособленные для сценических выступлений домашние микшеры.

DJ-микшеры

Независимо от того, используете вы компьютер или нет, важнейшим устройством в арсенале ди-джея является микшер. DJ-микшеры — это специализированное оборудование, предназначенное для выступлений: по целенаправленно подобранному дополнительному оснащению и функциональным возможностям они приспособлены именно для выступлений. Многие компьютерные музыканты выработали определенный стандарт оснащения, пусть даже в нем уже не бросается в глаза такая вещь, как проигрыватель пластинок.

Простейший вариант DJ-микшера — двухканальный, хотя во многих DJ-микшерах может быть четыре и больше каналов, что расширяет возможности подключения различных источников звука — инструментов, микрофонов и т.п. Главная отличительная особенность микшера, предназначенного для выступлений, — кроссфедер, движковый регулятор, позволяющий плавно переходить с канала на канал (плавный переход с канала на канал получил название сэгуэ (segue)).

В концертной аппаратуре для перехода с канала на канал необходим настоящий кроссфедер; в традиционном микшере для этого приходится работать обеими руками, синхронно двигая регуляторы уровня обоих каналов, поэтому плавно сделать это получается далеко не всегда. В специальных программах для ди-дежинга, таких, например, как Traktor DJ Studio компании *Native Instruments*, кроссфедер является непременным атрибутом. Но, за исключением специального ПО для ди-джеинга, в остальных аудиоприложениях кроссфедер — это редкость. Программа Ableton Live является исключением — в ней любую дорожку (или группу дорожек записи) можно назначить общему A/B-кроссфедеру. Вам понадобится также аппаратный кроссфедер для управления программным кроссфедером, такой, например, как Evolution X-Session компании *M-Audio* (**рис. 13.21**).

Рис. 13.21. *Если вам необходим всего лишь кроссфедер, обратите внимание на Evolution X-Session компании* M-Audio *— режиссерский пульт, оснащенный кроссфедером. Он имеет небольшие размеры и удобно помещается над MIDI-клавиатурой (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Avid Technology, Inc.*)*

Если в программе не предусмотрен кроссфедер, вы можете подключить аппаратный DJ-микшер к компьютеру и таким образом осуществлять плавное переключение между компьютером и другим источником аудиосигнала (например, проигрывателем грампластинок, ритм-машиной или другим компьютером). Аппаратные микшеры могут иметь дополнительное оснащение: микрофонный предусилитель, предусилитель проигрывателя, процессоры эффектов (например, трехполосный эквалайзер и синхронизируемое устройство задержки) и многое другое. Конечно, компьютер дает возможность вместо аппаратных использовать программные эффекты.

Программное обеспечение для ди-джеинга

Приложения для ди-джеинга способны имитировать многие устройства, входящие в состав аппаратного комплекса для ди-джеинга.

- **Виртуальные деки.** Деки с полнофункциональным регулированием высоты тона и режиссерской разметкой в стиле "установка иглы звукоснимателя".
- **Коллекция "грампластинок".** База цифровых записей музыкальных альбомов для воспроизведения на виртуальном проигрывателе.

- **DJ-микшер.** Многоканальный микшер (с кроссфедером) с подключением от двух до четырех дек, микрофонный вход, отдельные выходы для служебных команд (режиссерских реплик) и подключения звукоусилительной аппаратуры (Traktor DJ 3 и последующие версии полностью имитируют функциональные возможности аппаратного микшера Xone:92 компании *Allen & Heath*).
- **Эффекты.** Во многих приложениях предусмотрено дополнительное оснащение, характерное для DJ-аппаратуры, — трехполосный эквалайзер (атрибут аппаратных DJ-микшеров) и блок задержки (аналогичный используемому во внешнем оборудовании спецэффектов).
- **Сэмплер.** Переход в любое заданное место звукозаписи и настройки режима циклического повторения обеспечивают пользователю возможности, недостижимые при использовании проигрывателя, но реализованные в аппаратуре цифровой звукозаписи.

Благодаря широким возможностям настройки пользовательского экранного интерфейса и способу, которым осуществляется его раскладка по аппаратным MIDI-манипуляторам и регуляторам проигрывателей, это DJ-приложение становится по-настоящему виртуальным аппаратным комплексом.

Конечно, компьютерное ПО, предназначенное для ди-джеинга, обладает такими возможностями, которых аппаратный комплекс обеспечить не может. Например, инструменты графического представления аудиосигнала, автоматической привязки к доле такта и циклического повторения позволяют совершенно иначе, чем это делается аппаратными средствами, манипулировать долями тактов. Для одних это всего лишь трюк. А для других это может стать инструментом создания новых звучаний и новых стилей исполнения. ПО, предназначенное для ди-джеинга, открывает также доступ к цифровым файлам и возможность манипулирования цифровыми сэмплами так, как если бы это были грампластинки.

Имеется широкий выбор программных приложений без какого-либо оборудования.

- **Traktor DJ Studio** компании *Native Instruments* (Windows/Mac, `www.native-instruments.com`). Флагман серии продуктов DJ компании *Native Instruments*, обладающий огромными функциональными возможностями, в числе которых — микшер, рассчитанный на подключение до четырех дек, и синхронизируемые к темпу эффекты, имитирующие аппаратные процессоры эффектов (**рис. 13.22**).
- **VirtualDJ** компании *PCDJ* (Windows, `www.pcdj.com`). Полнофункциональный имитатор "ди-джеинга на проигрывателе грампластинок" с такими возможностями придания реалистичности звучанию виртуального инструмента, как имитация нарушений звука, происходящих в реальных условиях эксплуатации.
- **djDecks** (Windows, `www.djdecks.be`). Выделяется до смешного низкой ценой ($30) по сравнению с конкурентами, при том что имеет полный комплект функциональных возможностей и мультиплатформенную поддержку аппаратных систем управления.

Если ваши интересы сводятся всего лишь к микшированию и режиссерским репликам, можете обратить внимание на приложение MegaSeg, совместимое только ОС Mac (`www.megaseg.com`). В нем отсутствуют такие необходимые для исполнителей, играющих на проигрывателях грампластинок, возможности, как имитация царапания грампластинок; упор сделан на функциональные возможности управления списками и библиотеками файлов звукозаписей и трансляции как через радиосети, так и через Интернет-радио.

Что можно сказать о таком "альтернативном" DJ-приложении, как Ableton Live, не предназначенном для имитации аппаратных средств? В Ableton Live отсутствуют инструменты управления библиотеками файлов, хотя в Ableton Live 5 заложены инструменты быстрого поиска файлов в форматах MP3, AIFF, и WAV по имени файла. В нем также отсутствуют возможности имитации проигрывателя грампластинок, например реальное управление высотой тона и имитация царапания, а также не предусмотрено взаимодействие с большинством интерфейсов, реализующих эффект царапания грампластинок.

Рис. 13.22. *В интерфейсе Traktor DJ компании* Native Instruments, *выполненном в "аппаратном" стиле, проявляются общие особенности, присущие ПО для ди-джеинга. Виртуальные деки воспроизводят аудиообразцы или полные композиции, загружаемые из музыкальной библиотеки (1). Благодаря расширенным настройкам имеется возможность индивидуального воспроизведения клипов в режиме циклического повторения (2) и добавления эффектов с привязкой к конкретным долям такта (3) с использованием эквалайзера в "микшерном" оформлении (4). Эти функциональные возможности позволяют компоновать из аудиообразцов совершенно новые композиции, дополняя их режиссерскими репликами (5) (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Native Instruments, Inc.*)*

С другой стороны, будь то Ableton Live или заказное ПО для ди-джеинга, создаваемое ди-джеями на базе таких утилит, как Max/MSP и Native Instruments Reaktor, такое программное решение правильнее рассматривать как своего рода мост между традиционными технологиями ди-джеинга и технологиями, используемыми в электронной музыке. Отсутствие одних функциональных возможностей в таких программных решениях возмещается наличием других функциональных возможностей. Такие программы, как Ableton Live, могут в то же время использоваться в качестве полнофункциональных рабочих станций цифровой звукозаписи (DAW), расширяя возможности аранжировки и обеспечивая доступ к библиотеке подключаемых модулей эффектов и инструментов. Те, кого интересуют исключительно микширование и имитация треска поцарапанных грампластинок, могут быть безразличны к возможности наложения синтезированного трафарета на циклически повторяемый аудиообразец, хотя для других музыкантов эта функция может оказаться инструментом, позволяющим усилить выразительность и нестандартность их выступления. Выбор приложения целиком зависит от музыкального темперамента и стиля исполнителя.

Управление файлами

Огромное преимущество компьютерных технологий заключается не только в том, что они дают возможность растягивать во времени звук и манипулировать им самыми разными способами, чего не могут обеспечить традиционные инструменты ди-джеинга, но и в том, что они позволяют управлять файлами. DJ-приложения поддерживают разнообразные файловые форматы, не только форматы оцифрованного звука, такие как AIFF/WAV, но и форматы со сжатием звука — WMA, OGG, AAC и MP3. Инструменты каталогизации и поиска позволяют достаточно легко находить необходимые музыкальные записи.

Приложения Traktor и MegaSeg сопрягаются с музыкальной библиотекой программного плейера iTunes. К сожалению, ограничения на копирование не позволяют большинству программ использовать музыкальные записи, приобретенные в Интернет-магазине iTunes Music Store (так же, как и защищенные файлы Windows Media на PC-компьютере), но зато это не относится к компакт-дискам, которые записаны самостоятельно. (Программа MegaSeg является исключением; она в действительности дает возможность использовать записи, приобретенные в Интернет-магазине iTunes Music Store. Программа Traktor DJ 3 и ее последующие версии допускают использование записей, приобретенных в Интернет-магазине Beatport, ориентированном на ди-джеев.)

Поскольку количество одновременно воспроизводимых каналов стереозаписей в DJ-приложениях не слишком велико (как правило, от двух до четырех), они не столь требовательны к характеристикам жестких дисков, как другие аудиоприложения. Например, вы можете хранить музыкальные записи на жестком диске своего портативного плейера. Некоторые приложения (в том числе Traktor и MegaSeg) способны считывать записи непосредственно из плейера iPod.

Инструменты режиссуры и управления тональностью

Микширование в стиле ди-джеинга приобретает особый интерес, когда оно дополнено инструментами режиссуры, позволяющими размечать аудиофайлы, указывая, с какой позиции начинать воспроизведение. С помощью режиссерских реплик и микширования ди-джей может кромсать как угодно исходные записи, компонуя из них новые музыкальные фразы. Компьютерные программы дают возможность реализовать такую режиссуру, которая невозможна при использовании традиционных аппаратных инструментов ди-джеинга, благодаря им вы получаете возможность визуализировать звук, записанный в файле, и расставить режиссерские реплики, точно задав их позиции или привязав к заданным долям тактов композиции.

Практически во всех программах для ди-джеинга и музыкальных редакторах вы можете задавать начало и конец участка воспроизведения с помощью мыши, а в ряде программ к тому же предусмотрена возможность использования MIDI-манипуляторов (в Ableton Live предусмотрена возможность назначения MIDI-командам точек начала и конца участка записи, но отсутствует возможность непосредственного "царапания" аудиофайла).

Реплика используется для синхронизации запуска воспроизведения аудиофайла. Инструменты регулирования скорости дают возможность согласовать такты или синхронизировать скорости воспроизведения виртуальных дек. В аппаратном комплексе единственный способ добиться этого — изменение скорости вращения грампластинки; эту функцию называют еще "регулирование тональности" (pitch control). В проигрывателе тональность звука и скорость вращения грампластинки взаимосвязаны, снижение скорости автоматически приводит к снижению тональности звука.

Компьютерные технологии позволяют корректировать высоту тона и скорость независимо; дополнительная информация по этой теме приведена в главе 5 и в разделе "Рит-

мические сегменты и доли такта в аудиозаписи" главы 10. Но, поскольку изменению тональности звука при изменении скорости вращения грампластинки в аппаратном проигрывателе присуще своеобразие звучания, во многих DJ-программах предусмотрена возможность настройки конфигурации, обеспечивающая взаимозависимость тональности и скорости, присущую аппаратурному проигрывателю. В программных ритм-машинах, сэмплерах и таких программах, как Ableton Live, задайте настройки воспроизведения клипа, обеспечивающие зависимость тональности звука от темпа (вместо стандартной по умолчанию настройки частотно-независимого деформирования (warping) клипа. В Ableton Live для этого дважды щелкните мышью на аудиоклипе, затем в Sample Box выберите в контекстном меню Warp Mode команду Re-Pitch.

Служебный канал звука для прослушивания через наушники

Возможность прослушивания звука через наушники до того, как аудисигнал попадает в микшер, крайне необходима не только ди-джеям, но и всем музыкантам для предварительного прослушивания циклически повторяемых аудиообразцов и других аудиозаписей, синхронизируемых к ритму исполнения. Возможность режиссуры путем предварительного прослушивания через наушники имеет настолько важное значение, что термином "режиссерская разметка" (cueing) стали обозначать любую разметку звука с использованием прослушивания через наушники. К сожалению, в аудиоинтерфейсах портативных компьютеров, за редким исключением, отсутствует отдельно назначаемый телефонный выход. Обычно, хотя для выхода на наушники может быть предусмотрен отдельный регулятор громкости, поступающий на этот выход сигнал снимается со стереовыхода микшера. Тому, кто использует в выступлении портативный компьютер и хочет иметь отдельный канал для наушников, нужно выбрать аудиоинтерфейс, в котором такая возможность предусмотрена. Если ничего подходящего найти не удастся, подберите устройство сопряжения, в котором имеются дополнительные выходы, которые можно коммутируя подключать к усилителю наушников или микшеру, и подключите к такому выходу наушники.

Портативные устройства сопряжения (аудиоинтерфейсы), оснащенные коммутируемыми выходами для наушников

Echo Audio PCMCIA Indigo DJ (www.echoaudio.com)

E-MU1616/1616M (www.emu.com)

Focusrite Saffire (www.focusrite.com)

M-Audio Fast Track Pro и FireWire 1814 (www.m-audio.com)

PreSonus FireBox (www.presonus.com)

Необходимо также обеспечить маршрутизацию сигнала в программе таким образом, чтобы он попал на выход, предназначенный для подключения наушников (**рис. 13.23**). В Ableton Live и большинстве DJ-приложений имеются отдельные настройки для канала служебной информации, подключенного к выходу для наушников. (Если имеется возможность маршрутизации одновременно в два аудиоинтерфейса, то можно использовать даже штатный компьютерный выход на наушники, т.е. в этом случае можно обойтись имеющимся аудиоинтерфейсом, в котором отсутствует коммутируемый выход на наушники. Следует учитывать, что штатные драйверы Windows для звуковых карт могут создавать большую задержку и вследствие этого могут оказаться малопригодными для предварительного прослушивания.)

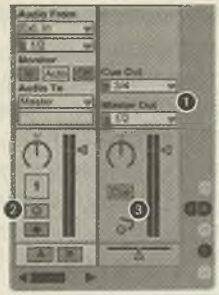


Рис. 13.23. *Для прослушивания дорожки режиссерских реплик необходимы отдельный выход в аудиоинтерфейсе для воспроизведения через него служебной дорожки (1) и возможность маршрутизации сигналов на этот выход (2). В DJ-приложениях эти требования соблюдаются повсеместно. Но в Ableton Live, поскольку в этом приложении переключатель режима любой дорожки имеет несколько вариантов установки и по умолчанию установлен в режиме Solo, необходимо переключить дорожку из режима Solo в режим Cue (3)*

"Царапание" звука с помощью компьютера

Включение компьютерных технологий в арсенал ди-джеев обеспечивает три варианта реализации этого эффекта.

- **Имитация "царапания" традиционным способом.** Микширование царапающего звука грампластинки, создаваемого с помощью проигрывателя, со звуком, синтезируемым компьютером, путем подключения проигрывателя к микшеру либо непосредственно к компьютеру через устройство сопряжения аудиоаппаратуры.
- **Управление компьютером с помощью проигрывателя.** Специализированный программный аудиоинтерфейс обеспечивает возможность преобразования движения грампластинки, создающей царапающий звук, в управляющую информацию, передаваемую в компьютерное приложение и используемую для соответствующей обработки аудиофайлов вместо непосредственного воспроизведения записи.
- **Замена проигрывателя новым интерфейсом.** Поскольку в данном случае исполнитель управляет компьютером, необходимость в использовании традиционного проигрывателя вообще отпадает. Новые цифровые устройства, подключаемые по USB- или MIDI-интерфейсу, обеспечивают альтернативные способы физической имитации этого эффекта.

"Царапание" с помощью проигрывателя: что для этого необходимо

Если вы намерены использовать для создания царапающего звука грампластинку, обратите внимание на то, что для этого подходит далеко не любой проигрыватель.

- **Проигрыватель.** Тяжелая, с непосредственным приводом, "вертушка".
- **Звукосниматель.** Им не жалко царапать.

"Вертушка" с непосредственным приводом — это обязательное устройство, потому что манипулирование пластинкой на диске проигрывателя создает нагрузку на привод, результатом чего являются пропуски и неравномерность вращения диска, а со временем и выход проигрывателя из строя. "Вертушка" с ременным приводом, а именно такой тип привода использован в большинстве бытовых проигрывателей и портативных, ультралегких моделей проигрывателей, не обеспечивает достаточной стабильности при манипулировании грампластинкой на диске. Ременной привод ненадежен и более склонен к про

пускам звука и повреждению. (По заявлению компании *Numark* ее портативный проигрыватель грампластинок PT01 подходит для этой цели. Для "царапания" рекомендуется использовать фетровый коврик, входящий в комплект проигрывателя; но те, кто попробовали PT1 на практике, недовольны результатом, он получается куда более впечатляющим, если просто руками двигать тяжелый диск на качественной "вертушке" с непосредственным приводом).

Теоретически любой звукосниматель подходит для царапания, но одни из них делают это хуже, а другие — лучше. Звукосниматели для высококачественных проигрывателей разрабатываются, исходя из прямо противоположных принципов: они должны создавать как можно меньшее давление на грампластинку. Лучше возьмите качественный звукосниматель, специально предназначенный для царапания, например Stanton 505 или Shure M44-7. Он прослужит дольше, работать будет лучше (надежно создавая царапающий звук с меньшим числом пропаданий) и даст большой выходной сигнал.

Подключение проигрывателя

Какой бы вариант использования проигрывателя вы ни выбрали, будь то непосредственный ввод царапающего звука или использование сигнала проигрывателя для специального программного управления компьютерным звуком, необходимо уметь правильно подключать выход звукоснимателя проигрывателя (во всех схемах компьютерного управления звуком в качестве управляющего сигнала используется аудиосигнал с выхода проигрывателя).

В проигрывателях на выходе звука установлен, как правило, несимметричный разъем RCA (так называемый "phono"), но просто подключить его ко входу аудиоинтерфейса, как любой другой несимметричный аудиовыход, нельзя. Стандартный выходной сигнал звукоснимателя по напряжению намного меньше уровня линейного сигнала, и для его усиления требуется предусилитель. Кроме того, поскольку технология записи грампластинки предусматривает специальную коррекцию сигнала, этот предусилитель должен иметь специальную амплитудно-частотную характеристику для точного восстановления звука, записанного на грампластинке.

К счастью, предусилители звукоснимателей проигрывателей — это простые и недорогие схемы. В те времена, когда проигрыватели пользовались широким потребительским спросом, все бытовые радиоприемники и усилители оснащались входом для подключения проигрывателя. В современной бытовой радиоаппаратуре их уже не встретишь, но блоки предусилителей звукоснимателей проигрывателей — не дефицит и стоят не больше $40. В число высококачественных популярных моделей входят ARTcessories DeeJayPre и Rolls VP29 (`www.artproaudio.com`). Убедитесь, что в блоке предусилителя имеется специальная винтовая клемма для заземления корпуса проигрывателя; она необходима для предотвращения возникновения паразитного контура по земле питания и снижения за счет этого уровня помех в сигнале.

Приобретя предусилитель, подключаем выход проигрывателя к его входу, а выход предусилителя — к линейному входу устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером. Для каждого проигрывателя, который вы собираетесь использовать, требуется отдельный предусилитель или отдельный входной разъем звукоснимателя. Некоторые предусилители уже оснащаются интерфейсом USB; в этом случае устройство сопряжения вовсе не понадобится (предусилитель ARTcessones USB Phono Plus представляет собой особенно удачный вариант — красивая передняя панель с органами управления

Рис. 13.24. *Предусилитель ARTcessories USB Phono Plus (www.artproaudio.com) представляет собой удобный вариант проигрывателя к компьютеру независимо от того, используется ли проигрыватель для записи царапающего звука или для управления (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Applied Research & Technology*)*

и светодиодными индикаторами, коммутируемые входы и фильтр верхних частот для подавления рокота и сетевых наводок; **рис. 13.24**). В ряде устройств сопряжения аудиоаппаратуры, предназначенных преимущественно для ди-джеев, например в Rane MP4, PreSonus Inspire (www.presonus.com) и E-MU 1616/ 1616M, также предусмотрены входы для подключения проигрывателей.

Даже в том случае, когда проигрыватель грампластинок используется исключительно в качестве устройства управления компьютером, а не для трансляции грамзаписей перед аудиторией слушателей, предусилитель необходим все равно. Некоторые современные модели проигрывателей, помимо выхода звукоснимателя или линейного выхода, имеют выходы цифрового звука стандарта S/PDIF. В таких проигрывателях уже имеются встроенный предусилитель звукоснимателя, схема частотной коррекции и аналого-цифровой преобразователь, поэтому для их подключения никакого дополнительного оснащения уже не требуется. Имея такой проигрыватель, вы просто соединяете его S/PDIF-выход с соответствующим цифровым аудиовходом устройства сопряжения аудиоаппаратуры с компьютером.

Управление компьютером с помощью грампластинки

Главное нововведение в системе "проигрыватель — компьютер" — управляющая грампластинка. Внешне она ничем не отличается от обычной грампластинки, но на ней записан не звук, а служебный сигнал. Ставите эту пластинку на диск обычного проигрывателя — и он превращается в устройство управления, воспроизводя служебный сигнал, как обычную аудиозапись. Подключаете проигрыватель к компьютеру — и специальная программа транслирует служебный аудиосигнал в управляющую информацию. Поднимаете и опускаете звукосниматель, или "царапаете" такую грампластинку, — и программа корректирует аудиосигнал так, как это было бы в случае, если бы он воспроизводился

с реальной грампластинки. Первые образцы таких систем были не способны распознать место, в котором вы поднимали звукосниматель, и место, в котором опускали его на грампластинку, но современные управляющие грампластинки закодированы так, что это стало возможным (во избежание неприятностей особое внимание обратите на то, чтобы служебный сигнал не попал по какой-то причине с выхода проигрывателя на вход микшера, иначе вместо звука ваши слушатели услышат служебный закодированный аудиосигнал, а он звучит не очень приятно).

Для компьютеризованных ди-джеев предлагаются две конкурирующие между собой системы управления компьютером с помощью управляющего аудиосигнала: в одном варианте он записан на грампластинке, а в другом — на компакт-диске. Обе системы совместимы с ОС Windows/Mac.

- **Stanton Final Scratch** (`www.stantondj.com`). В комплект входят устройство сопряжения ScratchAmp, оснащенное интерфейсом FireWire, которое предназначено для сопряжения проигрывателей, аудиоаппаратуры, микрофонов и MIDI-аппаратуры, и усеченная версия ПО Traktor DJ Studio компании *Native Instruments* (которую можно обновить до полнофункциональной версии) **(рис. 13.25)**.

Рис. 13.25. *Stanton Final Scratch представляет собой аппаратно-программный "скелет", предназначенный для объединения компьютера и разнообразной аудиоаппаратуры в единый управляемый DJ-комплекс. Устройство сопряжения ScratchAmp, оснащенное интерфейсом FireWire, обеспечивает сопряжение компьютеров не только с микшерами, проигрывателями и CD-плейерами, но и с MIDI-аппаратурой, а через проходной порт FireWire — с жесткими дисками, оснащенными интерфейсом и плейерами iPod. Наличие входов для подключения выхода звукоснимателя избавляет от необходимости использования дополнительного предусилителя (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Stanton Magnetics*)*

- **Serato Scratch LIVE** (www.serato.com). В комплект входит оборудование, выпускаемое и предлагаемое на рынке компанией *Rane*, — устройство сопряжения, оснащенное интерфейсом USB, которое предназначено для сопряжения проигрывателей, аудиоаппаратуры и микрофонов (а вот подключение MIDI-аппаратуры не предусмотрено), и ПО Serato Scratch LIVE.

Комплекты Final Scratch и Serato Scratch Live часто называют сокращенно — FS и SSL соответственно.

Поскольку в комплекты, выпускаемые компаниями *Rane* и *Stanton*, помимо нескольких управляющих грампластинок, включены и два управляющих компакт-диска, это дает возможность использовать для управления CD-плейеры с интерфейсом, обеспечивающим эффект "царапания". Эти комплекты получили широкое признание в среде профессиональных ди-джеев; на Web- сайте компании *Stanton* даже публикуется список клубов по всему миру, в которых установлена система Final Scratch.

Возможны и другие варианты — управляющие грампластинки продаются отдельно или в комплекте с ПО; предусилитель и устройство сопряжения в этом случае приобретаются отдельно. Такие варианты могут оказаться намного дешевле, чем те, которые предлагают компании *Rane* и *Stanton*, особенно если у вас уже есть какое-то оборудование.

- **Ms. Pinky** (www.mspinky.com). Интегрированное решение для Windows/Mac, получившее название International Wrecked ("Rekkid") System или IWS. Вместо обычного управляющего сигнала в Ms. Pinky используется усовершенствованная система physical location stamps (маркеры действительного местонахождения), обеспечивающая чрезвычайно точное отслеживание, особенно когда игла звукоснимателя опускается на грампластинку, вращающуюся в обратном направлении, что приводит к сбою в системах управления, базирующихся на считывании синхроданных с управляющей грампластинки. Ms. Pinky взаимодействует также с патчами Max/MSP/Jitter и с входящим в комплект ПО для ди-джеинга, видеоджеинга и озвучивания видео. Комплект, в который входит пакет ПО и множество дисков, стоит порядка $100 (**рис. 13.26**).
- **PCDJ** (www.pcdj.com). Базируется на технологии Ms. Pinky, но кодирование выбрано таким, что это ПО подходит только для DJ-программ, работающих на операционной платформе Windows.
- **MixVibes** (www.mixvibes.com) и **VirtualDJ** (www.pcdj.com). Оба варианта базируются на использовании управляющих грампластинок и предназначены только для DJ-программ, работающих на операционной платформе Windows. Оба производителя выпускают также фирменные режиссерские пульты. Грампластинки для VirtualDJ стоят особенно дешево ($15 за штуку).
- **EJ MIDI Turntable** (www.ejenterprises.tv). Это решение обладает одним серьезным преимуществом и его название говорит само за себя: "выходной сигнал стандарта MIDI", а не "фирменный стандарт кодировки данных". В системе EJ MIDI Turntable с целью устранения пропусков и сбоев в слежении используется оптический, а не механический звукосниматель. Подключаете его к аппаратуре, входящей в комплект, и по MIDI-интерфейсу — к компьютеру. В комплект входит ПО ScratchTV VJ для создания "царапин" на видеоизображении и синхронизации видеосопровождения с музыкой. Но такое преимущество обходится недешево: по цене ($1000) это один из самых дорогих вариантов.

Рис. 13.26. *В комплект Ms. Pinky входит управляющая грампластинка с точечной перфорацией (слева), которую можно положить на диск обычного проигрывателя, подходящего для реализации технологии "царапания". Эти управляющие данные можно использовать для управления чем угодно; помимо очевидного варианта применения, в ди-джеинге, Ms. Pinky используется в интерактивных авангардных постановках и даже для управления вибрацией массажного шезлонга (справа). (Фотография управляющей грампластинки публикуется с любезного разрешения Скотта Уордла (Scott Wardle); фотография массажного шезлонга публикуется с любезного разрешения компании* DJ Daito Manabe, `www.daito.ws`*)*

Для всех описанных вариантов, за исключением EJ MIDI Turntable, требуются специальные программы, "понимающие" служебные сигналы, считываемые с управляющих грампластинок. Как правило, это означает невозможность использования какого-либо другого ПО, помимо того, которое входит в комплект оборудования. Исключением является приложение djDecks для ди-джеинга на операционной платформе Windows (`www.djdecks.be`), в которое входят подключаемые модули для систем Serato Scratch, Final Scratch, Ms. Pinky и VirtualDJ.

Система Ms. Pinky заслуживает в этом отношении особого внимания. Поскольку в пакет входит базовый Max/MSP-объект, это дает возможность преобразовывать управляющие сигналы в любой код и в результате — управлять этим сигналом самодельными звуковыми патчами и инструментами или манипулировать видеоданными. Можно даже настроить его конфигурацию для работы с ПО, поддерживающим стандарт MIDI, хотя для этого придется повозиться с настройкой трансляции в Max/MSP.

Рис. 13.27. *Устройство BCD2000 компании* Behringer *— это режиссерский пульт, который одновременно является микшером и устройством сопряжения аудиоаппаратуры. В этом пульте используются органы управления, выдающие MIDI-команды, благодаря чему они идеально подходят для управления настройками DJ-программ, программ, предназначенных для концертных выступлений, и даже для приложений, предназначенных для видео-джеинга (фотография публикуется с любезного разрешения компании* Behringer Spezielle Studiotechnik GmbH*)*

Альтернативная аппаратура для реализации технологии "царапания"

В других методах управления DJ-программами проигрыватель вообще не используется. Среди недорогих (дешевле $300) вариантов главными конкурентами являются два режиссерских пульта. Behringer B-Control Deejay BCD2000 представляет собой комбинацию аналогового микшера, режиссерского пульта и четырехканального устройства сопряжения аудиоаппаратуры (**рис. 13.27**). Hercules DJ Console представляет собой ультралегкий режиссерский пульт с аналоговыми, цифровыми (digital audio) и MIDI-входами/выходами. Оба эти устройства не имеют ни малейшего сходства с привычным проигрывателем, потому что в них отсутствует большой тяжелый диск и механизм непосредственного привода, но они представляют собой скачок в развитии систем управления по сравнению с мышью и компьютерной клавиатурой.

Некоторым пользователям оказывается предостаточно даже таких недорогих "безделушек", как Mixman DM2 (`www.mixman.com`), которую можно найти по цене ниже $50. Дополните ее программой DM2MIDI (`www.pdoom.ch/dm2`) для Windows (эта программа продается на условиях donationware) и драйвером виртуального MIDI-интерфейса MIDI Yoke, и DM2 превратится в полнофункциональный режиссерский пульт. Поддержка DM2 заложена в некоторые DJ-программы профессионального уровня, в том числе в MixVibes. (ПО, включенное в комплект Mixman DM2, — штука доволь-

но занятная, но для серьезных ди-джеев малоподходящая; оно не рассчитано на тех, кто собирается всерьез заниматься ди-джеингом.) К сожалению, компания *Mixman* не признает утилиту DM2MIDI, считая ее распространение противозаконным, и даже не продает свои USB-драйверы отдельно от комплекта.

К более высокому ценовому диапазону относится оборудование Numark HDX. Вместо CD-плейера в нем используется жесткий диск емкостью 80 Гбайт и вместо легкого, с пластмассовым диском, проигрывателя — полноценный диск с непосредственным приводом, скрытым под ним. Это оборудование оснащено интерфейсом USB 2.0, позволяющим подключать его непосредственно к компьютеру.

Индивидуальная "подгонка" программного обеспечения для выступлений

Если стандартное "коробочное" ПО не обеспечивает того, что нужно, вы можете остановить свой выбор на ПО, в котором предусмотрена возможность "подгонки" под индивидуальные требования пользователя, и, используя его, создать вариант, максимально удовлетворяющий вашим потребностям на сцене.

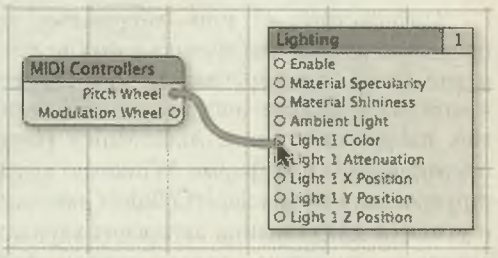


Рис. 13.28. *Основополагающая идея, лежащая в основе "кабельного" интерфейса (patcher interface), заключается в использовании виртуальных кабельных перемычек (patch) для отображения маршрута потока данных. Это позволяет использовать одно устройство для управления другим, например для "привязки" цвета в объемной визуализации звука, создаваемой утилитой Quartz Composer компании* Apple, *показанной на этом рисунке*

К счастью, хотя работу в среде Max/MSP формально можно рассматривать как объектно-ориентированное программирование, писать программы на языке высокого уровня вам не придется. В этих приложениях вместо программы вы будете составлять функциональные схемы программ, соединяя виртуальными кабелями, патчами (patch), объекты из библиотеки объектов (**рис. 13.28**). Аналогично коммутационным кабелям (патч-кордам — patch-cord) в модульных синтезаторах или аудиокабелям, вставленным в разъемы микшера, каждый виртуальный кабель означает путь сигнала. (В Max направление маршрутизации сигналов задается сверху вниз и справа налево, через объекты, изображенные на экране, хотя в некоторых случаях объекты, через которые проходят сигналы, изменяют их маршрутизацию).

Начинайте с простых задач. Одним из наиболее распространенных заблуждений касательно настраиваемого ПО, обусловленных широтой его функциональных возможностей, является представление о том, что с помощью такого ПО нужно сразу же создавать нечто сложное. На самом деле начинать надо с решения простых задач — и не только потому, что это самый эффективный способ изучения ПО и овладения арсеналом его инструментов, но и потому, что простые инструменты, например транспонирование, если научиться правильно использовать их, часто оказываются наиболее эффективными.

Пользователи, применяющие такое ПО, как Max или Reaktor, часто говорят, что они "программируют" настраиваемое ПО, хотя на самом деле большая часть работы уже выполнена (в этом и заключается одна из привлекательных сторон такого ПО). В Max, Reaktor и Pd уже имеются сотни готовых объектов, предназначенных для выполнения множества простых операций, необходимых пользователю. В их число входят, например, генераторы сигналов для синтеза звука, маршрутизаторы аудио- и MIDI-данных, объекты — органы управления типа кнопок и движковых регуляторов и даже такие объекты, как меню. Так же, как из типовых элементов в конструкторе Lego, из этих объектов можно собирать великое множество вариантов, не испытывая необходимости создавать что-то "с нуля" (те, кто пишут программы, в Max/MSP и Pd могут использовать для этого такие языки, как Java и JavaScript).

Правильный выбор интерактивного инструмента

"Интерактивные" или "модульные" программные инструменты проектирования, предназначенные для музыкальных целей, представлены на рынке в широком ассортименте. Это, например, базовые приложения Plogue Bidule и Buzz, упоминавшиеся ранее в этой главе, а также инструменты создания авторских вариантов синтезаторов и эффектов, например утилита AudioMulch (`www.audiomulch.com`), работающая только на операционной платформе Windows, которая стоит всего $50, бесплатная среда конструирования звуков SuperCollider (`www.audiosynth.com`), совместимая только с ОС Mac, и утилиты для создания авторских вариантов эффектов и синтезаторов, например пользующаяся широким спросом условно-бесплатная программа SynthEdit для создания встраиваемых VST-модулей инструментов и эффектов (`www.synthedit.com`) для ОС Windows, которая стоит $50. Некоторые из этих утилит заслуживают отдельного рассмотрения, поскольку обладают уникальными функциональными возможностями.

Самой известной из таких программ является Max (**рис. 13.29**), хотя версию, включающую инструменты для работы с аудиоданными, правильнее называть Max/MSP. Max используется для решения широчайшего круга задач — от таких простых, как работа с MIDI-данными и аранжировками, до управления музыкальными роботами и факельными звуковыми органами, работающими на пропане, так называемыми пирофонами (pyrophone). Модули расширения Max и Jitter компании *Cycling '74* для видео, обработки данных и 3D-визуализации стоят ни много ни мало, а $850 (для учащихся — дешевле), но зачастую эти расходы себя оправдывают. В Max включены тысячи объектов, и еще куда больше объектов разработано широким сообществом пользователей. Что касается возможностей создания "самодельных" синтезаторов и эффектов, у Max есть достойные конкуренты, но Max отличается несравненным арсеналом инструментов обработки данных, создания пользовательского интерфейса, не говоря уже о возможности составления программ на языках Java и JavaScript.

ПО ElectroTap Jade (`www.electrotap.com/jade`) изначально создавалось для управления сложными сценическими исполнениями с помощью компьютеров. По своей сути это инструмент для манипулирования видео- и аудиоданными, он особенно подходит для компоновки аудио- и MIDI-данных в сложные цепочки событий и команд управления (**рис. 13.30**). Jade при использовании совместно с Max/MSP/Jitter облегчает создание сложных сценариев событий и повторное использование модульных компонентов, а именно это, безусловно, необходимо для создания полнофункциональной среды разработки исполнительских инструментов. Это ПО стоит не более $200 и для его использования не требуется Max/MSP, что делает его вполне доступным. К сожалению,

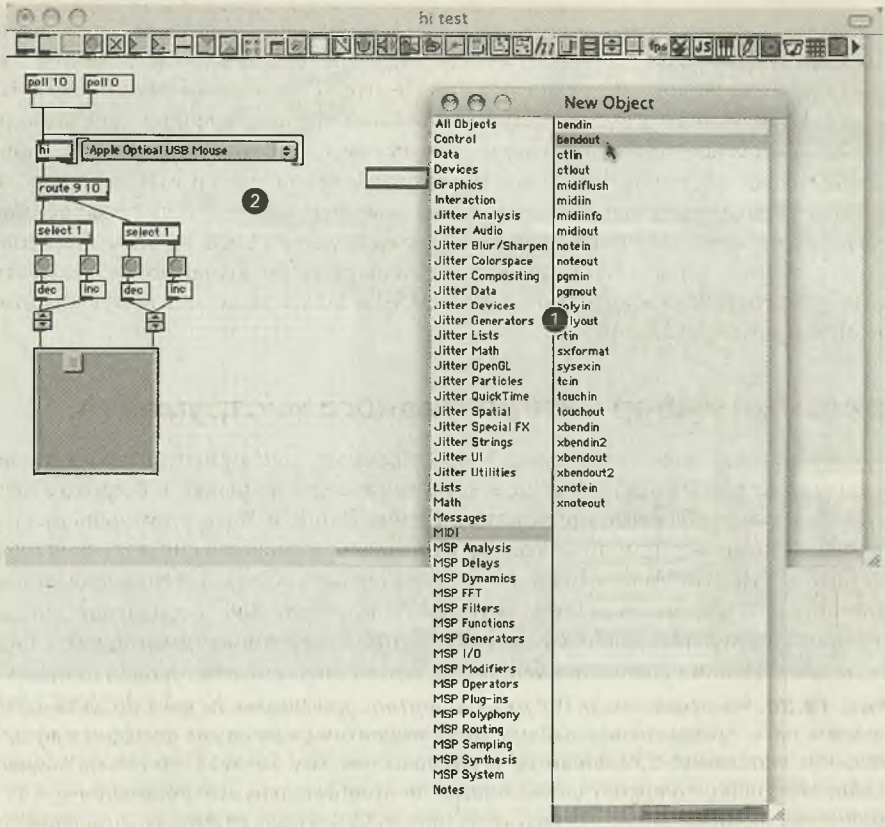


Рис. 13.29. *Программа Max/MSP представляет собой полнофункциональную визуальную среду проектирования для работы с MIDI-, аудио-, видео-, 3D- и другими данными. Несмотря на наличие обширной библиотеки объектов для реализации всевозможных функций (1), Max зачастую прекрасно подходит для создания универсальных связующих элементов. Примером может служить патч для извлечения данных из потока данных, поступающего с USB-входа, показанный на этом рисунке (2). (Этот патч превращает шаровой манипулятор (scroll ball) мыши Apple Mighty Mouse в двухкоординатный контроллер. Объект "hi" object работает и с другими контроллерами, например игровыми USB-контроллерами.)*

в отличие от Max/MSP, это приложение не является кроссплатформенным — оно работает только на операционной платформе Mac.

ПО Pd на прилагаемом к книге DVD. Попробуйте использовать бесплатное интерактивное кроссплатформенное ПО Pure Data (Pd), записанное на DVD. На этом же диске записаны три примера патчей, созданных в Pd, которые предоставлены Джимом Айкиным (Jim Aikin). Один из них показан на рис. 13.31.

Если описанные выше программы недоступны вам по цене, познакомьтесь поближе с Pure Data (`www.puredata.info`) для Mac, Windows и Linux (**рис. 13.31**). Pure Data (сокращенно — Pd) представляет собой совершенно бесплатное ПО с открытым исход-

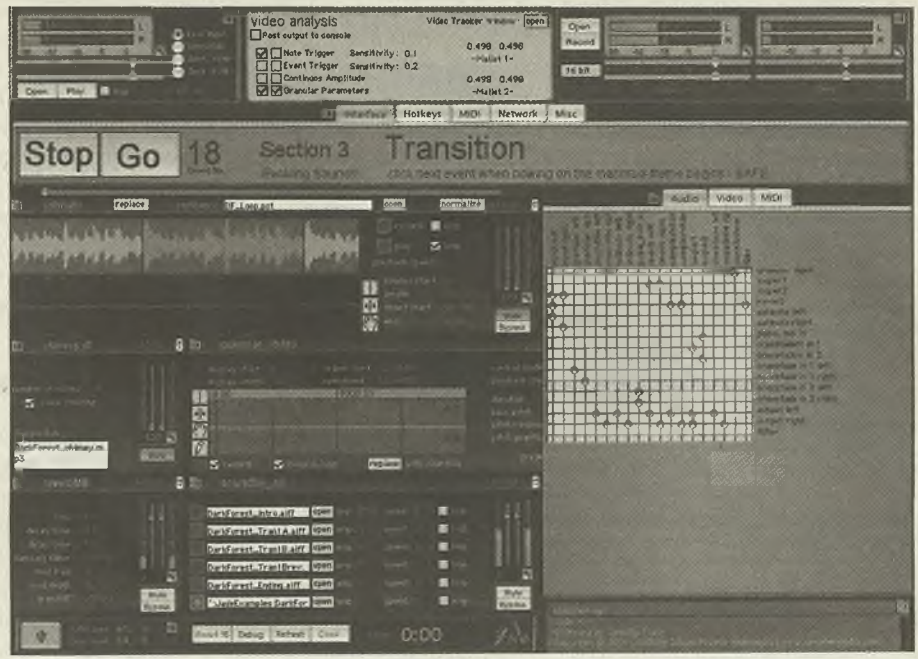


Рис. 13.30. *Настраиваемое ПО для концертной деятельности дает возможность создать патч, предназначенный для выполнения специфических функций в музыкальном исполнении. Композитор и разработчик Тим Плейс (Tim Place) создал в Max/MSP/Jitter и Jade патч, показанный на этом рисунке, для музыкального исполнения, которое "отслеживает" действия исполнителя, играющего на маримбе. Специальные модули анализируют последовательность видеоизображений, следя за цветом нитей на колотушках. Для выполнения разных задач предназначены разные модули, что облегчает работу патча (и расширяет возможности использования этих компонентов в других патчах) (фотография публикуется с любезного разрешения Тима Плейса)*

ным кодом. Это плод творческой мысли изобретателя программы Max — Миллера Пакитта (Miller Puckette). Это ПО базируется на той же идее использования простых объектов, объединяемых связями в сложные структуры, и сами объекты частично совместимы с объектами, используемыми в Max/MSP. Программа Pd не отличается изысканностью интерфейса, не столь удобна в работе и не снабжена столь же подробной документацией, как Max, но она обладает рядом присущих только ей уникальных возможностей и они постоянно расширяются благодаря все новым модулям расширения, создаваемым для этой программы сообществом сторонников открытого ПО.

Для тех, кто готов учиться программированию, может представлять интерес Processing (`www.processing.org`) — новый объектно-ориентированный язык, предназначенный не для программистов, а для музыкантов, артистов и скульпторов. Сам по себе он не является чем-то выдающимся для работы с цифровым звуком, но, дополненный бесплатным ПО Sonia Library (`http://sonia.pitaru.com`), он обеспечивает такие возможности работы со звуком, как воспроизведение и запись сэмплов, синтез звуков и анализ аудиоданных.

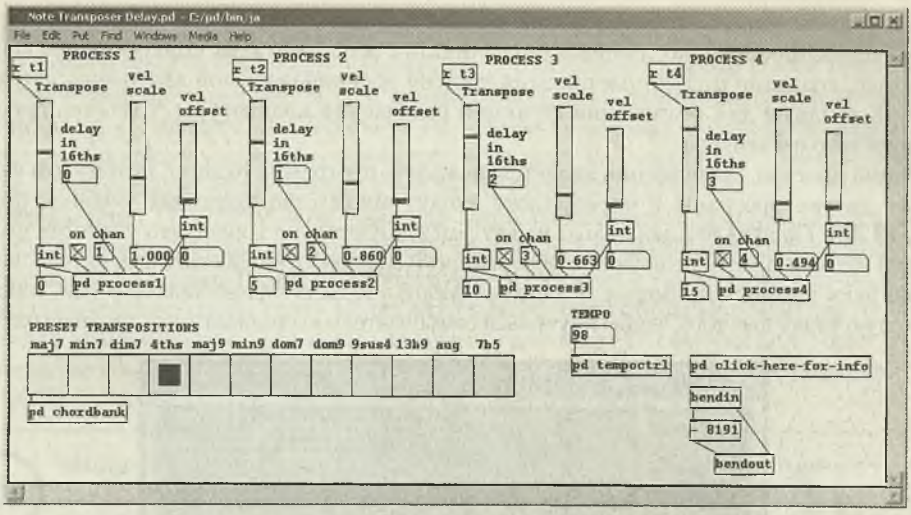


Рис. 13.31. *В Pd, подобно Max/MSP, используются упрощенные объекты, которые объединяются связями в сложные структуры в соответствии с замыслом конструктора. Этот генератор аккордов/задержки является примером возможностей разных вариантов творческого управления обработкой нотных MIDI-команд, которые предоставляет пользователю такого рода среда разработки. Это ПО записано на DVD для желающих узнать, как оно работает, и настроить его по своему усмотрению*

Если оставить в стороне современные интерактивные возможности, все, что необходимо многим пользователям, — просто создавать собственные инструменты для работы со звуком. Native Instruments Reaktor отличается, пожалуй, самым выдающимся из всех имеющихся такого рода инструментов — процессором обработки звука, позволяющим реализовать любые технологии от аналогового синтеза до менее распространенных технологий, таких, например, как гранулярный синтез и компьютерные эффекты. Хотя интерактивные возможности работы со звуком у этой программы не столь выдающиеся и она уступает Pd и Max по возможностям настраиваться для удовлетворения конкретных требований пользователя, по своим функциональным возможностям Reaktor предназначена, в первую очередь, для реализации синтеза и эффектов. Для тех пользователей, для которых именно это представляет основной интерес, данная программа подходит лучше.

Как осваивать эти утилиты

Не заблуждайтесь: чтобы по-настоящему научиться пользоваться одной из этих настраиваемых утилит, потребуется немало времени и усилий, и для новичков они могут показаться пугающе сложными. Хорошая новость — многие музыканты, не умеющие программировать, успешно справились с этим. Занимаясь, постоянно помните о том, что те учебные задания, которые вы выполняете, так же, как самодельные патчи, которые вы создаете, можно использовать в дальнейшем, когда они понадобятся.

Еще один вариант, который вполне устроит большинство музыкантов, — вместо того, чтобы строить грандиозные планы о создании на основе метода гранулярного физического моделирования робота-композитора, вооруженного фантастическими инструмен-

тами и воплощающего все ваши мечты, сформулировать конкретную задачу и попытаться ее решить. Как правило, лучше всего начинать с решения таких конкретных задач, как, например, создание модуля растяжения/сжатия воспроизводимой звукозаписи, нестандартной утилиты для реализации функции разделения клавиатуры MIDI-инструмента или простого секвенсера.

Самой простой для освоения является, пожалуй, программа Reaktor, потому что в отличие от других программ в ее комплект входит множество полезных учебных файлов (**рис. 13.32**). По правде говоря, этот набор файлов настолько хорош, что у многих пользователей Reaktor просто не возникает потребности в разработке собственных патчей. Изучение на этих учебных примерах механизма работы Reaktor представляет собой хорошую стартовую точку для того, чтобы научиться самостоятельно создавать собственные патчи.

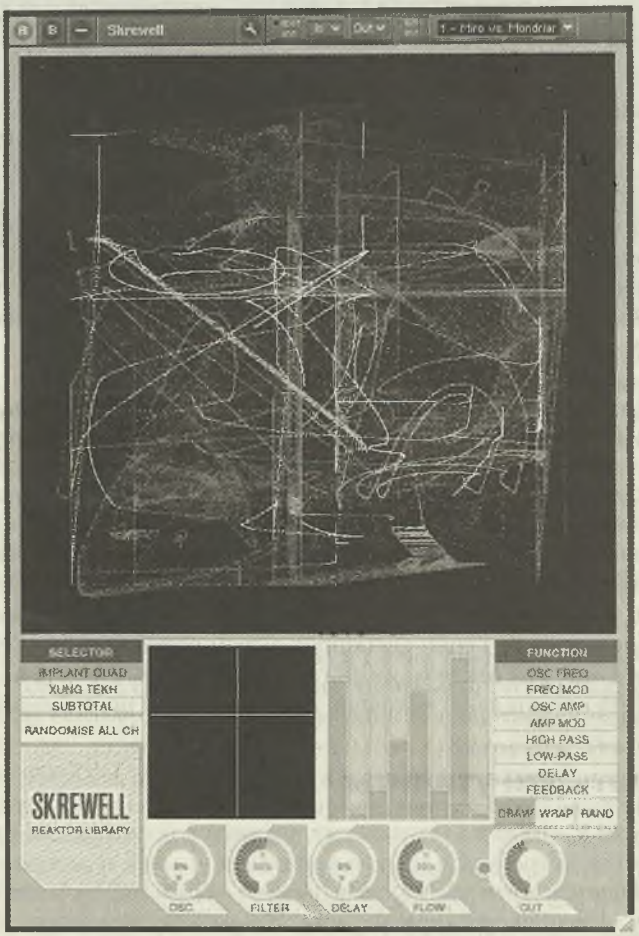


***Рис. 13.32**. Если вам нужна помощь в создании задуманного вами фантастического, невиданного ранее импровизаторского инструмента, который вы хотите использовать в выступлении в составе Reaktor, познакомьтесь с учебными файлами, например Skrewell (возможно, это вас вдохновит)*

Тем, кто выберет Pd, прямая дорога на Web-сайты. Поскольку это открытое ПО, документация к нему публикуется в Интернете. Понять, как работать с этой программой, не ознакомившись с документацией к ней, практически невозможно. Массу полезной информации вы найдете на Web-сайте Pd; одним из лучших источников информации является обширное учебное руководство Wiki или коллективный сетевой документ (`http://puredata.mfo/community/pdwikiPPdTutoriallntro`).

Что касается Max/MSP, то в комплект этого ПО входит подробнейшая документация. Особенно полезными, на наш взгляд, являются два источника информации: документация "Tutorials and Topics" и сопутствующие ей патчи, а также Интернет-поддержка. Не поддавайтесь соблазну сразу же перейти к изучению технологии MSP для аудио или Jitter для видео и начать с основного документа для Max — "Tutorials and Topics". Прежде всего, необходимо тщательнейшим образом изучить такие основополагающие темы, как MIDI-технология и обработка данных.

Модули Tap.Tools для Max. Модули расширения позволяют лучше использовать возможности Max и Pd в выступлениях. Для более эффективного использования модульной среды Max/Jitter автор Jade Тим Плейс (Tim Place) создал бесплатную модульную структуру с открытым исходным кодом, назвав ее "Jamoma" (`www.jamoma.org`). Компания *ElectroTap* также разрабатывает Tap.Tools — полезную библиотеку модулей расширения для Max, которая восполняет пробелы во встроенной библиотеке модулей, и сенсорный интерфейс Teabox, который хорошо работает со всеми этими приложениями.

Вероятно, вам в учебных материалах попадутся примеры патчей, которые могут понадобиться в самостоятельных разработках. Идите проверенным путем, которым издавна пользуются начинающие программисты, копируйте и вставляйте коды ("коды" по отношению к Max означает "патчи"). Другой полезный учебный прием — найдя интересующий объект и желая подробнее узнать о нем, нажмите клавишу <Option> или <Alt> и, удерживая ее, щелкните мышью, чтобы открыть Интернет-страницу поддержки с примером кода (**рис. 13.33**). Примеры кодов, приводимые в файлах поддержки, можно вырезать и вставлять в собственную разработку: разблокируйте патч — и вы сможете читать и редактировать его базовую структуру. Не запоминайте файл поддержки после всех этих операций, чтобы не переписать его.

Для любого из этих инструментов вы сможете найти в Интернете дополнительные учебные материалы на Интернет-семинарах и конференциях. Нью-Йоркский Web-сайт Harvestworks (`www.harvestworks.org`) посвящен изучению современных музыкальных технологий, при этом особое внимание уделяется Max/MSP. Он собирает учеников со всего мира. Растущее сообщество приверженцев Pd организует регулярные международные семинары.

Что дальше. Дополнительная информация и учебные материалы по программам Pd, Reaktor и Max/MSP, а также примеры их практического использования вы найдете на Web-сайте Real World Digital Audio (`www.realworld-digital-audio.com`).

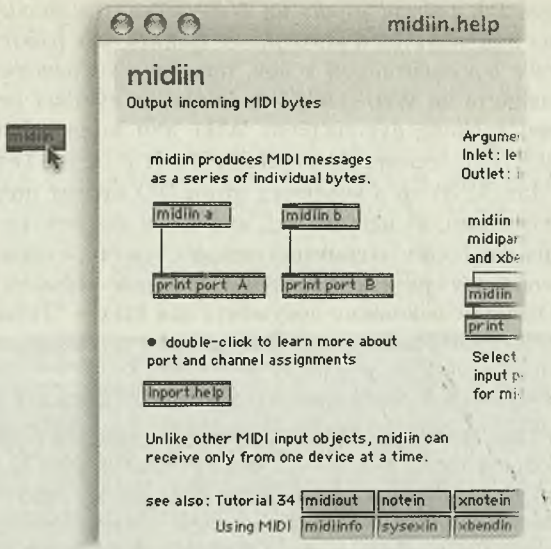


Рис. 13.33. *Интернет-поддержка полезна для любой программы, но для Max/MSP в особенности. Здесь как нигде важно понять, как использовать тот или иной объект. Вы можете работать с патчем прямо в окне поддержки, чтобы лучше разобраться в нем, или скопировать и вставить его в свою разработку*

Футуристическая интерактивная музыка

Для многих из нас перспективы использования компьютерных технологий в музыке ограничиваются весьма скромными запросами, например разработкой улучшенной схемы использования MIDI-манипуляторов для управления излюбленным программным синтезатором. Но, если вы готовы окунуться в мир неизведанного, к вашим услугам масса ресурсов.

Одна из наиболее активно разрабатываемых тем — новые методы ввода данных. "Голосовые" возможности компьютерных технологий за последние десятилетия невероятно расширились, но аппаратные интерфейсы остались теми же — клавиатура, кнопки, поворотные и движковые регуляторы; одни из них появились в начале XX века, а другие — еще в XVII веке.

Открытое ПО облегчает разработку новых инструментов и утилит для исполнительской деятельности. В частности, возможности обработки данных, заложенные в таких программах, как Max и Pd, позволяют по-новому интерпретировать данные, поступающие в компьютер от подключенной к нему аппаратуры.

Имеется масса перспективных тем, привлекающих своей новизной.

- **Самодельное (DIY — Do-It-Yourself) оборудование.** На Web-сайте Midibox (`www.midibox.org`) и Web-сайтах производителей, например Doepfer (`www.doepfer.de`), публикуется информация по проектированию и изготовлению самодельного оборудования. Поэтому, если у M-Audio нет точно такого, как вам нужно, блока регуляторов, вы можете сделать его сами.
- **Датчики.** Так называемые "физические" (real-world) интерфейсы преобразуют данные, поступающие от простых электрических датчиков, измеряющих переме-

щение, освещение, давление, наклон, "изгиб" или "искривление" и другие физические параметры. Эти датчики продаются в магазинах электрооборудования, например в Jameco; задача заключается в преобразовании выходного сигнала датчика в цифровую форму и в передаче этих данных в компьютер по интерфейсу MIDI, USB или Wi-Fi. На Web-сайте компании *Cycling'74* предлагаются разные варианты решения, но наиболее приемлемым и гибким является устройство сопряжения MidiTron (`www.eroktronix.com`), базирующееся на MIDI-интерфейсе; оно предлагается по цене $149.

- **Интерактивные интеллектуальные панели.** А что если вместо мыши и клавиатуры использовать для создания музыки осязаемые объекты, например кубики, двигая их по поверхности интеллектуальной панели, и визуализировать сигнал обратной связи, вызванный действиями исполнителя, спроецировав его на поверхность панели? Такой чудаковатый замысел лег в основу множества исследовательских работ, выполненных и в чисто научных, и в практических целях. Примером может служить работа, выполненная в компании *Lexus* — производителе автомобилей (**рис. 13.34**). Группа, разрабатывающая эту тему в Испании, составила список множества проектов по этой тематике (`www.iua.upf.es/mtg/reacTable/MusicTables`). Тем, кто хотел бы попрактиковаться в использовании открытых программных утилит, необходимо познакомиться с исследовательским проектом SonicForms, нацеленным на сбор и распространение информации о методах создания новых интерфейсов (`www.sonicforms.org`).

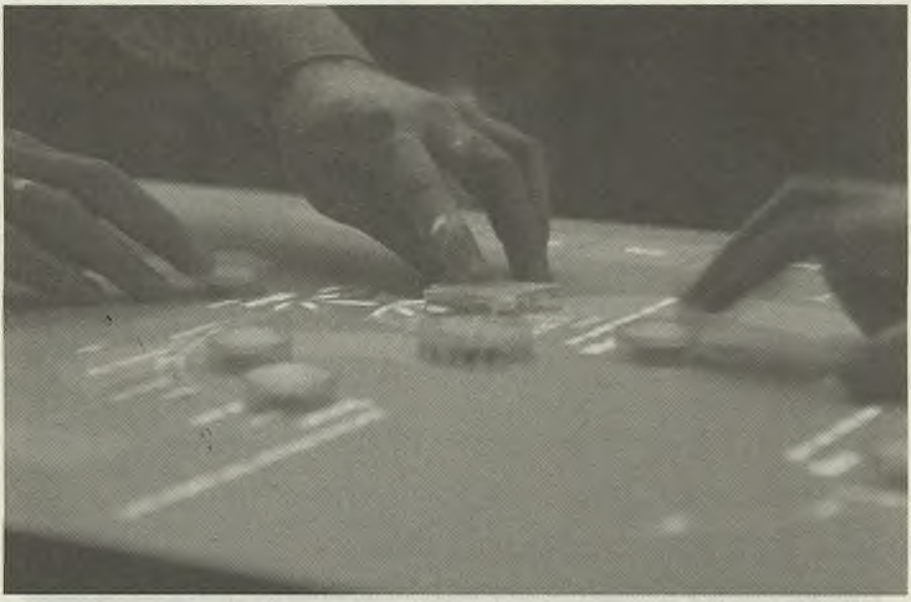


Рис. 13.34. *Audiopad (`www.jamespatten.com/audiopad`) — разработка Джеймса Паттена (James Patten) и Бена Рехта (Ben Recht) — один из многих примеров использования для музицирования интерактивных панелей вместо традиционных устройств ввода. Антенны следят за положением маркированных объектов на панели и система генерирует визуальную обратную связь и интерактивную музыку (фотография публикуется с любезного разрешения Марилианы Арвело (Mariliana Arvelo))*

- **Видеокамеры.** Регистрация перемещений и преобразование видеоданных в управляющие сигналы — непростая задача, но она по-прежнему соблазнительна для музыкантов, ведь как это здорово — вообще отказаться от каких-либо инструментов, превратив в музыкальный инструмент собственное тело! Если вы используете программу, то в вашем распоряжении имеются превосходный набор утилит слежения в наборе Tap.Tools и бесплатная библиотека объектов cvjit (`www.iamas.ac.jp/~jovan02/cv`). Бесплатное автономное приложение EyesWeb (`www.eyesweb.org`), совместимое только с ОС Windows, может взаимодействовать с другими программами по OSC-интерфейсу. Если все, что вам нужно, — заставить "играть" свою Web-камеру, обратите внимание на разработку компании *Cycling '74* — набор процессоров эффектов, управляемых сигналом видеокамеры Hipno.
- **Сетевые технологии.** Технология OSC обеспечивает возможность представления управляющей информации в формате, позволяющем передавать ее через Интернет. С увеличением расстояния растет задержка, вследствие чего синхронизация может оказаться неразрешимой проблемой. Но в таких проектах, как проект Atlantic Waves создания ПО для коллективного сочинения музыки, разрабатываемый компанией *Monolake* (`www.monolake.de/atlantic.html`), уже реализуется идея коллективного создания музыки через Интернет **(рис. 13.35)**. Ключевыми элементами являются OSC- и UDP-объекты для Max/MSP, совместимые с ОС Windows и Mac и обеспечивающие простую маршрутизацию данных между Max-патчами, работающими на разноплатформенных сетевых компьютерах (`www.cnmat.berkeley.edu/OpenSoundControl/Max`). Маршрутизация данных через полмира — непростая задача, но в случае сети из двух компьютеров, стоящих в одной комнате, система работает достаточно хорошо.

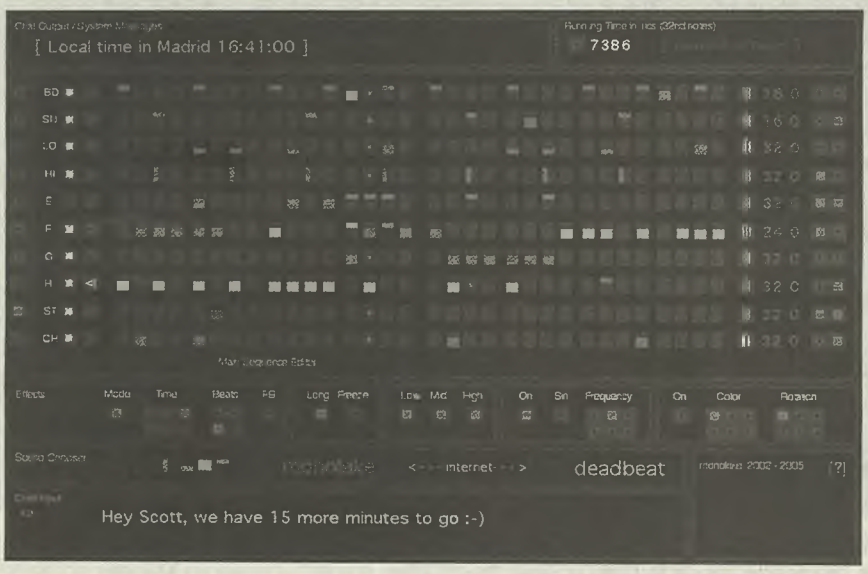


Рис. 13.35. *Atlantic Waves, программный проект, разработанный в Max/MSP компаниями* Monolake *и* Dead beat, *обеспечивает совместную работу через Интернет из удаленных мест. Вы можете проводить аналогичные эксперименты, используя Max или другие утилиты, поддерживающие OSC-технологию по сети (фотография публикуется с любезного разрешения Роберта Хенке (Robert Henke) (компания* Monolake*))*

ПРИЛОЖЕНИЕ

Информация, записанная на DVD

На прилагаемом к этой книге DVD собраны кроссплатформенные данные, совместимые с операционными системами ОС Mac и ОС Windows. На DVD записаны 2 Гбайт звуков, инструментов и программ, готовых для использования в работе над музыкой и освоения тем, рассматриваемых в данной книге.

Папки Tools и Extras

В папке Tools собран почти 1 Гбайт ПО, большая часть которого бесплатна и может использоваться без каких-либо ограничений. Это ПО совместимо как с Mac, так и с Windows, если не указано иное.

- **Ableton Live (демоверсия с неограниченным сроком использования и заблокированной функцией сохранения результатов работы).** Рабочая станция цифрового звука для музицирования, записи, редактирования и аранжировки музыки.
- **Audacity (полнофункциональная версия).** Звуковой редактор с открытым исходным кодом.
- **Cakewalk Kinetic (тридцатидневная демоверсия, только для ОС Windows).** Автомат музыкальных ритмов/приложение для создания электронной музыки.
- **IK Multimedia AmpliTube UNO (полнофункциональная версия).** Автономное приложение, имитатор гитарного усилителя с эффектами.
- **IK Multimedia SampleTank FREE (полнофункциональная версия, ограниченная библиотека звуков).** Проигрыватель сэмплов, в составе которого почти 50 Мбайт звуков инструментов.
- **Native Instruments SoundSchool Analog (полнофункциональная версия).** Автономное приложение, виртуальный аналоговый синтезатор, встраиваемый в приложение Reaktor 5.
- **Instruments and Effects (инструменты и эффекты: полнофункциональные версии; некоторые могут работать только в автономном режиме).** Коллекция бесплатных подключаемых модулей, автономных программных инструментов и эффектов для Mac и Windows, собранная специально для данной книги, в том числе

программный синтезатор Crystal и разработки, предоставленные компаниями *Audio Damage*, *Plasq*, *Ohmforce* и *Smartelectronix*.

- **Utilities (утилиты: полнофункциональные версии).** Необходимые утилиты для прослушивания MIDI-данных и манипулирования ими как для ОС Mac, так и для ОС Windows.

Примеры, записанные на DVD

Ссылки на ПО, записанное на DVD, встречаются по всей книге. Обратите внимание на разделы, помеченные пиктограммой DVD. В тексте описаны практические примеры, которые вы можете проверить на практике, используя для этого приложения Ableton Live, SampleTank FREE, Kinetic for Windows, Sound School Analog и утилиты, собранные в папке Utilities.

В файле `Extras` собраны дополнительные файлы сэмплов и другие данные, а также руководства по ряду программ, записанных в соответствующих папках на DVD.

Папка Soundware

В папке Soundware собран примерно 1 Гбайт данных — аудиообразцы (loop), наборы звуков инструментов для проигрывателей сэмплов и другие данные, которые можно использовать бесплатно в программах по вашему усмотрению. Звуки и ПО совместимы как с ОС Mac, так и с ОС Windows.

- **East West.** Свыше 600 Мбайт наборов инструментальных сэмплов из библиотек звуков East West и Zero-G для использования в бесплатных проигрывателях сэмплов Native Instruments Kompakt и Intakt, записанных на DVD.
- **SmartLoops.** Свыше 200 Мбайт аудиообразцов (loops) (в том числе ударных и музыкальных инструментов) в форматах ACID, Apple Loops и REX, совместимых с обширной группой аудиопрограмм.
- **TrackTeam.** Почти 200 Мбайт сэмплов для Ableton Live и Propellerhead Reason.

Предметный указатель

1

12-ступенный равномерно-темперированный строй, *46*

A

AAC, *200*; *610*
AAF, *563*
ACID, *181*; *183*; *184*
ADAT Optical, *138*
ADR, *637*
ADSR, *470*
Advanced Authoring Format, *563*
Advanced Linux Sound Architecture, *157*
Aftertouch, *379*
AIFF, *68*; *183*; *184*; *200*
Aliasing, *61*; *63*
ALSA, *149*; *151*; *157*
Anti-aliasing, *61*
Apple AAC, *68*
Apple Audio Units, *163*
Apple Logic, *108*
Apple Loops, *181*; *183*; *184*
Apple Soundtrack, *179*; *180*
Arpeggiate, *405*
Arrangement Locator, *514*
Arrangement View, *257*
Artefact, *68*
ASIO, *149*; *151*; *154*; *155*
Attack/hold/release, *304*
Attack/release, *299*
AU, *149*; *160*
AU, *160*
Audio Stream Input Output, *154*
Audio Units, *109*; *110*; *160*
AUX RETURN, *146*
AUX SEND, *146*

B

Beat-based editing, *100*
Bit depth, *61*; *67*
Bit rate, *67*
Bit resolution, *67*
Bps, *67*
Breakpoint, *469*
Buffer size, *158*

C

Cakewalk SONAR, *108*
Channel strip, *269*; *515*
Chorus, *328*
Clip envelop, *292*
Conductor track, *512*
Control change, *380*
Core Audio, *149*; *151*; *152*
Cue, *616*
Cutoff frequency, *280*
Селектор шума пороговый, *275*

D

DAE, *149*; *151*; *160*
DAW, *73*; *74*
Decay, *470*
Digidesign Audio Engine, *151*
Digidesign DAE, *262*
Digidesign Pro Tools, *108*
Digital Audio Workstation, *73*; *74*
Digital Signal Processing, *93*; *261*
Digital Signal Processing , *93*
DirectSound, *151*; *160*
DirectX, *109*; *110*; *155*; *160*; *163*
DLL, *164*
DLS, *599*
DownLoadable Sounds, *599*

Downward expander, *302*
DSP, *93*; *261*
Ducking, *275*
DXi, *160*
DXJDM, *149*
Dynamic link library, *164*

E

Envelope follower, *309*
Exciter, *324*
Expander, *302*

F

Fading, *264*
Female, *132*
Final Cut Pro, *563*; *564*
FL Studio, *108*
Flanger, *328*
Fold-over, *62*

G

Gain, *270*
GarageBand, *179*; *180*
General MIDI, *387*; *444*
GM, *387*; *444*
Groove quantization, *400*
Groove quantize, *405*
Groove-box, *203*

H

Hit point, *616*
Hold pedal, *377*
Host, *112*
HTDM, *149*; *162*

I

ICal, *170*
IMSTA, *168*
In point, *510*
Input/output gain, *301*
Insert, *271*; *274*
Interleaved, *69*

J

Jack, *112*

K

Kazoo, *419*

L

LADSPA, *109*; *110*; *149*; *160*
Linux, *85*; *157*
Local-off, *354*
Local-on, *354*
Locator, *510*
Logic Express/Pro, *179*; *180*
Look-ahead, *301*; *304*
Loop, *180*
Looping, *101*

M

Mac OS, *85*
Male, *132*
Mallet, *360*
Mark of the Unicorn, *143*
Marker, *507*
Mastering, *104*
Material eXchange Format, *563*; *564*
Merge, *392*
MFX, *563*; *564*
MIDI, *69*; *79*; *345*
  стандарт, *69*
MIDI Learn, *409*
MIDI-интерфейс, *79*
MIDI-клавиатура, *353*
MIDI-образец, *179*; *180*
MIDI-порт, *349*; *365*
MIDI-разъем, *80*
MIDI-эффект, *405*
Mix automation, *292*
MME, *149*; *154*; 155
Mod wheel, *211*
MOTU Digital Performer, *108*
MOV, *610*
MP3, *68*
MP4, *68*
MPEG-4, *610*
Multi-Media Extensions, *154*
Multitimbral, *363*
MusicXML, *603*

N

NIFF, *587*
Noise gate, *304*
Notch filter, *284*

O

Offset, *158*
OMF, *563*
Open Media Framework, *563*
Open Sound System, *157*
OSS, *157*
Out point, *510*
Output gain, *300*
Overdrive, *324*
Overdubbing, *254*

P

Pattern, *180*
Pattern editor, *398*
Pattern-based editing, *100*
Phantom Power, *226*
Phase cancellation , *40*
Phaser, *329*
Pitch shifting, *66*
Pitch-bend, *379*
Plug-in, *112*; *149*
Post-fader, *277*
PowerCore Compact, *93*
Pressure Zone Microphone, *231*
Pro, *140*
Pro Tools, *109*
Pro Tools|HD, *82*; *109*; *110*
Punch recording, *255*
PZM, *231*

Q

Quantize, *405*

R

Ratio (input output), *299*
ReWire, *112*; *159*; *401*
Real-Time Audio Suite, *161*
ReCycle, *183*; *184*
Reduction, *304*
Region, *190*; *498*; *508*
Release, *301*; *470*
Return, *271*
ReWire, *213*
REX, *180*; *183*; *184*
REX-файл, *180*
Ring, *130*
RTAS, *109*; *110*; *149*; *151*; *161*

S

S/PDIF, *138*
Sampling rate, *61*; *67*
Sampling resolution, *67*
Sculpture, *101*
Send, *271*; *274*
Send/return, *271*
Sequencing, *98*; *107*
Session View, *257*
Shelving, *282*
Side-chain, *334*
Side-chaining, *275*
Sleeve, *130*
SMF, *412*
Snap to grid, *511*
Sound program, *364*
SoundFont, *599*
Split, *394*
Spotting, *617*
Spybot Search & Destroy, *178*
Stemberg Cubase, *108*
Step Entry, *394*
Subsequence, *514*
Sweeping, *292*
Swirling phaser, *209*

T

Talkback, *147*
Tap Tempo, *392*; *393*
TDM, *109*; *110*; *151*; *161*; *162*
Template, *407*
Tempo track, *512*
Threshold, *299*; *301*; *304*
Thru, *349*; *353*
Time stretching, *66*
Time-Division Multiplexing, *161*; *162*
Timeline, *501*
Tip, *130*
Tracktion, *108*
Tremolo, *328*
Tube distortion, *324*

U

Upward expander, *302*

V

Velocity, *374*
Vibrato, *328*
Virtual Studio Technology, *160*
VST, *109*; *110*; *149*; *160*

W

WAV, *68*; *183*; *184*
Waveform editing, *99*
WDM, *149*; *151*; *155*
Web-сайты производителей микрофонов, *217*
Windows Driver Model, *154*
Windows Media, *68*
Word rate, *67*
Wrapper, *159*

X

XML, *563*; *564*

А

Автомат музыкальных ритмов, *203*
Автономное приложение, *112*
Акустика, *29*
Акустический заграждающий фильтр, *122*
Амплитуда, *30*; *47*
Аналоговый аудиосигнал, *57*
Аналого-цифровой преобразователь, *58*
Аппаратный микшер, *145*
Арпеджиатор, *649*
Артефакт, *68*
Аттенюация, *280*
Аудиоинтерфейс, *73*
Аудиообразец, *180*
Аудиоразъем, *127*
Аудиосигнал
  аналоговый, *57*
  цифровой, *58*
АЦП, *58*; *78*

Б

Базовое приложение, *112*
Барабанный триггер, *358*
Бел, *48*
Белый шум, *51*
Бит/с, *67*
Битрейт, *67*
Большая терция, *45*

В

Видеокабель, *131*
Виртуальный инструмент, *102*
Вихревой фэйзер, *209*
Возврат, *271*
Вокодер, *333*
Волны
  противофазные, *40*
  синфазные, *40*
Временная шкала, *501*
Вставка, *271*; *274*
Выборка, *58*

Г

Гармоника, *35*
Гармонический звукоряд, *35*
Герц, *30*
Глубина квантования, *61*; *78*
Громкость, *47*

Д

Дефрагментация, *149*; *171*
Децибел, *48*
Диаграмма направленности
  гиперкардоидная, *219*
  двунаправленная, *219*
  кардоидная, *219*
  круговая, *219*
  суперкардоидная, *219*
  узкая, *219*
Диапазон слышимых частот, *41*
Диссонанс, *45*
Дистошн-процессор, *323*
Длина волны, *31*
Добротность, *284*
Дорожка темпа, *512*
Драйвер, *150*

З

Задержка, *149*
Защита от копирования, *149*; *165*; *166*

Звук
отраженный, *230*
прямой, *230*
Звуковая волна, *27*
амплитуда, *30*
период, *31*
частота, *31*
Звукоизоляция, *122*; *355*

И

Интерференция волн, *38–40*
Интонация, *45*
Инфразвуковые частоты, *42*

К

Казу, *419*
Канал, *268*
вспомогательный, *273*
Канальная панель, *269*; *515*
Квантизация, *398–400*
Кольцевая модуляция, *332*
Компенсация задержки
автоматическая, *262*
Компрессор, *298*
Компьютерный аудиоинтерфейс, *76*; *143*
Копир огибающей, *309*
Коэффициент передачи, *270*
Кроссфедер, *264*

Л

Латентность, *158*
Логарифмическая шкала громкости, *48*; *49*

М

Малая терция, *45*
Мастеринг, *73*; *104*
Метка, *507*
Микрофон
PZM, *231*
динамический, *222*
Микрофон
амплитудная характеристика, *215*
гибридный, *223*
граничный, *230*
кардоидный, *218*
конденсаторный, *224*
направленность, *215*
типы, *220*
фантомное питание, *226*
частотная характеристика, *215*
эффект близости, *218*
Микрофонный капсюль, *215*
Микширование, *514*
Многодорожечная запись, *97*
Мультитембровый инструмент, *363*

Н

Наложение спектров, *61*
Негармонический обертон, *35*
Недеструктивное редактирование, *509*
Нормализация, *265*
НЧ-модуляция, *327*

О

Обертон, *33*; *34*; *51*
Обработка аудиосигнала
недеструктивная, *262*
Огибающая, *468*
Ограничитель, *301*
Октава, *44*
Октавная эквивалентность, *44*
Интерференция, *39*
Основной тон, *34*; *42*
Отсекающая огибающая, *292*

П

Параметр Velocity, *374*
Педаль задержки, *377*
Перекомпенсация, *289*; *290*
Переходный процесс, *216*
Погрешность квантования, *65*
Подключаемые модули, *112*; *113*
Подключение через боковую цепь, *334*
Подпоследовательность, *514*
Позиционер, *510*
аранжировки, *514*
Полутон, *47*
Поп-фильтр, *236*
Порог слышимости, *48*
Пороговый подавитель, *313*
Пороговый шумоподавитель, *304*
Посылка, *271*; *274*
Посылка/возврат, *271*
Преобразование Фурье, *36*
Преобразователь, *56*

Программа звука, *364*
Программы нотной записи, *565*
Процессор
динамических характеристик, *297*
динамических характеристик, *307*
искажений, *323*
Психоакустика, *29*; *41*
Психоакустическое восприятие звука, *44*

Р

Размер буфера, *158*
Разрядность квантования, *61*; *64*
стандартные значения используемые в аудиотехнике, *65*
Разъем
1/2-дюймовый, *130*
1/8-дюймовый, *128*
BNC, *129*
FireWire, *129*
MIDI, *129*
mini-DIN, *131*
phono, *127*
RCA, *128*; *129*
TOSLINK, *128*; *129*
TRS, *130*
TS, *130*
USB, *129*
XLR, *128*
аудио, *127*
байонетный, *129*
гитарный, *128*
микрофонный, *128*
мини-джек, *128*; *129*
проигрывателя, *127*
телефонный, *130*
типы, *127*
четвертьдюймовый, *128*
Ревербератор, *316*
Реверс, *267*
Регион, *190*
Редактор волновой, *263*
Режиссерская реплика, *616*
Резонансность, *284*
Рокот-фильтр, *282*

С

Сдвиг, компенсирующий задержку, *158*
Секвенсер, *73*; *74*; *179*; *180*
Секвенсинг, *98*
Сигнальный процессор, *259*; *260*
Сигнальный редактор, *99*
Симметричное подключение, *136*
Синусоидальная волна, *51*
Синусоидальная функция, *37*
Скорость атаки, *374*
Спектр, *51*
Спецификация MIDI, *364*
Стандарты обмена данными, *113*
Степ-секвенсер, *397*
Степ-фильтр, *292*
Суперпозиция волн, *39*
Сэмплинг, *255*

Т

Тембр, *51*
Теорема Шеннона–Котельникова, *62*
Тональность, *41*
Точка привязки, *616*
Транзитный выход, *349*

У

Ультразвуковые частоты, *42*
Унисон, *45*
Уровень звукового давления по шкале децибелов, *48*
Уровень сигнала
гитарный, *134*
линейный, *134*
микрофонный, *134*
Интерференция, *39*
Устройство сопряжения, 78
тип интерфейса, *81*
CardBus, *81*
PCMCIA, *81*

Ф

Фаза, *37*
Фазовая нейтрализация, *40*
Фантомное питание, *226*
Фединг, *264*
Фильтр, *260*
верхних частот, *279*; *280*
нижних частот, *279*; *280*
обостряющий, *283*
полосовой, *282*
режекторный, *284*

резонансный, *282*
сглаживающий, *282*
Формат
AIFF, *68*
MIDI, *69*
MP3, *68*
MP4, *68*
Real Audio, *68*
WAV, *68*
Windows Media, *68*
Форматы подключаемых модулей, *160*
AU, *160*
DX, *160*
LADSPA, *160*
VST, *160*
Форматы цифровой звукозаписи, *66*
Формирователь огибающей, *309*; *310*
Фэйзер, *329*

Ц

ЦАП, *59*; *78*
Цент, *47*
Циклически повторяемый аудиообразец, *179*; *180*
Цифро-аналоговый преобразователь, *59*
Цифровой аудиоинтерфейс, *138*
Цифровой аудиосигнал, *58*
Цифровые аудиовходы/аудиовыходы, *79*
Цифровые эффекты, *102*

Ч

Частота, *30*
инфразвуковая, *42*
ультразвуковая, *42*
Частота дискретизации, *61*; *78*
стандартные значения, используемые в аудиотехнике, *65*
Частота Найквиста, *63*
Частота отсечки, *281*
Чистая кварта, *45*
Чистая квинта, *45*

Ш

Шаблон конфигурации, *407*
Шум, *51*

Э

Эквалайзер, *285*
графический, *290*
ди-джеевский, *291*
многополосный, *286*
параметрический, *286*
полупараметрический, *287*
Эквализация, *50*
Экспандер, *302*
расширяющий динамический диапазон вверх, *302*
расширяющий динамический диапазон вниз, *302*
Эффект, *259*; *260*
Эхо, *314*

Научно-популярное издание

Питер Кирн

Цифровой звук. Реальный мир

Литературный редактор *Л.Н. Красножон*
Верстка *В.И. Бордюк*
Художественный редактор *С.А. Чернокозинский*
Корректоры *Л.А. Гордиенко, Л.В. Чернокозинская*

Издательский дом "Вильямс"
127055, г. Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1

Подписано в печать 01.10.2007. Формат 70x100/16.
Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 58,05. Уч.-изд. л. 49,5.
Тираж 1500 экз. Заказ № 4740.

Отпечатано по технологии CtP
в ОАО "Печатный двор" им. А. М. Горького
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15

"ДОМ КНИГИ" 895.00
Кирн П. Цифровой звук. Реальный...
0 334233 1400

ЬНЫЙ МИР

Цифровой звук

Не важно, какое из широкого спектра занятий, связанных с музыкой, вы выбрали — игру в музыкальном ансамбле, сочинение музыки или работу ди-джея. Если вы используете компьютер (или считаете, что он необходим вам для работы) для того, чтобы добиться желаемых результатов от своей цифровой студии, вам понадобится достоверная информация.

Эта книга — всеобъемлющее руководство по практическим вопросам применения современных технологий для создания великолепной музыки. Это ценный справочник, независимо от того, какому музыкальному жанру или аудиоприложению вы отдаете предпочтение. Из нее вы узнаете, что представляет собой цифровой звук и как с ним работать, и затем, используя полученные знания, научитесь на практике заставлять музыку звучать так, как вы того хотите. Это авторитетное руководство, охватывающее исчерпывающий круг тем (от записи, микширования, создания музыкальных CD, нотных партитур и озвучивания видеозаписей до использования портативного компьютера в сценических выступлениях), является надежным путеводителем в профессиональный мир цифровой музыки.

Эта книга поможет вам:

- Правильно подобрать программное и аппаратное обеспечение для решения конкретной задачи с учетом вашего бюджета
- Оптимизировать состав и настройки студийного комплекса для достижения максимального качества записи и надежности работы
- Правильно выбрать и разместить микрофоны, исходя из конкретных условий записи
- Использовать аудиообразцы и заранее заготовленные музыкальные ритмы для создания дорожек аккомпанемента, ди-джеинга и импровизаций в процессе выступления
- Освоить технологии редактирования MIDI- и аудиоданных для шлифовки и усиления выразительности звукозаписи
- Создать неповторимые звуки с помощью эффектов, аппаратных и программных синтезаторов
- Создать на компьютере нотные партитуры музыкальных записей, готовые к публикации
- На профессиональном уровне выполнить микширование, сведение и создание мастера-оригинала фонограмм для распространения своих произведений и трансляции по сети, а также озвучить видеозаписи

На Web-сайте www.realworlddigitalaudio.com вы можете прочитать интервью с профессионалами в области цифрового звука, дополнения к данной книге и найти много другой полезной информации.

ISBN 978-5-8459-1324-1

Категория:
цифровой звук/технологии звукозаписи

Уровень:
средний/профессиональный

Предмет рассмотрения:
аппаратное и программное обеспечение для работы с цифровым звуком

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

ПИТЕР КИРН — постоянный автор статей для журналов *Keyboard*, *Computer Music* (Великобритания), *Make* и *Macworld*. Он часто читает учебные курсы по цифровому звуку и ведет Web-сайт createdigitalmusic.com. Как композитор, музыкант и художник видеографики получил признание в США, Канаде и Европе.

"Писать о цифровом звуке — все равно что стрелять по движущейся мишени, но книга Питера Кирна *реально* попала в яблочко".

Эрни Райдаут (Ernie Rideout), главный редактор журнала *Keyboard*

На прилагаемом DVD записаны пробные версии ПО, предназначенные для учебных целей, учебные пособия, а также эксклюзивные библиотеки звуков

www.williamspublishing.com

www.peachpit.com

Peachpit Press