

## Технология создания звуковых документов

### Оглавление

Использование аудиотехнологий при подготовке учебных материалов. ....	2
Звук и его характеристики .....	7
Понятие о цифровом способе записи и воспроизведении звука.....	9
Способы создания звуковых файлов и их представление в персональном компьютере. ....	13
Запись информации на оптические компакт-диски .....	16
Основные форматы компакт-дисков.....	18
Цифровые магнитофоны .....	26
Что такое компрессоры и как они работают? .....	29
Что такое экспандер, компандер, лимитер, гейт?.....	30
Компандерные системы шумопонижения.....	31
Секвенсор .....	31
Синтезатор .....	33
Мини-диски.....	37
Психоакустические свойства звука.....	40
Hi-Fi .....	41
Трекерная музыка.....	42
Форматы представления аудиофайлов .....	43
WAV .....	44
Метод сжатия звука MP3.....	44
MIDI.....	47
MOD.....	49
Dolby Digital (AC3 или 5+1).....	50
Windows Media Audio .....	52
Создание и обработка звука и видео .....	54
Программы для обработки звука (звуковые редакторы.....	55
Музыка в формате MIDI.....	56
Программы для записи и обработки цифровой музыки .....	57
Микширование .....	60
Программы для создания и редактирования синтезированной музыки .....	60

Методы сжатия звука.....	63
Программы для компрессии звука .....	69
Литература: .....	71

### **Использование аудиотехнологий при подготовке учебных материалов.**

Звуковые (аудио) средства обучения – средства обучения, передаваемые от педагога к ученику через органы слуха. Поскольку слух обладает значительно выраженной индивидуальностью по сравнению со зрением, то восприятие информации на слух также отличается от иных способов получения информации. Статистические данные говорят о том, что с первого предъявления звукового средства обучения запоминается до 15% учебной информации. Люди, обладающие музыкальным слухом, усваивают значительно больше информации через слух. Воздействие звука, музыки зависят очень сильно от психологического настроения слушателей и целевой установки на прослушивание, подготовки к восприятию учебного материала.

К звуковым средствам обучения относятся звукозаписи, учебные звукозаписи и звуковые фильмы.

Средства обучения	Носители информации	Технические устройства
Фонограмма	Диски	Музыкальный центр
Учебная фонограмма	Грампластинки, магнитная лента	Проигрыватели, лингафонное оборудование
Звуковой фильм	Карты памяти	Мультимедийный компьютер

Звукозаписи, используемые в обучении, как правило, представляют собой фрагменты фонограмм, приспособляемые педагогом для целей обучения. Звукозаписи могут использоваться с самыми различными целями:

- создание эмоционального фона (на уроках рисования, физического воспитания; при проведении утренников и других внеклассных мероприятий);
- документального подтверждения события, явления;
- образца для подражания (литература, выразительное чтение, сценическое искусство, иностранные языки);
- образца исполнения музыкального произведения и пр.

Учебная фонограмма – звукозапись, специально изготовленная для учебного процесса. В отличие от обычной фонограммы учебную звукозапись используют в определенных педагогом режимных местах занятия. Например, воспитатель

записывает на аудиокассету текст, содержащий указания для проведения физических упражнений с музыкальным сопровождением. Использует он эту учебную фонограмму для проведения утренней гимнастики. Примером является звукозапись сигналов гражданской обороны, демонстрируемая учащимся на уроке по изучению данных сигналов, а также записи уроков иностранного языка, используемые при аудировании.

Звуковой фильм – тематически подобранная учебная звукозапись, дидактически вписанная в конкретную учебную ситуацию. Звуковой фильм (старое название магнитофильм – монтировали его только на магнитной пленке) – высокотехнологическое средство обучения, которое невозможно использовать в отрыве от учебной ситуации.

Радиопостановки и спектакли относятся в своем большинстве к звуковым фильмам, более того, они могут использоваться как при групповом, так и при индивидуальном обучении. Это произведение, созданное звукорежиссером по специально составленному сценарию.

Звуковой фильм состоит из четырёх составляющих: текста, музыки, шумов и звуковых эффектов, органически связанных в единое целое, что позволяет создать своеобразный "видеоряд" учебного материала, на котором основывается усвоение учебного материала.

Технические устройства: магнитофон, электрофон, музыкальный центр, проигрыватель компакт-дисков, грампластинок, лингафонное оборудование, ПЭВМ и другая аппаратура для записи и воспроизведения звука.

Звуковые средства обучения остаются незаменимыми в широком спектре учебных ситуаций при обучении музыке, языкам. Используются они и как средства создания эмоционального фона занятий по лепке, рисованию, конструированию, физическому воспитанию и др.

При создании звуковых записей нужно учитывать следующие требования:

содержание фонограммы должно быть конкретным, интересным, способным вызывать у детей необходимость рассуждать, искать решение проблемы. Обычный перерасказ учебного материала, его дублирование, интереса не вызывает и снижает эффект использования звукового средства обучения;

активное воздействие на воображение детей достигается за счет таких приемов, как мгновенное изменение места событий, характера действия, подготовка восприятия материала самим характером музыки и пр.;

беседу следует вести короткими фразами, при темпе не более 120 слов в минуту, объяснения должны быть понятными и по возможности образными;

шумы и звуковые эффекты вызывают непроизвольное внимание, подчеркивают смысл материала звукозаписи.

Звуковые средства обучения используют в качестве:

- исходного момента для усвоения новых слов. В этом случае учебный материал должен вызвать интерес к обучению, создать яркий образ, подготовить детей к восприятию материала;
- звуковой иллюстрации при объяснении учебного материала;
- материала для упражнений по развитию устного и письменного языка детей, обогащения их словарного запаса;
- основы для обобщения темы или раздела программы на обобщающем уроке;
- основы для беседы на морально-этические темы и другие темы воспитательного направления;
- основного инструмента создания эмоционального фона при проведении внеклассных мероприятий (утренников, КВН, вечеров отдыха, концертов самодеятельности и д.т.).

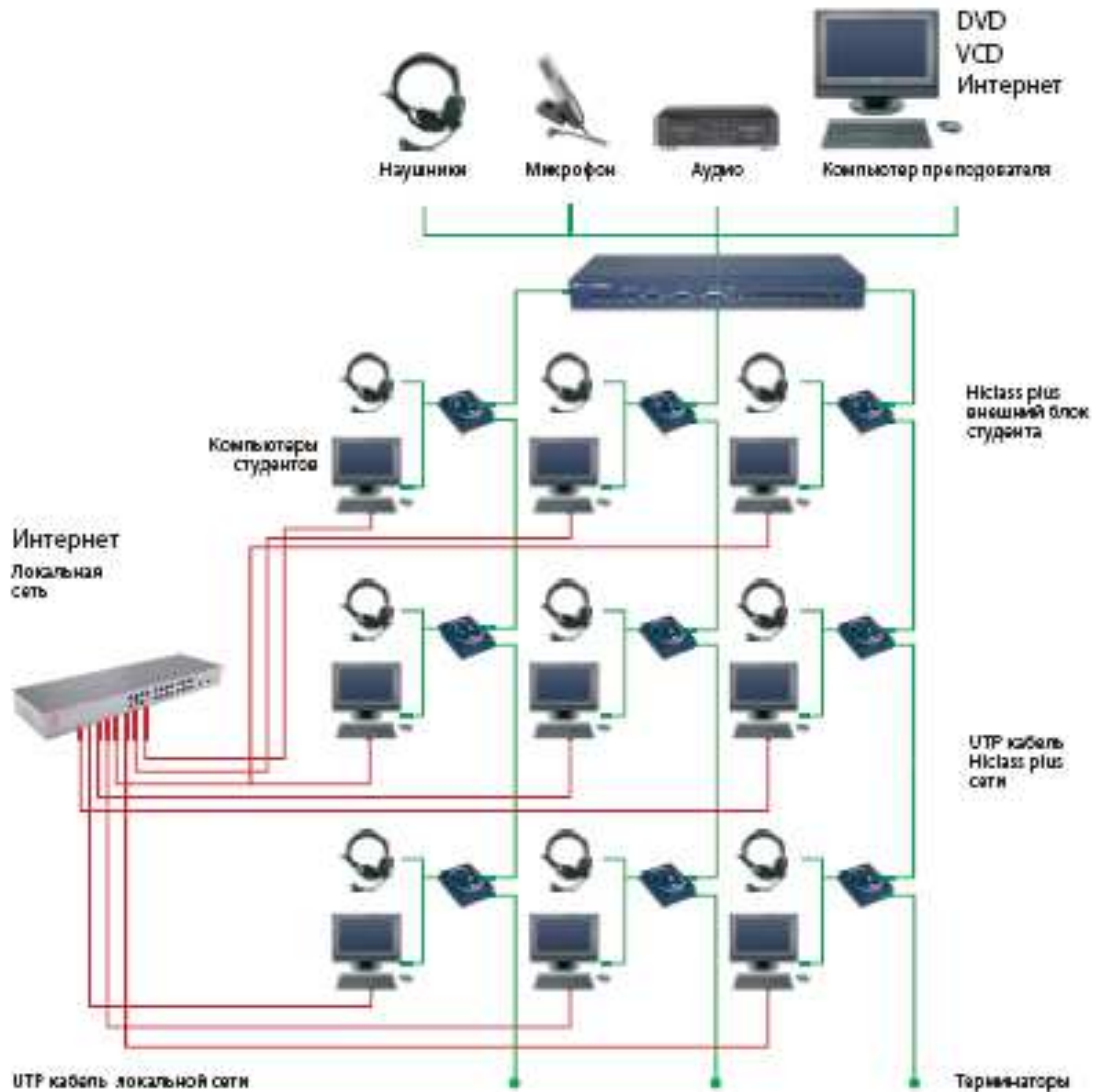
Дидактические возможности звуковых средств обучения значительно увеличиваются при использовании лингафонного оборудования. Лингафонное оборудование предназначено для организации в классе под руководством педагога индивидуальной и групповой работы детей по родному и иностранному языкам, развитию культуры речи, музыке и пению. Оборудование лингафонного кабинета позволяет проводить занятия одновременно с 12-24 учащимися. Педагог имеет возможность включить в режим диалоговой работы любого ученика по одной из двух программ или разделить группу на две подгруппы и предложить подгруппам работу по одной из двух программ.

Лингафонное оборудование обеспечивает:

- прослушивание учебных звукозаписей, как через головные телефоны, так и путем трансляции на класс;
- запись на магнитную ленту и прослушивание речи любого ученика по выбору педагога;
- выделение пар учеников для самостоятельных упражнений в диалоговой беседе или группы с 3-5 учащихся для упражнений в групповой беседе;
- прослушивание педагогом любого ученика или группы из 3-5 учеников, что обеспечивает возможность индивидуальной работы;
- остановку самостоятельной работы учащихся для корректировки обучения педагогом.

Современное оборудование для класса персональных компьютеров, например, HiClass Plus, обеспечивает все эти возможности, плюс передачу любой видеoinформации от учителя к ученику либо всему классу, от ученика – всем ученикам, управление компьютером ученика с рабочего места учителя.

Модуль обработки сигнала HiClass Plus имеет 9 входов и каждый может соединять до 20 студенческих компьютеров. Таким образом, HiClass Plus не только может поддерживать аудиторию из 60 компьютеров с высокой производительностью, но может быть применен и с более чем 100 равнозначных ПК. Студенты изучают быстрее, больше и лучше в режиме реального времени, а интерактивная среда способствует развитию современного уровня мышления.



**Рис. 1.Схема класса HiClass Plus**



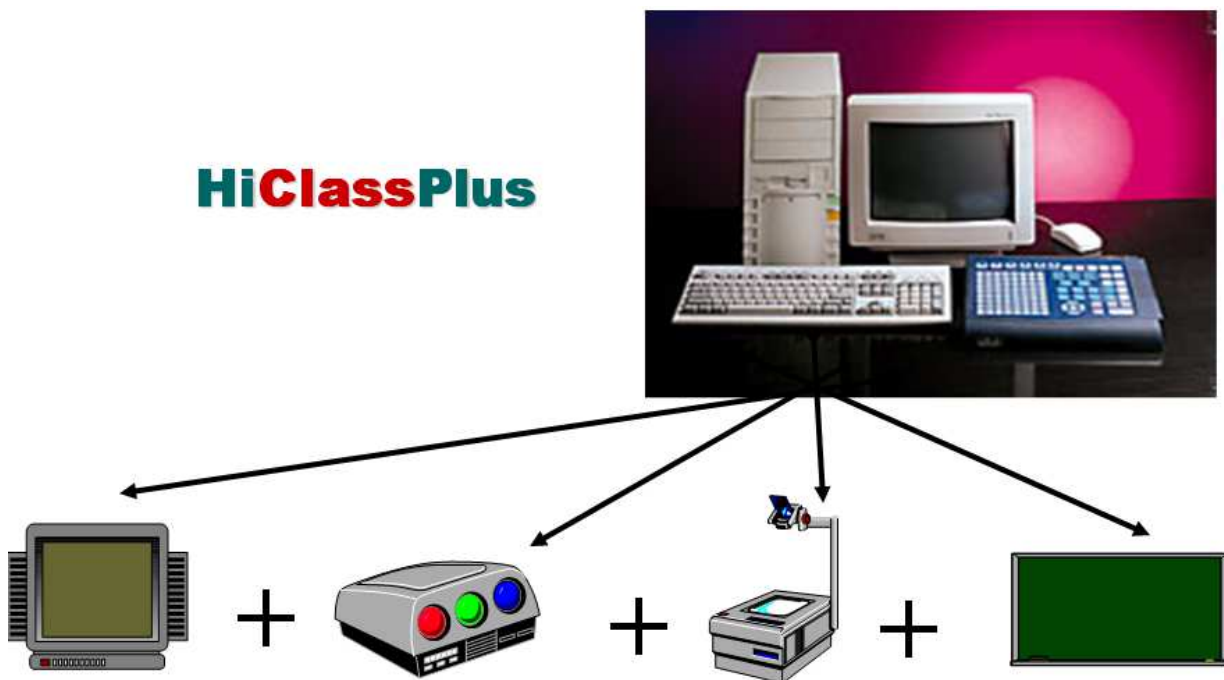
**Рис. 2. Архитектура HI Class Plus**

HiClass Plus разработан для работы с мультимедийными приложениями в реальном времени на персональном компьютере. HiClass Plus создает интерактивную образовательную среду.

Система сочетает в себе возможности проекторов, терминалов и презентационных систем, предоставляя возможности:

- использования мультимедийные материалов в любом формате;
- передача аудио/видео информации с преподавательской станции на одну, группу или все ученические станции;
- автоматический просмотр экранов ученических мониторов; обзор аудио/видео информации одной, группы или всех студенческих станций;
- возможность остановки для диалога и управления ученической станцией;
- преподаватель может вести диалог с одним или несколькими студентами, может назначить любого студента как помощника учителя (Master Student) и передавать аудио/видео информацию с его места на другое, группу или все станции;
- преподаватель может по ходу занятия формировать контрольные вопросы и проводить оперативный контроль знаний студентов со статистикой ответов;
- преподаватель может управлять компьютером студента со своей рабочей станции;

- назначить студента для контроля или общения любой станции;
  - передавать экран этого студента или учительской станции на экраны всех студентам;
  - блокировать мышь и клавиатуру студенческой станции в любой момент времени
- Учитель может работать на своем компьютере и при этом на дополнительном мониторе отражаются экраны учащихся
  - Преподаватель может управлять контрольной панелью с пульта дистанционного управления



**Рис. 3. Состав комплекса HI Class**

### ***Звук и его характеристики***

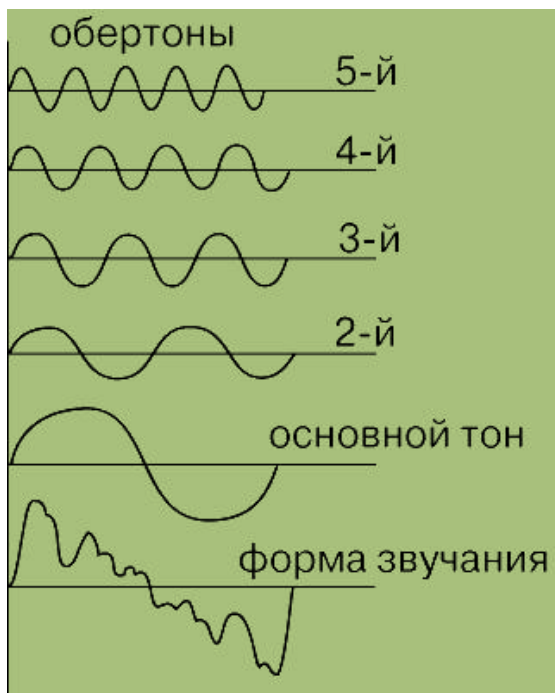
Звук, в широком смысле – упругие волны, распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания; в узком смысле – субъективное восприятие этих колебаний специальным органом чувств животных или человека.

Как и любая волна, звук характеризуется амплитудой и частотой. Считается, что человек слышит звуки в диапазоне частот от 16 Гц до 20 000 Гц. Звук ниже диапазона слышимости человека называют инфразвуком, выше, до 1 ГГц – ультразвуком, от 1 ГГц – гиперзвуком. Среди слышимых звуков следует также особо выделить фонетические, речевые звуки и фонемы, из которых состоит устная речь, и музыкальные звуки, из которых состоит музыка.

Если произвести резкое смещение частиц упругой среды в одном месте, например, с помощью поршня, то в этом месте увеличится давление. Благодаря упругим связям частиц давление передаётся на соседние частицы, которые, в свою очередь, воздействуют на следующие, и область повышенного давления как бы

перемещается в упругой среде. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, и, таким образом, образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды в этом случае будет совершать колебательные движения.

В жидких и газообразных средах, где отсутствуют значительные колебания плотности, акустические волны имеют продольный характер, то есть направление колебания частиц совпадает с направлением перемещения волны. В твёрдых телах, помимо продольных деформаций, возникают также упругие деформации сдвига, обуславливающие возбуждение поперечных (сдвиговых) волн; в этом случае частицы совершают колебания перпендикулярно направлению распространения волны. Скорость распространения продольных волн значительно больше скорости распространения сдвиговых волн.



**Рис. 4. Обертоны**

Звук – колебания частиц воздуха с частотой от 16 до 20 000 Гц. Сила звука определяется амплитудой колебаний источника звука и упругими свойствами среды. Частота звука - формой, размером и упругими свойствами источника звука. Громкость звука определяется амплитудой колебания. Высота тона определяется частотой колебаний. Тембр (окраска звука) определяется наличием обертонов. Частота обертона кратна основному звуку (чистый звук). Отличие одного тона от другого обусловлено числом и интенсивностью обертонов. Основной тон – колебание с наиболее низкой частотой. Музыкальный звук, таким образом, характеризуется тембром, высотой и громкостью.



Понятие о цифровом способе записи и воспроизведении звука

Цифровой способ записи применяют для высококачественной записи звука и телевизионного изображения на магнитную ленту и компакт-диски, а также для записи разнообразной информации на магнитные и оптико-магнитные диски в вычислительной технике.

Началом электроники было радио, первым цифровым сигналом была передача по телеграфу, вторым – информации с помощью азбуки Морзе. Техника звукозаписи прошла длинный путь от восковых валиков до музыкальных компакт-дисков. При аналоговом (сигнал тока соответствует звуковым колебаниям) способе записи звука постоянно возникают проблемы. Например, при записи звука на мастер-диск резец рекордера должен зафиксировать на металлической поверхности все тонкости звукового сигнала. Для этого нужны значительные мощности (от 500 до 1000 Вт) и одновременно должен реагировать на очень слабые сигналы. Поэтому весь диапазон частот, записываемого сигнала на грампластинку, практически записать невозможно. При воспроизведении звука игла звукоснимателя механически связана с самим звукоснимателем.

Магнитная звукозапись не имеет этих недостатков в связи с отсутствием механических устройств в устройствах записи и воспроизведения звука, но передать весь диапазон звуковых частот, все оттенки звука она также не может. При очень слабых сигналах лента просто не намагничивается, а при очень больших мощностях записываемого сигнала магнитная лента достигает насыщения и не реагирует на дальнейшее увеличение индукции внешнего магнитного поля.

Диапазон записываемых частот зависит от скорости движения ленты, параметров магнитной головки записи. Лента с записью имеет достаточно высокий уровень шумов. Транзисторы, используемые в схемах УНЧ, не являются линейными усилителями и также увеличивают уровень шумов.

Цифровой сигнал представляет собой электромагнитные импульсы, для которых важным является продолжительность их изменения. Амплитуда сигнала большого значения не имеет, не воздействуют на сигнал и колебания амплитуды. Используют два уровня сигнала: уровень «единица» –  $2,4 < U < 5,2$  В и уровень «ноль» –  $0 < U < 0,8$  В. Вся информация кодируется только цифрами 1 и 0. Теперь для записи сигнала на магнитную ленту достаточно только намагнитить ее в том или ином направлении. Шумы при таком способе записи имеют значительно меньший уровень по сравнению с уровнем сигнала. При усилении цифрового сигнала имеют значение не размеры участков намагничивания на магнитной ленте, а только их число. Высокое качество цифровой звукозаписи требует и более качественной техники и методики звукозаписи.



**Рис. 5. Схема цифрового способа записи звукового сигнала**



**Рис. 6. Схема цифрового способа воспроизведения звука**

УВ – устройство воспроизведения, ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь, УНЧ – усилитель низкой частоты, Гр. – громкоговоритель.

Звуковой сигнал с помощью микрофона превращают в аналоговый, затем аналоговый – в цифровой с помощью аналогово-цифрового преобразователя и записывают лазером (на компакт-диск) или магнитной головкой (магнитная лента, диск).

При воспроизведении звукозаписи наоборот, цифровой сигнал превращают в аналоговый (сигнал тока НЧ). Аналогово-цифровой преобразователь превращает аналоговый сигнал в последовательность сигналов с «нолей» и «единиц».

Для воспроизведения звука поступают наоборот: магнитная головка (в видеомагнитофонах их две или четыре) или лазер считывает цифровой сигнал, который (после усиления) поступает в цифроаналоговый преобразователь, превращающий цифровой сигнал в сигнал тока низкой частоты. Последний усиливают УНЧ, но качество его высокое, так как во входном сигнале практически отсутствуют помехи.

Звуковую информацию можно представить в дискретной и аналоговой формах. При дискретном представлении информации физическая величина изменяется скачкообразно, принимая конечное множество значений. При аналоговом представлении физическая величина принимает бесконечное число непрерывно изменяющихся значений.

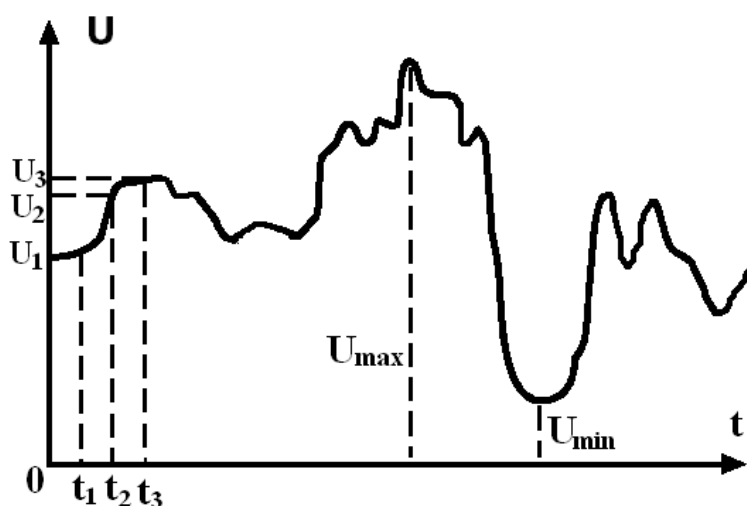
В любой момент звучания амплитуда сигнала имеет конкретное значение, которое может быть измерено и выражено некоторым числом. Таким образом, если мы точно измерим амплитуду сигнала в каждый момент времени и выразим ее в числовом виде, полученный ряд чисел будет представлять собой точную запись

исходного звукового сигнала. Эту последовательность чисел можно преобразовать в двоичную форму и записать в виде файла.

Звуковой сигнал непрерывен: количество точек на его графике бесконечно, для получения действительно точной цифровой записи звукового сигнала измерять его амплитуду нужно через бесконечно малые промежутки времени и бесконечное количество раз, а полученный числовой массив будет бесконечно велик.

Естественно, в действительности мы можем провести измерения лишь конечное число раз, используя конечное количество амплитудных градаций (этот параметр называют амплитудным разрешением). Таким образом, оцифрованный звук на выходе в любом случае будет отличаться от исходного. Возникает проблема: через какие промежутки времени и с каким амплитудным разрешением следует проводить измерения, чтобы звук на выходе был максимально близок по звучанию к оригиналу?

Напряжение, передаваемое по телефонным каналам и несущее звук, представляет собой аналоговый сигнал достаточно сложной формы. Чтобы преобразовать такой сигнал в цифровую форму, необходимо выполнить последовательно две операции: дискретизацию и квантование. Дискретизация состоит в периодическом измерении значений напряжения  $U_1, U_2, U_3$  в моменты времени  $t_1, t_2, t_3$ , а квантование – в преобразовании измеренных аналоговых значений в цифровой код.



**Рис. 7. Оцифровка аналогового сигнала**

На качество оцифрованного звукового сигнала оказывают влияние два фактора: частота дискретизации и разрядность цифрового кода, получаемого при квантовании. При увеличении частоты дискретизации и разрядности кода качество оцифрованного звука улучшается, но пропорционально возрастает объем информации, которая должна храниться в файле.

Понятно, что чем чаще проводить замеры и чем больше амплитудное разрешение, тем точнее сигнал на выходе воспроизводит исходный сигнал. Частоту замеров амплитуды принято называть частотой дискретизации или частотой квантования сигнала. Нетрудно понять, что она должна быть по возможности большей. Однако при ее увеличении соответственно возрастают объем получаемого файла, требования к скорости передачи данных на устройство записи или чтения и т. д. Поэтому решено было найти разумные пределы. Согласно теореме Котельникова, для отображения сигнала некоторой частоты необходима дискретизация с не менее чем двукратной частотой. А поскольку человеческий слух способен воспринимать звуковые колебания с частотой до 18 кГц, получается, что частота дискретизации любого звукового сигнала должна быть не менее 36 кГц. На практике обычно используются частоты дискретизации от 11 025 до 48 000 Гц, т. е. максимальная воспроизводимая частота звукового спектра составляет 20050 Гц, что превышает диапазон звуков, воспринимаемых ухом человека. Для звуковых компакт-дисков принята стандартная частота 44 100 Гц, а для дисков DVD – 96 кГц. Частота дискретизации в телефонных сетях составляет 8000, что более чем в два раза превышает полосу пропускания телефонного канала, равную 3000 Гц.

Что касается амплитудного разрешения, то можно заметить, что с увеличением количества градаций амплитудной шкалы повышается точность воспроизведения. В звуковых компакт-дисках используется 65 536 амплитудных градаций. Как известно, для представления чисел в диапазоне от 0 до 65 535 необходимо 16 бит информации, поэтому говорят о 16-битном разрешении или попросту о «16-битном звуке». Ранее часто использовались 8-битное разрешение (256 градаций) и 12-битное (4096 градаций), которые звучат с искажениями. В настоящее время обработка звука происходит, как правило, при 24-битном или 32-битном разрешении (16777216 или 4294967296 амплитудных градаций).

**Семпл** – это промежуток времени между двумя измерениями амплитуды аналогового сигнала. Дословно sample с англ. – образец. В мультимедийной и профессиональной звуковой терминологии это слово имеет несколько значений. Семплом называют любую последовательность цифровых данных, которые получены путем аналого-цифрового преобразования. Сам процесс преобразования называется семплированием или дискретизацией. Параметрами процесса являются частота и разрядность.

**Частота** – это количество измерений амплитуды аналогового сигнала в секунду. Так как диапазон звуковых колебаний лежит в пределах от 20 до 20 000 Гц, частота семплирования должна превышать звуковой диапазон в 2 раза, как минимум и составляет 44,1 кГц. Если частота дискретизации меньше частоты звуковой волны, амплитуда сигнала успевает измениться несколько раз за время между двумя измерениями. В результате цифровой отпечаток несет хаотичный набор данных, и

вместо звука мы слышим шум. Если для экономии ресурсов компьютера применяют частоту семплирования 11,22,32 кГц, то это приводит к искажениям звука.

**Разрядность** определяет точность оцифровки амплитуды аналогового сигнала. Для кодирования используют 8-ми, 16- и 20-битовое кодирование, то можно достичь точности измерения амплитуды аналогового сигнала до  $1/256$  от динамического диапазона цифрового устройства ( $2^8=256$ ). Если использовать 16-битовое кодирование для представления значений амплитуды звукового сигнала, то точность измерения возрастет в 256 раз. Высококачественную оцифровку звука получают при 20-битовом кодировании сигнала. Эти данные справедливы для сигнала с максимальным уровнем громкости 0 дБ. При семплировании сигнала с уровнем более 0 дБ увеличивается разрядность его оцифровки, снижая уровень нелинейных искажений (шум).

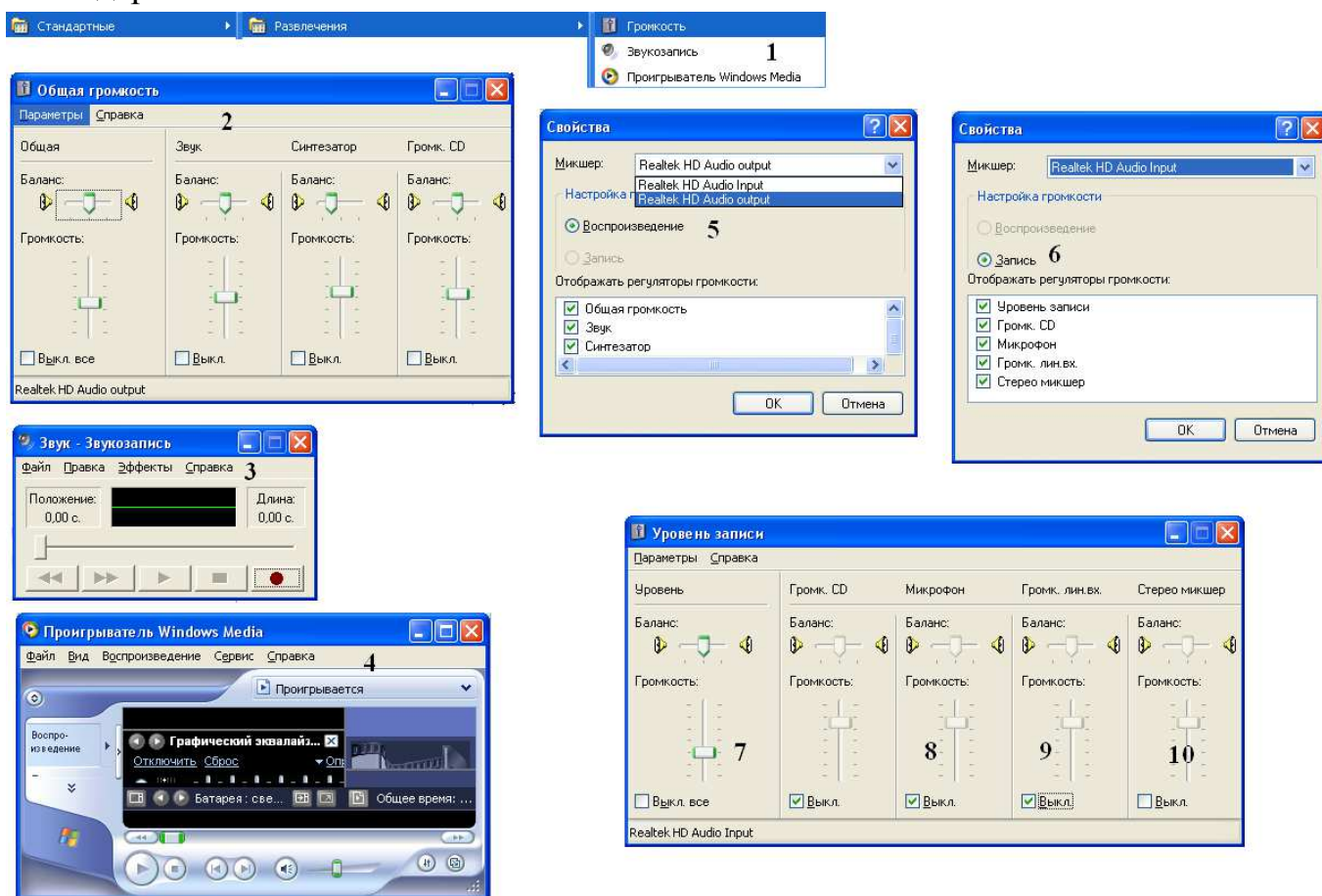
Способы создания звуковых файлов и их представление в персональном компьютере.

Как уже было сказано, звук невозможно передать на расстояние и записать на носитель. Вначале нужно преобразовать звук в сигнал тока. Устройством для такого преобразования является микрофон. Он преобразует звуковые колебания в аналогичные колебания электрического тока. Полученный сигнал можно усиливать и передавать с помощью электромагнитных волн на сколь угодно большие расстояния.

Для записи звука с помощью компьютера необходимо иметь звуковую плату и программное обеспечение. Звуковая плата (карта) служит для записи и воспроизведения звука. При записи аналоговый сигнал, поступающий на вход платы, преобразуется (ЦАП) в цифровой и записывается в файл на физическом носителе. При воспроизведении звука цифровой сигнал преобразуется в аналоговый (АЦП), усиливается и подается на акустическую систему. Усилитель низкой частоты звуковой платы рассчитан на подключение к нему динамиков с большим сопротивлением (головные телефоны) или внешнего усилителя. Акустическая система, состоящая из динамиков и встроенного в одну из колонок УНЧ, называется активной. Выход звуковой платы, с которого берется сигнал для усиления обозначается как линейный выход (lin out или speaker). Для записи сигналов от внешнего источника на звуковой плате имеются разъёмы линейного выхода (lin in) и микрофонный (mic). Как правило, встроенные в материнскую плату звуковые карты имеют два канала (стерео) звукозаписи (воспроизведения). Кроме микросхемы АЦП-ЦАП преобразователей на звуковой карте устанавливают УНЧ и микшер, который обеспечивает смешение сигналов при записи одновременно от двух источников.

Операционная система Windows имеет стандартные инструменты для записи (Звукозапись и Регулятор громкости) и воспроизведения (проигрыватель Windows

Media) звуковых файлов. Обе программы находятся в группе программ «Стандартные».



**Рис. 8. Стандартные программы звукозаписи. 1- вызов программ; 2 – Регулятор громкости; 3 – Звукозапись; 4 – Проигрыватель; 5 – переключение регулятора громкости в режим записи; 6 – включение режима записи; 7 – регулятор уровня записи; 8 – переключатель «Микрофон»; 9 – переключатель «Линейный вход»; 10 – переключатель «Микшер».**

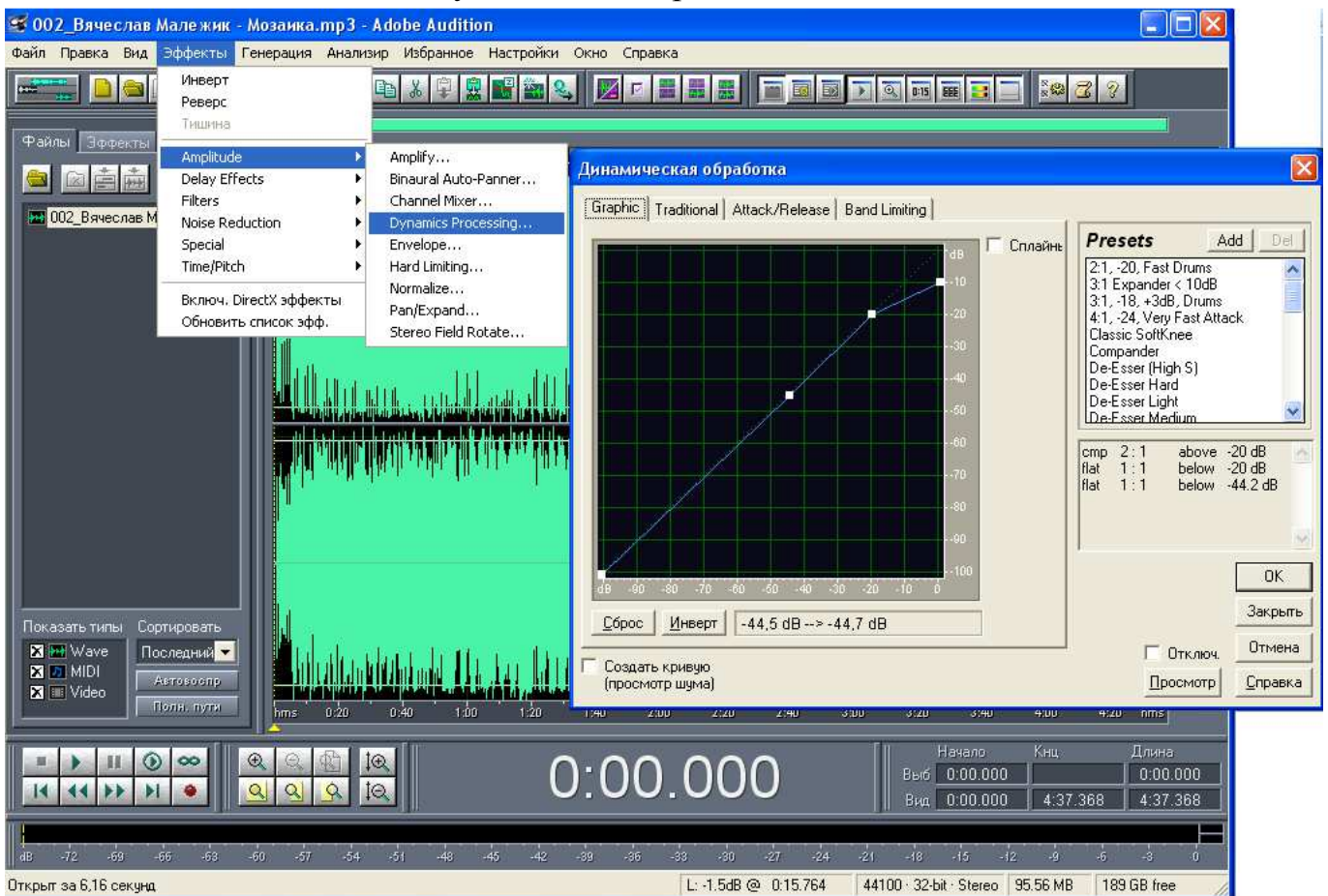
Недостатком программы «Звукозапись» считают ограничение длительности записи, которая по умолчанию составляет 60 с. Для увеличения продолжительности записи приходится по истечении 60с повторно включать запись, что приводит к паузам в записи. Программа позволяет инвертировать записи, добавлять эффект «эхо», изменять скорость воспроизведения записи, монтировать фонограмму из отдельных файлов. Работает только с файлами формата Wave.

Уровень записи сигнала регулируется с помощью ползункового регулятора 7 (рис.7.), микрофонный сигнал составляет 2 – 10 мВ, сигнал от внешнего источника (магнитофон, плеер, ПК, радиоприемник или тюнер) – 150-250 мВ. Стереомикшер используется для записи сигналов со звуковой карты ПК. Следует учесть, что снимаемый с аудиокарты сигнал подвергается обработке. Например, цифровой сигнал с аудиодиска преобразуется в аналоговый, поступает на выход видеокарты,

для записи снова оцифровывается и записывается в файл. Естественно, что при многоступенчатом преобразовании могут вноситься искажения. Поэтому для записи цифрового звука с аудиодисков применяют программы аудиограбберы, которые записывают в файл сигнал, взятый в цифровом виде непосредственно с аудиодиска.

Для обработки цифрового звука используют специализированные программы: NeroWave Editor, Adobe Audition, Sound Forge, Jet Audio, Cubase, WaveLab и многие другие.

Программы позволяют редактировать звуковые файлы, используя различные инструменты и фильтры, записывать звуковые файлы от различных источников сигнала, монтировать музыкальные произведения из готовых файлов и отдельных сэмплов с использованием многодорожечной записи (мультитрек). Музыкальные редакторы, например, Finale, служат для записи, редактирования мелодии и печати нотного листа с созданным музыкальным произведением.

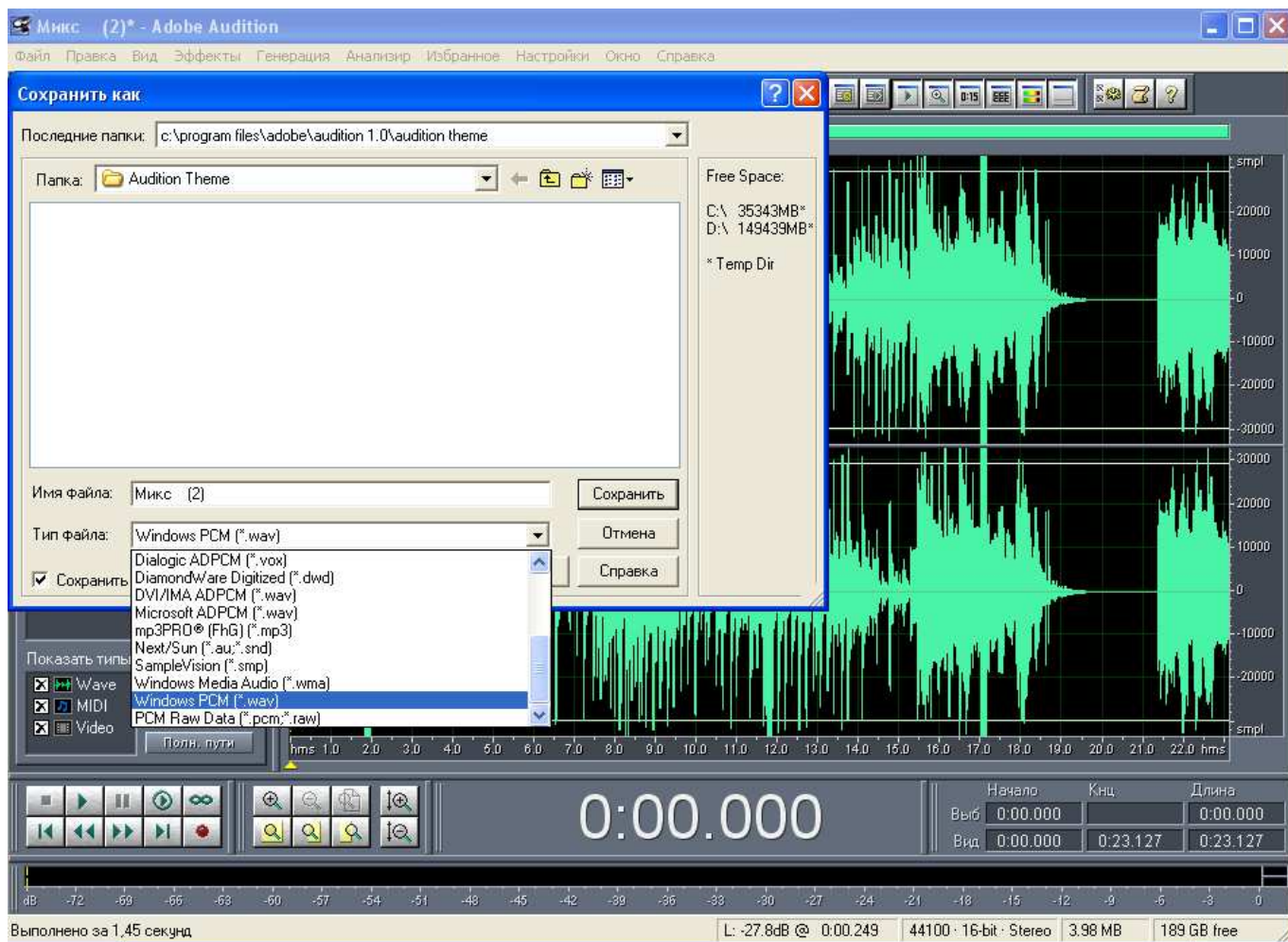


**Рис. 9. Использование эффекта «Динамический процессор» в редакторе Adobe Audition.**

После размещения фрагментов на треках производится микширование и полученный файл можно сохранить в различных форматах.

Чаще всего в мультимедиа приложениях приходится использовать звуковые файлы, относящиеся к поп-музыке, диапазон звука в них достаточно небольшой

(2000 – 10000 Гц). Сохранять такие файлы для использования в мультимедиа приложениях следует в формате MP3 или MP4 для экономии дискового пространства, так как такие звуковые файлы не требуют высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры.



**Рис. 10. Форматы сохранения файла.**

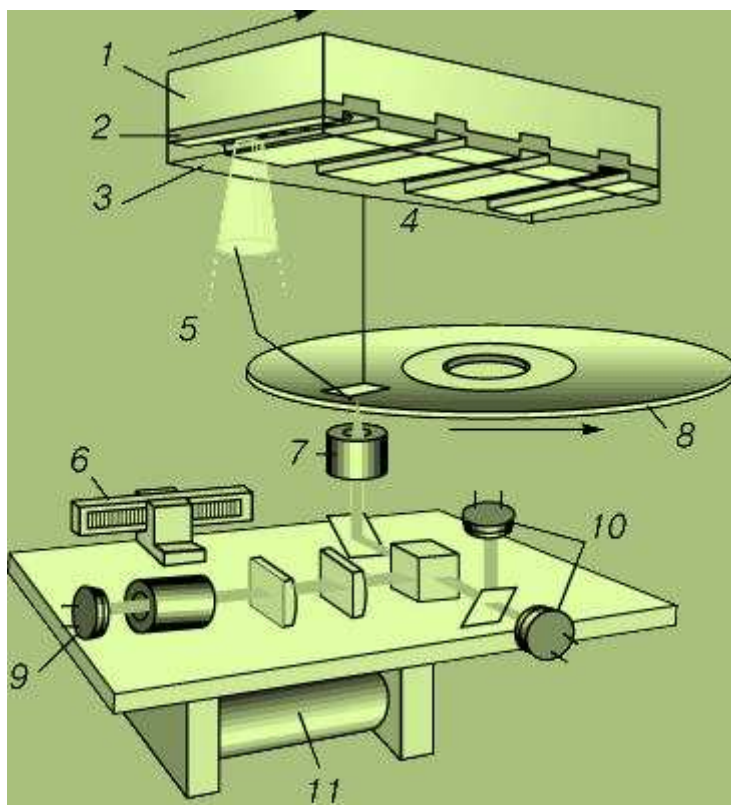
### Запись информации на оптические компакт-диски

Широкое распространение в настоящее время получили проигрыватели компакт-дисков. Практически ни один компьютер не приобретается без накопителя для компакт-дисков. Мультимедиа оборудование (звуковая плата, привод CD-ROM, акустическая система) совместно с программным обеспечением позволяет получать стереофоническое сопровождение программ, просматривать видеофильмы и просто слушать музыку.

Принцип хранения информации любого компакт-диска (а именно так и было названо творение этих компаний – Compact Disk) заключается в последовательности участков (т.н. питов, или pits) с переменной пропускаемостью либо отражаемостью света. Отражение интерпретируется как единица, отсутствие отражения – как ноль. Рабочая длина волны лазера – 780 нм. Цепочка питов расположена по спирали в



направлении от центра. Интервал между витками – 1,6 мкм, ширина пита – 0,5 мкм, глубина – 0,125 мкм, минимальная длина – 0,83 мкм.



**Рис. 11. Запись информации на компакт-диск**

При записи твердотельный лазер «выжигает» информацию на диске в виде крошечных углублений. При поиске такой же лазер используется (но в режиме пониженной мощности) для «чтения» информации: отраженный свет лазера преобразуется в электрические сигналы, которые воспроизводят первоначальную информацию. Положение лазера в режиме записи и поиска задается линейным двигателем и оптическим датчиком. 1 – подложка; 2 – слой оксида; 3 – покрытие; 4 – деталь; 5 – лазерный луч; 6 – линейный оптический датчик положения; 7 – оптическая головка; 8 – диск; 9 – лазерный диод; 10 – фотоприемник; 11 – линейный двигатель.

Номинальная (1x) скорость передачи данных – 150 Кб/сек (176400 байт/сек аудио или "сырых" данных, 4,3 Мбит/сек "физических" данных). Принципиальное отличие оптических и магнитных дисков просматривается уже в скорости вращения самого диска: магнитные носители вращаются с постоянной угловой скоростью (CAV – Constant Angular Velocity), компакт-диск - с переменной угловой скоростью (CLV – Constant Linear Velocity) – тем самым обеспечивается постоянная линейная скорость для условных точек, находящихся на различном удалении от центра. Таким образом, чтение внутренних сторон осуществляется с увеличенным, а наружных – с уменьшенным числом оборотов.

**Основные форматы компакт-дисков**

Типы дисков (МАТРИЦ)		Форматы дисков		
CD-ROM	Штампованные	Date CD	audio CD (CD-DA)	CD audio Dolby
CD-R	Записываемые	CD-Extra	Video CD	SVCD
CD-RW	перезаписываемые	CD-Text	Photo CD	MP3
<b>DVD</b>				
Типы дисков		Форматы дисков		
DVD ROM	Штампованные	DVD video	записаны мультимедийные данные и система меню	
DVD RAM	перезаписываемые	DVD audio	можно записывать слайд-шоу и видеоклипы, совместимы с обычными CD-проигрывателями.	
DVD-R, DVD+R	Записываемые	Форматирование заводское		
DVD-RW	Перезаписываемые	запись диска обязательно завершается его финализацией.		
DVD+RW	перезаписываемые Технология бесшовного связывания	Вдоль канавки диска записан высокочастотный сигнал (817 КГц), он позволяет с большой точностью останавливать и возобновлять процесс записи. отсутствие необходимости финализировать; возможность замены любой части содержимого без очистки поддерживает фоновое форматирование		

**Типы формата Date CD**

ISO 9660	Имена файлов – ДОС, 8 уровней папок, любая ДОС
Joliet	Расширенный: длинные имена файлов, только для ДОС Windows
UDF	Все ДОС, технология записи- пакетная, как на НМД

**Режимы записи**

DAO	Disc-at-Once –«весь диск за один раз»
TAO	Track –at- Once – «дорожка за один раз»
Packet Writing	пакетный режим (CD-RW)
SAO	Session-at-Once – «сессия за один раз» - специфичный формат Enhanced CD- CD-Extra
Disc-at-Once	(DAO -«диск за раз») и incremental writing (дописывание). Для DVD-R

### Стандарты

Blue Book (синяя книга)	CD-Extra	Содержит 2 сессии: музыка и фото (доп.информ.)	
Yellow Book (желтая книга)	Date CD	Mode1 Режим TAO доп.инф. для коррекции ошибок	
		Mode2 нет коррекции ошибок, сектора разного формата	
Red Book (красная книга)	CD audio (CD-DA)	Режим DAO	Воспроизведение любым аудиоплеером
White Book (белая книга)	Video CD (650 mb, 60 min video)	Mode2 нет коррекции ошибок, сектора разного формата	Может содержать экранное меню. MPEG1 (Mpeg или MPG) – 25 кадр/с, 352x288-PAL
Orange Book (Оранжевая книга).	Photo CD	фотоальбом, программа-плеер	дополнительная информацию для навигации по альбому.

В последнее время все большее распространение получает «улучшенный» формат видеодисков, который называется Super Video CD. Он предполагает использование видеофайлов в формате MPEG-2, а также дополнительных аудиодорожек.

Формат MPEG-2 обеспечивает более высокое качество воспроизведения по сравнению с MPEG-1, для него битрейт равен 2,6 Мбит/с. Соответственно на компакт-диск емкостью 650 Мбайт помещается всего 35 минут видео в формате Super Video CD. Вместе с тем формат MPEG-2 поддерживает возможность использования переменного битрейта. Это позволяет применять более сильное сжатие для статичных сцен (с целью уменьшения размера видеофайла).

Оба формата видеодисков (Video CD и Super Video CD) поддерживают такие дополнительные возможности, как создание караоке и система интерактивных меню для выбора просматриваемой дорожки.

### **Смешанный формат и караоке**

Смешанный формат и формат караоке, представленные в данном подразделе, в определенной степени относятся к форматам аудиодисков (караоке - в большей степени, смешанный формат - в меньшей). Однако оба они являются весьма специфическими и не пользуются большой популярностью у владельцев приводов CD-RW.

Караоке – это другое, более популярное, название формата CD+G (CD + Graphics). В этом формате дополнительная информация, относящаяся к звуковым дорожкам, записывается в так называемые подканалы (Subchannels). В общем случае аудиодиск может иметь до восьми подканалов с дополнительными данными, которые чередуются с аудиоданными.

В последнее время распространены аудиодиски с защитой от копирования. Такие CD не могут быть воспроизведены или скопированы с помощью «обычного» компьютерного CD-привода без специального программного обеспечения. Как правило, указание о защите аудиодиска от копирования имеется на упаковке.

Важной характеристикой любого мультимедийного диска (Audio CD и Video CD, который будет описан далее) является так называемый битрейт (от английского выражения bit rate – «скорость в битах»).

Битрейт – это характеристика, которая показывает, насколько плотно «упакована» мультимедийная информация на компакт-диске. Измеряется битрейт в специальных единицах, обозначаемых bps (bitper second – «бит в секунду») или kbps (килобит в секунду). Например, битрейт, равный 1000 kbps, говорит о том, что в одной секунде материала (звука или видео) «упаковано» 1000 Кбит информации.

Чем выше битрейт, тем выше качество мультимедийных материалов. С другой стороны, чтобы обеспечить требуемое значение битрейта при записи CD, необходимы дополнительные вычислительные ресурсы.

Некоторые аудио- и видеоформаты предусматривают возможность использования переменного битрейта (variable bitrate – VBR). Суть VBR состоит в том, что оптимальное значение битрейта выбирается в зависимости от специфики конкретного фрагмента кодируемого материала.

**DVD-RAM** (DVD Random Access Memory, то есть DVD с произвольным доступом к памяти) – это первый перезаписываемый формат для DVD. Он был разработан компаниями Panasonic, Hitachi, Toshiba и одобрен DVD-форумом в июле 1997 г.

**DVD-R** (Recordable - «записываемый») - это, как вы уже знаете, один из форматов семейства «DVD минус». Формат разработан компанией Pioneer и обеспечивает однократную запись. Устройства на базе этого формата были первыми, которые записывали DVD.

Термин **DVD-Video** используется для обозначения диска, на котором записаны мультимедийные данные, а также средства управления просмотром содержимого (система меню). Данные на таком диске должны быть организованы специальным образом, чтобы обеспечить возможность корректного воспроизведения содержимого диска на любом бытовом проигрывателе и компьютерном DVD-приводе.

**DVD-Audio** позволяет записывать двухканальный и многоканальный 3С ЦИФРОВОЙ стереозвук с частотами дискретизации 48 КГц / 96 КГц /192 КГц (а также 44,1 КГц / 88,2 КГц) с разрядностью

16 до 24 бит, что теоретически позволяет записать на нем звуковые сигналы в полосе частот от 0 до 100 КГц (точнее – до 96 КГц) при динамическом диапазоне 144 дБ (в обычном CD полоса звуковых частот не превышает 22,5 КГц, а максимальный динамический диапазон записи составляет 96 дБ).

Помимо звуковой информации, на DVD-Audio можно записывать слайд-шоу и видеоклипы. При этом DVD-Audio совместимы с обычными CD-проигрывателями.

Спецификация **DVD-VR** основана на DVD-RAM и поддержана DVD-форумом. Формат DVD-VR позволяет записать в реальном времени до 2 часов высококачественного видео в формате MPEG-2 на односторонний DVD-RAM емкостью 4,7 Гбайт и обеспечивает такие возможности, как редактирование уже записанных видеоматериалов, запись различных типов статических изображений. Электронику на базе этого формата выпускают компании Panasonic, Toshiba, Samsung, Hitachi.

### Режимы записи DVD

В отличие от CD-R и CD-RW, выбор режима записи DVD зависит не только от желания пользователя, но и от особенностей конкретного формата DVD.

Для **DVD-R** предусмотрены два режима записи: Disc-at-Once (DAO – «диск за раз») и incremental writing (дописывание).

Режим ОАО в целом идентичен одноименному режиму, применяемому для CD-R, и предполагает запись данных объемом в целый диск, до 4,7 Гбайт, за одно включение лазера. Запись DVD-R в режиме DAO выполняется таким образом, что все три зоны – вводная (Lead-in), зона данных и выводная (Lead-out) – записываются последовательно, без перерыва. Причем запись диска обязательно завершается его финализацией. Режим DAO обязательно должен использоваться при записи DVD-Video и DVD-Audio, чтобы они могли читаться бытовыми DVD-плеерами.

Режим дописывания концептуально очень похож на технологию мультисессионной записи, которая используется для CD-R. Этот режим позволяет добавлять данные на DVD-R порциями, размер которых должен быть не менее 32 Кбайт (даже если записываемый файл имеет меньший объем), так как это

минимальный размер блока кода коррекции ошибок (Error Correction Code – ECC) для DVD.

Для **DVD+R** поддерживаются те же два режима записи: OAO («диск за раз») и incremental writing (дописывание).

DVD+R (как, впрочем, и DVD-R) не нуждаются в предварительном форматировании, поскольку необходимая служебная информация наносится на них при изготовлении. Поэтому, если вы попытаетесь получить исходные сведения о таком носителе с помощью какой-либо программы прожига (например, Nero), то увидите, что он уже содержит первую сессию с одной (пока пустой) дорожкой .

### **Запись DVD-RW**

Прежде чем можно будет записывать данные на любой перезаписываемый DVD, в том числе DVD-RW, его требуется отформатировать. Смысл форматирования примерно такой же, как и при работе с 3-дюймовой дискетой: на диске создаются адресуемые блоки (секторы), по которым впоследствии будут распределяться записываемые данные. Особенное DVD-RW состоит в том, что они допускают только последовательную запись, то есть данные могут помещаться только в соседние секторы

При форматировании DVD-RW создаются так называемые питы предварительной разметки – Land Pre-Pits (LPP). Эта разметка создается сразу для всего диска, поэтому процесс форматирования DVD-R занимает весьма продолжительное время (время форматирования диска емкостью 4,7 Гбайт – около часа).

Чтобы записанный DVD-RW читался бытовым плеером, его следу «закрыть». Эта процедура также весьма продолжительна.

На DVD-RW можно дописывать данные, но для замены какого-либо фрагмента после «закрытия» диска потребуется его полное переформатирование.

### **Запись DVD+RW**

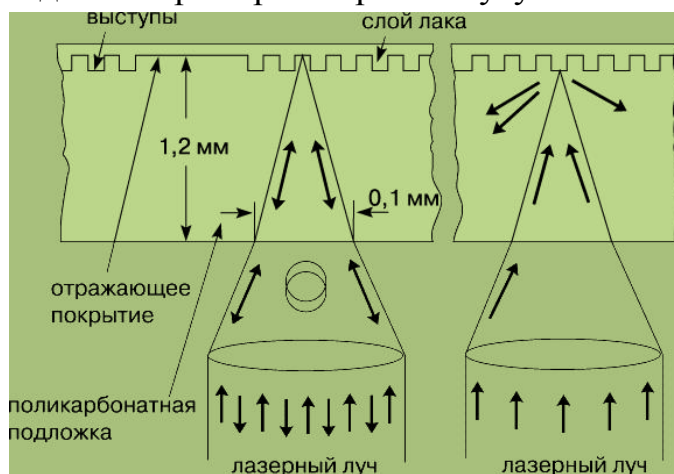
Основной особенностью DVD+RW является применение технологии бесшовного связывания – lossless linking. Ее суть состоит в следующем. Вдоль всей канавки диска записан высокочастотный сигнал (817 КГц), который играет роль направляющей. Этот сигнал позволяет с большой точностью останавливать и возобновлять процесс записи, причем величина «промаха» луча лазера составляет не более одного мкм.

Технология бесшовного связывания обуславливает три важных достоинства DVD+RW:

отсутствие необходимости финализировать диск для его воспроизведения бытовыми DVD-плеерами;

возможность замены любой части содержимого диска (размером менее 32 Кбайт) без его очистки (переформатирования);

существенное уменьшение затрат времени на форматирование, поскольку DVD+RW поддерживает фоновое форматирование (запись данных на диск может производиться примерно через минуту после запуска процесса).



**Рис. 12. Чтение информации с компакт-диска**

Оптические диски можно разделить на группы по количеству возможных на них записей: CD-ROM (DVD-ROM) (read only memory) – незаписываемые в домашних условиях диски, CD-R (DVD-R, recordable) – однократно записываемые диски и CD-RW (DVD-RW rewritable) – многократно перезаписываемые диски. Диски CD-ROM производятся на заводах с использованием специальных прессов. CD-ROM-диск имеет трехслойную структуру. В середине находится отражающий металлический слой (из алюминия, иногда золота – для длительного хранения информации), в котором сделаны сферические углубления – питы, а с двух сторон этот слой защищает поликарбонат. Иногда с нечитабельной стороны вместо поликарбоната применяется специальный лак. В этом случае разного рода надписи на диске (непредназначенным для этого маркером) могут стать роковыми.

Чтение происходит следующим образом. Луч лазера, попадая на ровную поверхность отражающего слоя, отражается в направлении фотоприемника. При попадании фотонов на поверхность полупроводника его проводимость изменяется на основе явления фотоэффекта. В результате в фотоприемнике появляется электрический импульс, интерпретируемый как "единица". Если же луч лазера попадает на границу пита (ямки) и бугорка, он отражается в ином направлении и, как следствие, не попадает на светочувствительную область фотоприемника – отсутствие импульса воспринимается как "ноль".

В конструкцию CD-R-дисков внесено лишь одно изменение, но именно оно позволило записывать информацию на такие диски в домашних условиях. Теперь отражающий металлический слой не имеет никаких питов – он абсолютно ровный, а вот между ним и поликарбонатом добавлен еще один слой – далее мы будем называть его регистрирующим слоем. Этот слой представляет собой особое вещество, способное изменять свою светопропускную способность. Обычно

используются цианин и фталоцианин. Итак, процесс записи: проходя над определенными зонами, лазер своим лучом нагревает их. Участки регистрирующего слоя при нагревании становятся мутными. При чтении информации эти участки выполняют роль питов, т. к. не отражают луч лазера целиком, а рассеивают его. Если же в данном месте регистрирующий слой прозрачен, луч проходит через него и, отражаясь от металлического слоя, попадает на светочувствительную область. Восстановить прозрачность участков регистрирующего слоя невозможно. С другой стороны, это хорошо: ваша информация надежно защищена от перезаписи. Хотя все равно нет гарантии, ведь прозрачные участки можно сделать непрозрачными (например, подвергнуть диск воздействию ярких солнечных лучей или высокой температуры) – тогда данные будут потеряны.

Теперь давайте рассмотрим CD-RW-диск. От CD-R-диска его мало что отличает. Можно даже сказать, что у них единственное различие, но оно является основополагающим для метода перезаписи информации. Регистрирующий слой CD-RW-диска представляет собой более сложное по составу и дорогостоящее вещество (этим объясняется разница в цене CD-RW- и CD-R-дисков). Основное свойство этого вещества – некоторые особенности фазовых состояний, а именно: фазовые состояния легко регулируются при помощи температурного воздействия. Вещество может быть либо кристаллическим и прозрачным, либо аморфным и мутным. При нагревании оно не переходит сразу в жидкое состояние, а становится вязким и мутным – аморфным. На этом и основан принцип записи в CD-RW-дисках: проходя над определенной областью диска, мощный луч лазера нагревает регистрирующий слой до высокой температуры и отключается. Участок изначально кристаллического слоя после сильного нагревания становится аморфным, а резкое остывание (после отключения лазера) фиксирует это состояние. Процесс чтения полностью аналогичен процессу чтения CD-R-диска. Как же происходит перезапись? А все очень просто: из аморфного состояния в кристаллическое вещество переходит после небольшого нагревания. Хоть и очень медленно, но этот процесс идет и при нормальных условиях. Лучше всего это видно на примере меда. Все мы знаем, что собой представляет мед; вязкая мутновато-прозрачная субстанция. А что с ним произойдет через два-три года покоя в шкафу? Он "засахарится", т.е. кристаллизуется. Так что из-за аналогичных процессов в регистрирующем слое через несколько лет информация на вашем CD-RW-диске будет безвозвратно утеряна. Но с другой стороны, если бы не этот обратный процесс, CD-RW-диски были бы однократно записываемыми.

Напоследок хочется отметить одну особенность чтения CD-RW-дисков. Дело в том, что даже в аморфном состоянии регистрирующий слой отражает-таки небольшое количество света. Поэтому небольшая его часть попадает на светочувствительную область. Следовательно, возникает, хоть и небольшой,



электрический импульс. В таких условиях разделение на импульс ("единица") и отсутствие импульса ("ноль") не подходит. Для CD-RW-дисков необходимо разделение по принципу слабый импульс ("ноль") и стандартный импульс, полное отражение луча ("единица"). Именно поэтому большинство музыкальных устройств не работают с CD-RW-дисками.

Принципы устройства DVD-дисков абсолютно совпадают с описанными. В чем же отличие?

Емкость диска DVD- видео как минимум в 10 раз превышает емкость стандартных компакт-дисков и обычно составляет 4-14 Гбайт. Это достигается за счет высокой плотности записи информации (лазер работает на большей частоте и, соответственно, меньшей длине волны). Поэтому на таких дисках помещается цифровое полноценное видео и полноценный (круговой) звук. Кроме того, звуковое сопровождение видео записывается на нескольких языках, диск имеет меню для выбора эпизодов фильма для просмотра и титровое сопровождение на нескольких языках для лиц с ослабленным слухом. DVD диски емкостью 25 Гбайт (односторонние) и 50 Гбайт (двухсторонняя либо двухслойная запись) уже в ближайшие 5 лет станут обычным носителем информации в домашних театрах. Стоимость таких дисков не будет отличаться от существующих, а использовать их будут пока только в телевидении высокой четкости.

Как известно, для записи диска одного желаня недостаточно. Для этого необходим сам диск, записывающий привод и специальное программное обеспечение компьютера. Поскольку диск, как уже упоминалось вначале, представляет собой непрерывную цепочку питов в виде спирали, направленной от центра, то и процесс записи должен представлять собой непрерывный процесс или сессию.

Различается два основных режима записи CD-R: DAO (Disk At Once – весь диск за один прием) и TAO (Track At Once – одна сессия за один прием). При записи методом TAO лазер включается в начале каждой дорожки и отключается в ее конце; в точках включения и выключения лазера формируются серии специальных кадров –run-in, run-out и link, – предназначенные для связывания дорожек между собой. Стандартный промежуток содержит 150 таких кадров (2 секунды).

При записи методом DAO лазер включен на протяжении записи всего диска. Диск, записанный за один прием, является наиболее универсальным и считывается любыми CD-ROM с любым файловым диспетчером, однако после записи невозможно дописывание на диск новых данных, а режим TAO поддерживается не всеми записывающими приводами. Этот режим также желателен для записи мастер-дисков для последующего тиражирования путем штамповки: большинство типовых станков для изготовления матриц воспринимают только непрерывно записанные оригиналы.

В режиме ТАО пишутся мультисессионные диски, допускающие последующее продолжение записи данных, при этом для сессии записывается только зона Lead In (открытая сессия). При записи каждой последующей сессии предыдущая закрывается путем записи зоны Lead Out, за которой следует Lead In новой сессии. На эти две зоны расходуется дополнительно 13,5 Мб (6750 кадров) дискового пространства. Поэтому сразу совет: чтобы открытие и закрытие сессий не поглощало ваше дисковое пространство, лучше всего перед дописыванием диска скопировать его содержимое в компьютер, очистить диск и записать старую и новую информацию вместе одной сессией. По стандарту, чтобы нормально считываться во всех устройствах, диск должен быть закрыт (Closed) путем записи выводной зоны Lead Out. Закрытие диска повышает вероятность его успешного считывания в других приводах, однако лишает возможности дописывания дополнительных сессий.



**Цифровые магнитофоны**

**Рис. 13. DAT-магнитофон**



**Рис. 14. Профессиональный студийный DAT-магнитофон**



**Рис. 15. Портативный DAT-магнитофон**

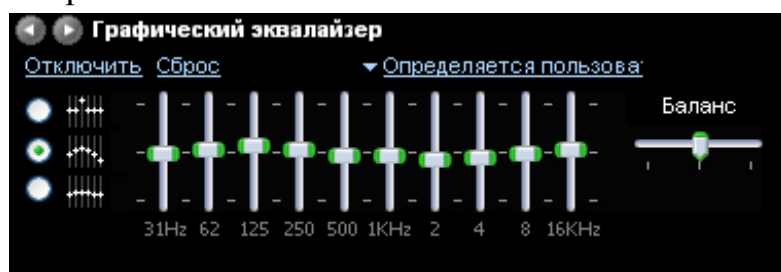
Естественным развитием технологии звукозаписи на магнитную ленту явилось применение цифрового метода записи. Магнитофоны, работающие с цифровыми записями обозначаются аббревиатурой DAT (Digital Audio Tape). На стадии лабораторных прототипов существовало две разновидности таких магнитофонов – L-DAT с последовательной записью неподвижной головкой, и R-DAT, имеющий систему записи, аналогичную используемой в видеотехнике – запись подвижными головками, размещёнными на вращающемся барабане. Ввиду явных преимуществ по скорости доступа, ёмкости и пропускной способности, основной стала технология R-DAT.

DAT-магнитофонами ведётся запись на ленту оцифрованного аудиосигнала от 1 моно до 8 каналов Surround с различной частотой дискретизации (стандартом в настоящее время считается наличие частот 32, 44,1 и 48 кГц). На частоте дискретизации 48 кГц делаются студийные мастер-записи для подготовки Audio CD.

Ввиду дороговизны аппаратного обеспечения и малой совместимости технологий записи DAT-магнитофоны применяются в основном при профессиональной студийной звукозаписи. Корпуса устройств часто имеют посадочные места для установки в стандартные студийные аппаратные стойки.

### Эквалайзер

В начале 20 века в бытовой радиоаппаратуре появились ручки регулирования тембра НЧ (низких частот) и ВЧ (высоких частот). Это фильтры, ограничивающие полосу воспроизводимых частот звукового сигнала. Фильтр НЧ пропускает все частоты до определенно заданной, а ВЧ – с определенно заданной. Таким образом, слушатель мог улучшить звучание, "выровнять" (с англ. – "equalize") звучание. Появились устройства для плавной регулировки полосы воспроизводимых частот - эквалайзеры.



**Рис. 16. Графический эквалайзер**

Эквалайзер состоит из R-L-C (сопротивление-индуктивность-емкость). Вращая регулятор, например НЧ, мы меняем добротность фильтра. Фильтр средство отделения чего-либо от чего-либо. Например, сетка, через которую мы процеживаем чай. Чем мельче ячейки или больше слоев сетки, тем лучше процеживание, выше качество продукта. Качество по английски "quality". Качество фильтра определяется его "добротностью".

В некоторых музыкальных центрах есть три регулятора тембра. Средний регулятор не является регулятором «средних частот». Это просто фильтр, который выделяет определенную частоту в середине спектра, например от 2 до 5 кГц, и позволяет сделать ярче звучание того или иного инструмента.

В эквалайзере весь слышимый диапазон частот разбивается на определенное количество полос (8, 10, 12, 16), в каждой из которых можно плавно регулировать ширину воспроизводимых частот и насыщенность центральной (основной) частоты. Наиболее простой их пример – это так называемые графические эквалайзеры, в которых параметры фильтра являются постоянными, а пользователь может регулировать только уровни громкости каждой частотной полосы по отдельности. Параметрические эквалайзеры позволяют изменять все параметры фильтров, в том числе и основную частоту фильтра.

Если все ручки-ползунки или их цифровые индикаторы стоят в среднем положении, то это значит, что сигнал идет без всяких изменений. При движении

полоска вверх вы увеличиваете уровень громкости данной полосы, при движении вниз – уменьшаете. Если все ручки находятся на максимуме, то это не значит, что вы усилили сигнал, и он идет без изменений, на самом деле изменения присутствуют, поскольку фильтры работают. Проще просто увеличить общую громкость.

В большинстве бытовой техники эквалайзеры поставляются с набором заводских пресетов – фирменных настроек для разных музыкальных стилей (поп, рок, классика и пр.). Современные записи достаточно качественны и не требуют какого-либо структурирования по стилям. Но некоторые любят побольше басов, другие – побольше мягкости в середине, а есть и любители "острых" звуков с явно завышенными "верхами".

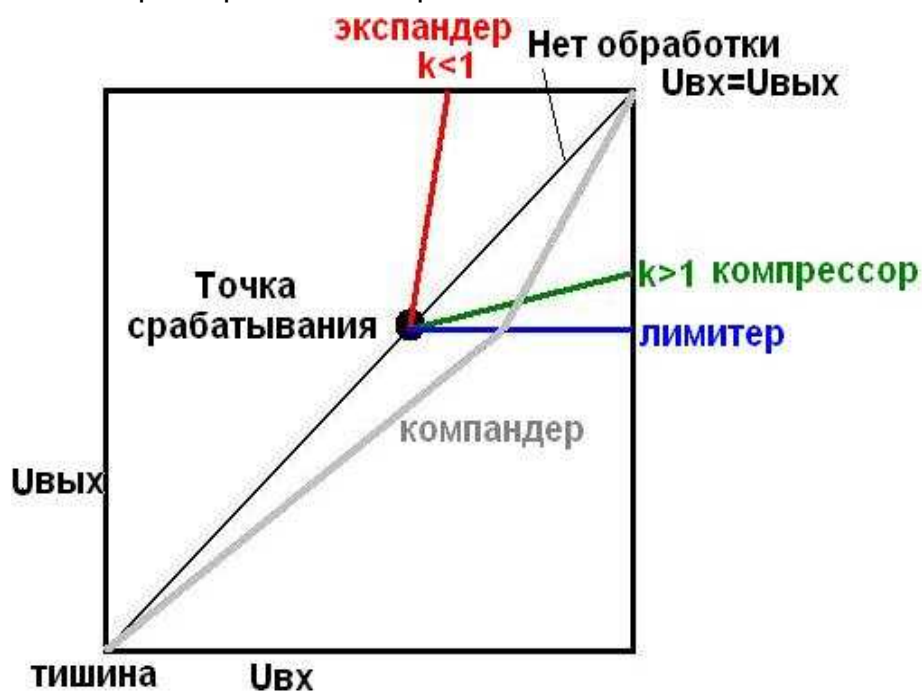
Звучание бытовой аппаратуры во многом зависит от акустики помещения. Одна и та же мелодия звучит по-разному даже в каждой из ваших комнат. В этом случае использование эквалайзера выгодно.

Помимо эквалайзера в бытовой аудиотехнике могут быть встроены модули типа "Surround" и "Sub bass". Модуль "Surround" что это схема, обеспечивающая временную задержку между двумя каналами, что дает ощущение объема. А "Sub bass", "Super Bass", "X-Bass" и др. – это дополнительный фильтр НЧ, работающий относительно общего сигнала, то есть того, который уже прошел через эквалайзер. Основная задача этого блока – усиление звучания "низов".

Первые системы звукозаписи и трансляции музыки были достаточно просты по структуре. Например, при передаче оркестра по радио музыканты рассаживались в специальной комнате, имеющей форму рупора (для увеличения громкости), а микрофон ставился в одной определенной точке, выбранной звукорежиссером трансляции. Примерно так же происходила и звукозапись – музыканты располагались вокруг микрофона и играли. Соответственно, нельзя было допускать лишние движения, кашлять и тому подобное, поскольку все это шло прямо в запись.

Конечно, о современном понимании качества не могло быть и речи. А благодаря чему мы получаем это самое современное качество? В прошлом выпуске были рассмотрены такие "кирпичики", как эквалайзеры, а сегодня мы перейдем в следующий этап и поговорим о динамической обработке – компрессорах, экспандерах, компандерах, лимитерах и гейтах. Несмотря на кажущуюся сложность, все это на самом деле очень просто.

Что такое компрессоры и как они работают?



**Рис. 17. Обработка звука с помощью компрессора**

Компрессор – это устройство обработки звукового электрического сигнала. Звуковой электрический сигнал - это изменение уровня напряжения, и в данном случае под  $Y$  мы будем понимать уровень выходного напряжения устройства, то есть результат, а под  $X$  – входного,  $k$  – это коэффициент (постоянная величина). Единственное отличие от обычной функции состоит в том, что мы имеем границы для значений, обусловленные динамическим диапазоном (разницей между максимальным значением уровня напряжения и минимальным (тишиной)).

В результате получаем, что при коэффициенте компрессии большем единицы динамический диапазон выходного сигнала будет меньшим динамического диапазона входного в  $k$  раз. Получается сжатие, или, применяя английский вариант этого слова "compress", компрессия.

Коэффициент компрессии в англоязычной терминологии называется Ratio и обычно указывается в цифровом соотношении, например, "Ratio 10:1" говорит о сжатии в 10 раз. Причем, первая цифра это и есть наш  $k$  из примера с обычной функцией.

В большинстве случаев компрессоры функционируют не во всем динамическом диапазоне входного сигнала, а начинают срабатывать с определенного уровня, называемого Threshold (в пер. с англ. "порог"). Поэтому график такого компрессора напоминает наклонную букву "Г". Причем чем ниже вы возьмете эту самую точку Threshold, тем большая часть исходного сигнала подвергнется обработке. И в данном случае важно понимать, что динамический диапазон уменьшается в  $k$  раз только на небольшом участке.

Многие могут задать вопрос: "Так что, при обработке компрессором звук становится тише?". На самом деле да, но в этом сигнале меняются амплитудные взаимоотношения. В каждом компрессоре (в программах обычно на автомате) дополнительно предусмотрено управление уровнем выходного сигнала Gain, которое повышает его общий уровень, и в результате, по сравнению с исходным, мы получаем гораздо более насыщенную картину.

Для чего нужен компрессор? Поскольку мы сжимаем динамический диапазон, то уменьшаем громкостную разницу между громкими и тихими звуками. Говоря об этом, мы подразумеваем некое динамическое выравнивание. То есть, вы уже привыкли к тому, что дикторы по телевидению и радио говорят на одной громкости, вам все отчетливо слышно, хотя без компрессоров вы бы ощущали совершенно другую картину – потребовалось бы больше усилий для того, чтобы услышать все звуки, вы бы конкретно ощущали приближение и удаление диктора от микрофона и так далее. В производстве музыки компрессоры используются по той же причине - обеспечение максимальной прослушиваемости фонограмм и громкостного выравнивания. Но не всегда компрессия выгодна. Например, если вы хотите услышать натуральное звучание инструмента, голоса, где есть определенные динамические нюансы (неизменный атрибут профессионального исполнения), то компрессор их стирает, ровняя все под одну гребенку. То есть, скрипка в современной звукозаписи и скрипка в реальном звучании – два разных инструмента.

### ***Что такое экспандер, компандер, лимитер, гейт?***

Экспандер ("expand" – расширять) – это устройство, действие которого обратное компрессору. Другими словами, это компрессор с коэффициентом меньше 1, и в данном случае мы получаем в итоге не сжатие, а расширение динамического диапазона. Данное устройство позволяет сделать звучание более динамически тонким. В звукозаписи довольно часто вместо экспандера применяются связки компрессор-экспандер (сокращенно, компандер). Все дело в том, что в обычных экспандерах в заданном диапазоне захватывается не весь входной сигнал, а лишь его часть (рис. 24), причем не самая высокая по уровню, а наиболее значимую часть из полезного сигнала мы теряем, а если перед экспандером поставить тот же компрессор, то систему можно настроить более качественно, охватив весь диапазон. И, кстати, очень часто можно встретить под названием экспандера компандер. Так что не путайтесь.

Лимитером ("limit" – ограничение, предел) называется компрессор с максимальным коэффициентом. Другими словами, все уровни входного напряжения, начиная от Threshold и выше, приравниваются к одному значению уровня выходного напряжения. Что мы получаем в итоге – абсолютно ровный по громкости звук.

Гейт – образовано от английского слова "gate" (в пер. "ворота"). Данное устройство не пропускает сигнал с уровнем ниже указанного Threshold. Вы наверняка могли столкнуться с такими устройствами, как Noise Gate – удаление шума. Как мы знаем, шум находится в малых уровневых соотношениях, по сравнению с полезным сигналом. Поэтому проще всего его отрезать, используя гейт.

Точка срабатывания – минимальное напряжение, при котором срабатывает компрессор, сжимая ( $k > 1$ ) или растягивая ( $k < 1$ ) динамический диапазон.

Лимитер соответствует максимальной сжатии, компандер – сочетанию компрессора и экспандера.

### ***Компандерные системы шумопонижения***

Вторая большая группа устройств шумопонижения предназначена, главным образом, для расширения динамического диапазона трактов записи-воспроизведения, хотя иногда они применяются и в трактах приёма-передачи – например, радиомикрофонов.

В отличие от ранее рассмотренных, эти системы абсолютно ничего не изменяют в исходном сигнале. Они только улучшают условия передачи сигнала через тот тракт, в котором установлены. И уменьшить уровень шумов непосредственно в обрабатываемом ими сигнале нельзя. Так как любой тракт передачи сигналов имеет две стороны – приёмную и передающую, или, иначе говоря, вход и выход – то, очевидно, что для его улучшения необходимо обрабатывать (кодировать) сигнал как на входе, так и на выходе. На входе сигнал подвергается компрессированию, а на выходе – экспандированию. От объединения частей слов КОМПрессор и экспАНДЕР и родилось общее название таких систем – компандерные системы шумопонижения. Компандер – это общее название устройств, применяемых для расширения динамического диапазона путём компрессии сигнала на входе и последующего его экспандирования на выходе.

### ***Секвенсор***

Секвенсор (или секвенсер, от англ. «sequence» – последовательность) – аппаратное или программное устройство для записи и воспроизведения MIDI-сообщений. Принцип работы секвенсера заключается в том, что MIDI-устройство, такое как клавишный синтезатор, MIDI-клавиатура, контроллер, драм-машина<sup>1</sup> и т.д., передает поток MIDI-сообщений, содержащих полную информацию о темпе воспроизведения, выбранных тембрах, сыгранных нотах, настройках эффектов и т.д.

---

<sup>1</sup> **Драм-машина** – электронный прибор, основанный на принципе пошагового программирования для создания и редактирования повторяющихся музыкальных перкуссионных фрагментов («драмов», drums). Классическими драм-машинами считаются Roland TR-808 и TR-909.

Секвенсер записывает эти сообщения во внутреннюю память для последующего воспроизведения. Таким образом, секвенсер по своим функциям полностью аналогичен магнитофону (и чаще всего оборудуется управлением магнитофонного типа), за исключением того, что он записывает не звуковые данные, а команды для различных MIDI-устройств.

Простые MIDI-секвенсеры, называемые также MIDI-файлерами, могут только записывать и воспроизводить MIDI-потоки. Более сложные секвенсеры позволяют производить запись с последовательным наложением нескольких партий, а также редактировать уже записанные партии, изменяя их высоту звучания, громкость, тембр, темп, музыкальный размер и другие характеристики. Таким образом, совместно с синтезатором, секвенсер представляет собой мощное средство, позволяющее единственному исполнителю записать полноценное многопартийное музыкальное произведение, внести необходимые поправки, а затем перенести готовый продукт на звуковой носитель (компакт-диск, аудиокассету и т. д.) для публичного воспроизведения, тиражирования, разучивания оркестрантами и т.д.

В настоящее время наиболее распространены программные секвенсеры – то есть программы для персональных компьютеров (FL Studio, Steinberg Cubase , Cakewalk Sonar, Apple Logic Audio и другие), выполняющие секвенсерные функции. Зачастую, помимо разнообразных средств записи и редактирования MIDI-данных, они содержат дополнительные возможности, например автоматический вывод на печать нот созданного произведения, многоканальную аудиозапись, поддержку виртуальных синтезаторов, сэмплеров и процессоров обработки.

Использование секвенсера существенно облегчает процесс записи музыкальных произведений. Например, запись одной или нескольких партий может производиться в замедленном темпе относительно заданного, самые быстрые музыкальные пассажи могут быть введены при помощи функции пошаговой записи. Операция квантования (от англ. «quantize») позволяет выравнивать ритмические неравномерности исполнения, операция деквантования («dequantize», «humanize»), напротив, вносит легкие неравномерности в излишне «правильные», «машинные» партии (например, записанные пошагово). Таким образом, работа с секвенсером снижает требования к уровню исполнителя, что далеко не всегда положительно оценивается профессиональными музыкантами и композиторами.





**Рис. 18. Драм-машина**

Драм-машина, которая представляет собой ничто иное, как четырёх канальный 16-шаговый секвенсор со следующими характеристиками: 4 банка звуков (смешанные, эффекты и Roland TR-808), 64 звука каждый, X/Y-контроллером с помощью мышки или миди можно управлять по горизонтали выбором звуков, а по вертикали частотой среза, резонансом, драйвом и эффектом флэнжер.

### **Синтезатор**

Синтезатор – электронный музыкальный инструмент, создающий (синтезирующий) звук при помощи одного или нескольких генераторов звуковых волн. Требуемое звучание достигается за счет изменения свойств электрического сигнала (в аналоговых синтезаторах) или же путём настройки параметров центрального процессора (в цифровых синтезаторах). Синтезатор, выполненный в виде корпуса с клавиатурой, называется клавишным синтезатором. Синтезатор, выполненный в виде корпуса без клавиатуры, называется синтезаторным модулем и управляется от MIDI-клавиатуры. В случае, если клавишный синтезатор оборудован встроенным секвенсером, он называется рабочей станцией.

#### **Типы синтеза**

В зависимости от способа генерации звуковых волн и их преобразования синтез звука можно классифицировать следующим образом:



**Рис. 19. Синтезатор с аналоговым моделированием**



**Рис. 20. Рабочая станция**



**Рис. 21. Исполнительский синтезатор**



**Рис. 22. Интерактивный синтезатор**

Суммирующий (аддитивный) синтез, в котором используется принцип суперпозиции (наложения) нескольких волн простой (обычно синусоидальной) формы с различными частотами и амплитудами. По аналогии с электроорганами эти волны называются регистрами и обозначаются, как 16' (тон на октаву ниже взятого), 8' (исходный тон), 4' (тон на октаву выше взятого) и т.д. (цифра представляет собой длину трубы соответствующего регистра органа в футах). В чистом виде встречается у электроорганов (Hammond, Farfisa) и их цифровых эмуляторов (Korg CX-3, Roland VK-8 и т.д.). Звучание инструмента тем богаче, чем большее количество регистров использовано в конструкции.

Вычитающий (субтрактивный) синтез, в котором исходная волна произвольной формы изменяет тембральную окраску при прохождении через разнообразные фильтры, генераторы огибающих, процессоры эффектов и т.д. Как подмножество данный тип синтеза широко применяется практически во всех современных моделях синтезаторов.

Операторный (FM, от англ. Frequency Modulation) синтез, в котором происходит взаимодействие (частотная модуляция и суммирование) нескольких волн простой формы. Каждая волна вместе со своими характеристиками называется оператором, определенная конфигурация операторов составляет алгоритм. Чем

большее количество операторов использовано в конструкции синтезатора, тем богаче становится звучание инструмента. Например, популярный по сей день синтезатор Yamaha DX-7 (1984 год выпуска) обладает 6 операторами, для конфигурирования которых служит 36 различных алгоритмов.

Физический синтез, в котором за счет использования мощных процессоров производится моделирование реальных физических процессов, протекающих в музыкальных инструментах того или иного типа. Например, для духовых свистковых инструментов типа флейты параметрами будут длина, профиль и диаметр трубы, скорость воздушного потока, материал корпуса; для струнных инструментов – размер корпуса, материал, длина и натяжение струн и т.д. Физический синтез используют такие инструменты, как Yamaha VL-1, Korg OASYS, Alesis Fusion и т.д.

Волновой (Wavetable, PCM) синтез, в котором звук создается за счет воспроизведения записанных ранее в память инструмента фрагментов звучания реальных музыкальных инструментов (сэмплов и мультисэмплов). Самый известный синтезатор в этой группе – Waldorf Wave, также прославившийся, как самый дорогой в мире синтезатор.

Гибридный синтез, в котором применяется та или иная комбинация различных способов синтеза звука, например "суммирующий + вычитающий", "волновой + вычитающий", "операторный + вычитающий" и т.д. Большинство современных инструментов создается именно на основе гибридного синтеза, так как он обладает очень мощными средствами для варьирования тембра в самых широких пределах.

### **Разновидности синтезаторов**

В зависимости от используемой технологии синтезаторы можно разделить на следующие категории:

Аналоговые синтезаторы реализуют аддитивный и субтрактивный типы синтеза. Главная особенность данной категории заключается в том, что звук генерируется и обрабатывается при помощи реальных электрических цепей. Часто соединение различных модулей синтеза производится при помощи специальных кабелей – patch-проводов, отсюда "патч" – обиходное название определенного тембра синтезатора среди музыкантов. Основные достоинства аналоговых синтезаторов заключаются в том, что все изменения характера звучания во времени, например движение частоты среза фильтра, происходят исключительно плавно (непрерывно). К недостаткам относятся высокий уровень шума, проблема нестабильности настройки в настоящее время преодолена.

Виртуально-аналоговые синтезаторы представляют собой гибрид между аналоговым синтезатором и цифровым, неся в своем корпусе программную составляющую.

Цифровые синтезаторы включают в себя собственно цифровые синтезаторы, а также их вариации: виртуальные синтезаторы-плагины/standalone и интерактивные синтезаторы. Они реализуют разнообразные типы синтеза. Для создания и воспроизведения исходных волновых форм, модификации звучания фильтрами, огибающими и т.д. используются цифровые устройства на базе одного центрального процессора и нескольких сопроцессоров. По сути, цифровой синтезатор представляет собой узкоспециализированный компьютер, подобно персональным компьютерам, позволяют обновлять операционную систему, содержат страничные меню, встроенные справочные файлы, скринсейверы и т.д.

Виртуальные синтезаторы являются разновидностью цифровых синтезаторов, однако они представляют собой особый вид программного обеспечения. Для создания звука используются центральный процессор и оперативная память персонального компьютера, а для вывода звука на воспроизводящее устройство используется звуковая карта ПК. Виртуальные синтезаторы могут представлять собой как самостоятельные (stand-alone) программные продукты, так и плагины (plug-ins) определенного формата, предназначенные для запуска внутри программы-хоста, обычно многоканального рекордера. Интерактивные, или домашние синтезаторы также представляют собой разновидность цифровых синтезаторов, предназначенную специально для домашнего и салонного любительского музицирования, а также для интерактивного обучения музыке. Обычно в таких синтезаторах отсутствуют средства для развитого редактирования звука, включая регуляторы реального времени. Акцент делается на реалистичной имитации разнообразных оркестровых инструментов и использовании функции автоматического аккомпанемента. В этом случае для того, чтобы сыграть какое-либо музыкальное произведение, исполнителю не требуется программировать тембры или записывать партии в секвенсер – достаточно выбрать готовый тембр для мелодии и стиль для автоаккомпанемента. Безусловно, управление подобными синтезаторами существенно проще, чем у профессиональных исполнительских моделей и зачастую доступно даже ребёнку. Многие синтезаторы подобного типа включают в себя обучающие игры типа «угадай ноту» или «угадай аккорд», сборники готовых музыкальных произведений для прослушивания и разучивания, функцию караоке с выводом на экран текста песни и т.д. К данной категории синтезаторов относятся семейства Yamaha PSR, Casio CTK/WK, Roland E/VA/EXR и т.д.

## Мини-диски



**Рис. 23. Мини-диски**

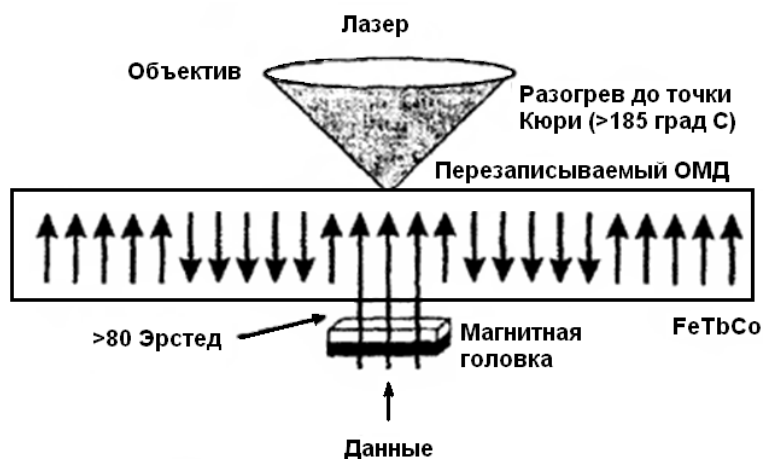
Минидиск (MD) – магнито-оптический носитель информации. Был впервые представлен компанией Sony 12 января 1992 года и позиционировался как замена компакт-кассетам, к тому времени уже полностью изжившими себя. Его можно использовать для хранения любого вида цифровых данных. Наиболее широко мини-диски используются для хранения аудио информации.



**Рис. 24. Строение мини-диска**

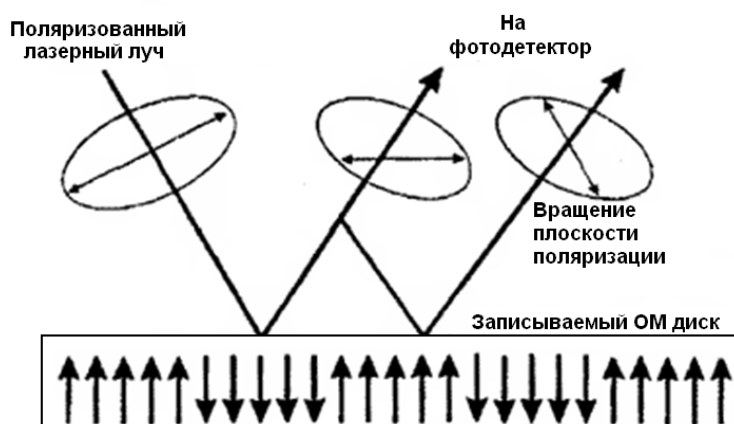
Ключевой частью технологии мини-дисков является использование для кодирования и декодирования звукового сигнала методов специального адаптивного преобразования, которое, зависит от структуры входного сигнала, и основывается на некоторых известных закономерностях психоакустики. Эта система называется ATRAC и имеет цель сжать данные, уплотнить их, сохранив при этом естественность воспроизведения звука.

## Магнитооптический способ записи и чтения информации



**Рис. 25. Запись информации на магнитооптический диск.**

Для записи информации на магнитооптический диск необходимо вначале разогреть участок, на котором будет записываться информация до температуры, при которой магнитная лента сможет намагничиваться достаточно слабым полем магнитной головки. Разогрев осуществляется лучом лазера. На магнитную головку поступает сигнал, создающий магнитное поле, разогретый участок диска намагничивается, остывает и утрачивает способность реагировать на слабые внешние магнитные поля и поле магнитных головок.



**Рис. 26. Воспроизведение информации с магнитооптического диска**

При воспроизведении сигнала лазерный луч падает на дисковую поверхность, проходит через магнитный слой и затем отражается от отражающего слоя. Однако, проходя через магнитный слой, плоскость поляризации лазерного луча изменяется в зависимости от того, с какой полярностью этот слой в данной точке намагничен. Поворот вектора поляризации пучка света под влиянием магнитной среды, через которую он проходит, называется эффектом Керра.

Итак, существует два вида считывания мини-дисков:

считывание записываемого диска типа CD, при котором выходной цифровой сигнал такой же, как в CD;

считывание записываемого диска типа MO, здесь выходной сигнал непрерывен, но с изменяющейся поляризацией.

Для считывания информации с дисков обоих типов используется один и тот же двух функциональный лазер. Однако в оптическую головку системы добавляют (если сравнивать с CD) еще один элемент – поляризационный анализатор, т. н., призму Уолластона. Дело в том, что эффект Керра слаб. Поворот вектора поляризации, даже в самых благоприятных условиях, не превышает одного градуса. К тому же приёмники света не реагируют на поляризацию. Задача призмы Уолластона преобразовать угол поляризации в интенсивность света. Далее считанная информация поступает на блок датчиков и преобразуются в электрические ВЧ сигналы. Не вдаваясь в технические подробности, надо сказать, что такая система рассчитана на считывание информации, как с дисков не записываемых (MD-DA), так и с записываемых (MD-R).

Записываемый мини-диск до записи не заполнен, т. е. не содержит никакой информации. Однако, если бы он не имел предварительной разметки, было бы невозможно производить правильное позиционирование луча лазера, как при записи, так при считывании информации.

Поэтому, каждый MD-R, аналогично CD-R, имеет U-образную физическую канавку, или предканавку адресов, которая штампуются на диске при его производстве. Предканавка располагается за спиральной дорожкой данных и имеет специальную конфигурацию, она не стирается и разумеется, на всех дисках совершенно одинаковая. Без неё было бы невозможно осуществить правильное позиционирование при считывании информации с диска. На основании считывания адресной информации, со специальных датчиков, после расшифровки сигнала, определяется точный адрес каждой позиции на диске.

На не записываемом диске расположение дорожек аналогично компакт-дискам: зона, содержащая оглавление диска, программная зона и оконечная зона. Что касается записываемых дисков то у них, кроме начальной зоны, есть ещё зона, где пользователь записывает свои метки: начальные и конечные адреса музыкальных дорожек.

Таким образом мини-диск предоставляет возможность изменять номера дорожек, делить дорожку на части и т. д. Например, если пользователь хочет разделить одну дорожку на две, в программной зоне музыкальные данные остаются не тронутыми, но адреса и оглавление будут изменены.

Ключевой частью технологии мини-дисков является использование для кодирования и декодирования звукового сигнала методом специального адаптивного преобразования, которое, зависит от структуры входного сигнала, и основывается на некоторых известных закономерностях психоакустики. Эта система

называется ATRAC и имеет цель сжать данные, уплотнить их, сохранив при этом естественность воспроизведения звука.

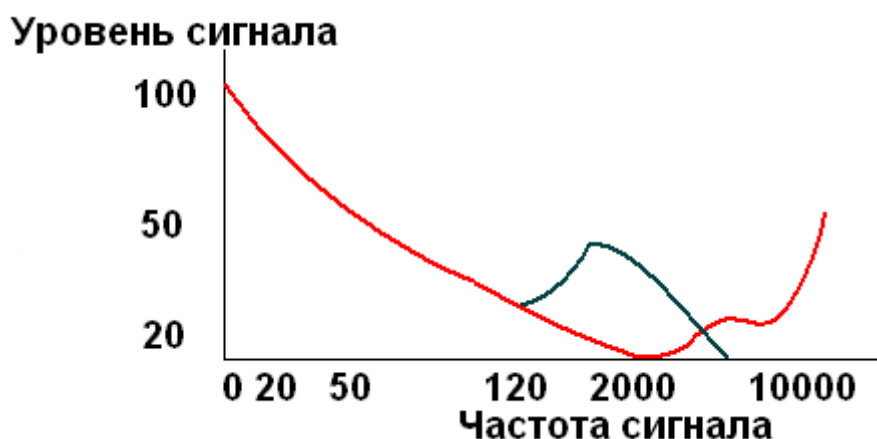
Звук определенного уровня отчетливо воспринимается на одной частоте, и может оказаться вовсе неслышимым на другой частоте, даже с более высоким уровнем.

Анализ музыкального сигнала, поступающего на вход записи, позволяет определить, какие части спектра лежат ниже этих порогов. Затем они могут быть удалены и скорость передачи информации в битах, таким образом, может быть уменьшена.

Причём, чувствительность нашего слухового аппарата (ухо – кора головного мозга) в некоторых, т. н. критических диапазонах частот, остаётся постоянной и не меняется.

Методом субъективной экспертизы определены 25 таких критических диапазонов. Но в ATRAC – системе, ради большей точности передачи, их используется ещё большее количество – около 52.

### **Психоакустические свойства звука**



**Рис. 27. Маскировка сигнала**

Маскировка сигнала. Часто при исполнении музыкальных произведений наблюдается потеря звучания одного из инструментов в силу того, что одновременно слушателем воспринимаются два сигнала: один сравнительно слабый и второй, совпадающий по времени, – относительно сильный. При этом первый сигнал как бы попадает в «тень» второго и становится неслышимым.

Когда громкий звук сменяется тихим, примерно 200 миллисекунд слабый сигнал не воспринимается, на нем как бы продолжает лежать «тень» сильного звука. Это явление называют постмаскировкой.

Предмаскировка(перед более тихим в пределах 3 миллисекунд)

Постмаскировка(после него в пределах 200 миллисекунд), маскирует тихий звук



### **Гигабайтный диск**

Его вместимость – 45 часов музыки, то есть 46 стандартных CD или 2047 песен.

Сжатием данных в новом формате занимается система ATRAC3plus.

Для компьютерных файлов возможно архивирование и запись через стандартный проводник. Записи, сделанные с аудио/видео источников, загружаются в компьютер с плеера при помощи специальной программы SonicStage 2.0. Загрузочный диск с этим программным обеспечением входит в комплект поставки. Программа полезна и с точки зрения скорости перезаписи, которая достигает ста крат (100x). Иными словами, пользуясь SonicStage 2.0, владелец Hi-MD сможет мгновенно отыскать нужную запись и без потерь растиражировать 60-минутный CD за 40 секунд. Файлы с «рабочего стола» компьютера просто «перетаскиваются» мышкой в пиктограмму Hi-MD.

### ***Hi-Fi***

Hi-Fi (англ. High Fidelity – высокая точность) – термин, означающий, что воспроизводимый звук очень близок к оригиналу. Аппаратура соответствует одному из стандартов DIN 45000, DIN 45500, IEC 60581, ГОСТ 24388-88.

В 1973 году немецкий Deutsches Institut für Normung (DIN) выпустил стандарт DIN 45000, определяющий требования к звуковоспроизводящей аппаратуре: минимальные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики, коэффициент нелинейных искажений, уровня шума и способов их измерений. Затем этот стандарт стал международным IEC 60581 (МЭК), и с минимальными изменениями повторен в ГОСТ 24388-88.

Существует похожий термин Hi-End или High-End. High-End аппаратурой производители называют эксклюзивную, либо ламповую звуковоспроизводящую аппаратуру. Но этому термину не соответствует какой-либо стандарт.



**Рис. 28. Ламповый Hi-Fi усилитель**

### **Трекерная музыка**

Трекерная музыка (MOD-музыка) – музыка, созданная на компьютере при помощи программы-«трекера» (англ. tracker), представляющей собой специализированный музыкальный редактор (программа для создания и редактирования музыки).

Так как программы-трекеры создаются в основном любителями, трекерную музыку обычно пишут также музыканты-любители. Методы создания трекерной музыки довольно специфичны, и больше напоминают программирование, чем набор партитуры произведения, что делает их не очень удобными для профессиональных музыкантов, однако более доступными для людей без музыкального образования. Это не означает, что трекерная музыка изначально плоха или проста с музыкальной точки зрения, она скорее представляет собой альтернативный подход к музыке. Среди музыкантов, использующих трекер в качестве основного инструмента, немало очень талантливых людей, ими создаётся множество хороших композиций.

Трекеры как инструмент создания музыки очень активно используются в рамках «демосцены» – компьютерной молодежной субкультуры, сформировавшейся в 1990-е годы ещё до широкого распространения Интернета. Существует и отдельная «трекерная сцена», или «MOD-сцена» (в честь «базового» формата MOD), в рамках которой независимые авторы из разных стран обмениваются своими композициями. Такие авторы также называются «трекеры», могут использоваться термины «трекерщик» или «MOD-музыкант».

Принципы распространения этой музыки похожи на принципы Open Source – произведения бесплатны, имеют «открытый исходный код», авторы не несут ответственности за их качество, и т. п. До появления легкодоступных сборников

семплов была широко распространена практика заимствования семплов из чужих файлов. Во второй половине 90-х появились сайты, где можно было размещать свою музыку и получать на неё рецензии от других музыкантов (MOD Archive, Trax in Space). Таким образом произведения, написанные энтузиастами-непрофессионалами, получали распространение во многих странах мира.

К настоящему времени, по мере совершенствования техники, программного обеспечения и увеличения пропускной способности бытовых интернет-соединений, область применения трекерной музыки несколько уменьшилась. Однако и сейчас существует большое количество музыкантов, специализирующихся на ней, среди них проводятся конкурсы. Также трекерная музыка за счёт её технических особенностей нередко применяется на маломощных игровых системах, и на PC в играх небольшого объёма.

#### Форматы представления аудиофайлов

Существует три типа звуковых файлов: файлы без сжатия (WAV и AIFF (макинтош)), файлы со сжатием (MP3, WMA, Ogg и др) и MIDI (скорее не файл, а программа управления синтезатором).

В этом разделе речь пойдет о цифровых форматах, хранящих звук файлов. Иначе говоря, – о хранении оцифрованного звука. Напряжение, передаваемое по телефонным каналам и несущее звук, представляет собой аналоговый сигнал достаточно сложной формы. Чтобы преобразовать такой сигнал в цифровую форму, необходимо выполнить последовательно две операции: дискретизацию и квантование. Дискретизация состоит в периодическом измерении значений напряжения (на рис. 3.4 дискретизация сигнала производится в моменты времени  $t_1, \dots, t_4, \dots$ ), а квантование – в преобразовании измеренных аналоговых значений в цифровой код. Соответственно, на качество оцифрованного звукового сигнала оказывают влияние два фактора: частота дискретизации и разрядность цифрового кода, получаемого при квантовании. При увеличении частоты дискретизации и разрядности кода качество оцифрованного звука улучшается, но пропорционально возрастает объем информации, которая должна храниться в файле, т. е. необходимо найти компромиссное решение между качеством и размерами файла.

Основная идея сжатия аудиосигнала с потерями – пренебрежение теми фрагментами звука, которые лежат вне пределов восприятия человеческого уха. Первая такая возможность определяется маскирующим эффектом, в соответствии с которым сильные звуки приводят к невосприимчивости уха к слабым в том же самом частотном диапазоне. Поэтому слабые звуки можно кодировать с малым количеством уровней, в результате чего сокращается количество информации, используемое при кодировании звука.

Далее, весь частотный диапазон делится на подполосы, каждая из которых обрабатывается отдельно, причем маскирующий эффект используется как внутри каждой подполосы, так и между ними, т. е. очень мощный звук в одной из подполос приводит к маскированию во всех остальных. Затем используются особенности психоакустической модели человеческого слуха, в соответствии с которой тщательно сохраняются звуки хорошо воспринимаемых частот и удаляются звуки тех частот, которые не воспринимаются.

Для стереозвучания используется дополнительный прием, связанный с тем, что стереоэффект воспринимается человеком только в области средних звуковых частот. Поэтому сигнал низких и высоких частот передается в монофоническом звучании.

## **WAV**

Для ОС Windows стандартным стал формат RIFF WAVE, который называют просто **WAV**. Файлы этого формата имеют расширение WAV. Они представляют собой просто последовательность, предназначенную для передачи на ЦАП, к которой присоединен заголовок файла и содержится основная информация об оцифрованном звуке: число каналов и частота дискретизации, а также среднее число передаваемых в секунду байтов. Последняя характеристика позволяет программе воспроизведения звука выбрать требуемые размеры буфера (обычно размер буфера соответствует одной секунде непрерывного звучания) для хранения звуковых данных. Wav-формат – формат записи (стерео- или моно-) звука без сжатия. Так всего одна минута стереозаписи звука сделанная с CD-качеством (частота дискретизации 44,1 КГц) содержит  $60 \text{ с} \times 44100 \text{ Гц} \times 2 \text{ канала} = 5\,292\,000$  отсчетов. На каждый отсчет может приходиться 8 или 16 бит. Таким образом, в варианте 8 бит на отсчет, одна минута звука займет в памяти  $42\,336\,000 \text{ бит} = 5\,292\,000 \text{ байт}$  (около 5 Мб).

## **Метод сжатия звука MP3**

Алгоритм MP3 допускает сжатие в 10 и более раз – при этом с минимальной потерей качества! Сжатый в 10 раз звук по слышимому качеству превосходит звучание записи на кассетах, а сжатие в 5 раз и вовсе позволяло получить звук, неотличимый от оригинального.

Во-первых, все мы знаем, что в любой записанной на компакт-диске музыкальной информации присутствует серьезная избыточность. В самом деле – человеческое ухо способно различать звуки в диапазоне от 20 до 20 000 Гц (и то далеко не у всех – большинство слушателей «останавливаются» уже на границе 16 кГц). Между тем максимальная частота звуков, записанных на компакт-диске,

составляет 22 кГц. Таким образом, налицо явный излишек, который можно удалить<sup>2</sup>. Программа-кодировщик для начала «обрезает» все, что лежит ниже 100 Гц и выше 20 000 (при сильном сжатии – выше 14000 Гц, оставляя диапазон звуковых частот, соответствующих аудиокассете).

Во-вторых программа-кодер убирает из звукового потока любые не слышимые человеком сигналы. Например, звуки и частоты, которые «пропадают» для нас, попадая «в тень» более мощного соседнего сигнала. При этом работа проводится максимально осторожно и бережно, чтобы не «повредить» слышимый человеком звук. Любители научной терминологии уже прозвали этот метод «психоакустическим», т. е. учитывающим психологические особенности восприятия звука человеком.

В-третьих, слух человека обладает способностью воспринимать направление источника сигнала (стерео- или бинауральный эффект) в диапазоне аудиокассеты (200-16 000 Гц). Поэтому при сжатии звука кодировщиком MP3 нет необходимости записывать много каналов звука, достаточно монофонического звучания на частотах от 20 до 200Гц и от 16000 до 20000 Гц.

В принципе, звук можно сжать еще больше — до 30—40 раз — снизив частоту дискретизации с 44 до 22 кГц. Однако музыка такое издевательство уже не переносит — от чарующих звуков остаются лишь пух и перья. А вот для чистого голоса (например, при составлении «звуковых писем» или в Интернет-телефонии) вполне хватает 22 кГц при 56 kbps.

---

<sup>2</sup> Согласно современным данным, хотя высокочастотные сигналы и не воспринимаются человеческим ухом как слышимые звуки, они тем не менее серьезно влияют на общую картину, «прозрачность» звука.

Битрейт, kbps	Степень сжатия, раз
1-12	12
128	10,5
160	8,5
192	7
256	5,5
320	4

Помимо постоянного битрейта при MP3-кодировании может использоваться и переменный. Вспомним, что MP3-файл состоит из отдельных отрезков — «фреймов» длительностью 1/100 секунды. Именно благодаря такому устройству MP3-файл можно воспроизводить одновременно с его скачиванием из Интернет, в «поточном» режиме. Во время кодирования с переменным битрейтом программа-кодировщик определяет, какой именно битрейт стоит использовать для кодирования именно этого фрейма, в зависимости от его частотных характеристик. Таким образом каждую секунду битрейт меняется добрую сотню раз в диапазоне от 56 до 320 kbps — хотя за пользователем остается право ограничить как верхний, так и нижний порог битрейта.

Использование переменного битрейта позволяет в некоторых случаях значительно улучшить качество MP3-композиции — ведь в любой композиции найдется немало мест, которые можно закодировать с минимально возможным битрейтом. В других же случаях, наоборот, планку не грех и приподнять...

Но вернемся к музыке. Наверное, все вы видели многочисленные коллекции типа «Все альбомы группы — на одном диске», которыми завалили все рынки наши милые «работники Веселого Роджера». Так вот — битрейт звуковых файлов, собранных в них, как правило, не превышает 160 kbps. Получившийся звук, конечно, способен конкурировать с обычными кассетами (и еще как способен!), но декларируемого «полного соответствия звучанию компакт-диска» в этом случае нет и быть не может. Хотя разница и не будет резать ухо — если не брать в расчет чувствительное ухо меломана. Такие привереды (если они и признают MP3 в принципе) предпочитают использовать битрейты 192 или 256 kbps. Пять-шесть часов музыки на одном компакт-диске — это тоже неплохо.

Итак, MP3 победил и превратился в промышленный стандарт: в 1999 году в продаже появились первые CD-плееры, умеющие проигрывать MP3-диски — без всякого вмешательства компьютера. Но еще задолго до этого сразу несколько фирм активно взялись за разработку стандарта, который должен был окончательно стереть MP3 с лица земли. Атака шла сразу по двум фронтам: во-первых, требовалась еще большая степень сжатия при сохранении качества (о жадность человеческая!). Этого требовали пользователи — а индустрия, в свою очередь, требовала защиты от неугомонных пиратов. «Формат XXI век» должен был включать в себя не только полные и подробные сведения об авторских правах, но и каким-то образом

препятствовать несанкционированному копированию и распространению музыкальных файлов.

## **MIDI**

**MIDI** – цифровой интерфейс музыкальных инструментов. Был разработан в 1982 году по инициативе нескольких ведущих производителей музыкальных инструментов: Yamaha, Roland, E-mu, Korg и др. Необходимость такого интерфейса была вызвана прежде всего тем, что выпускалось все больше автоматических устройств – ритм-машин и секвенсоров; первые по заданной программе выдавали ритмическое сопровождение с нужным рисунком, вторые использовались для запоминания сыгранных партий с целью последующего автоматического воспроизведения. Кроме этого, большой интерес представляло создание "электронного оркестра", когда один исполнитель мог бы заставить одновременно звучать несколько инструментов, используя только одну или две клавиатуры. Поскольку универсального способа соединения разнородных устройств тогда не было, каждый производитель сам разрабатывал способ соединения (интерфейс) и обеспечивал совместимость только внутри определенной серии своих инструментов. Необходим был единый интерфейс, который позволил бы соединять друг с другом инструменты различных производителей и моделей, с единым способом управления процессом извлечением звука и его параметрами. В результате был создан и принят в качестве общемирового стандарта интерфейс MIDI, устанавливающий как способ соединения инструментов – разъемы, кабели, электрические сигналы (аппаратная часть) так и способ их общения между собой (информационная часть).

Однако наиболее плодотворное использование MIDI получается не при живой игре, а путем применения секвенсоров – независимых устройств или компьютерных программ, способных запоминать все входящие сообщения (разумеется, с сохранением их временных положений), а затем многократно воспроизводить по команде. Такая система подобна механическому пианино, в котором при игре на клавишах пробиваются отверстия в перфоленте, а затем по этой же перфоленте пианино может довольно точно "сыграть" произведение. По сути, секвенсор записывает ничто иное, как партитуру исполняемого произведения в виде, напоминающем программу для станка с ЧПУ или компьютера. За исключением того, что каждая нота записывается парой сообщений – о нажатии и об отпуске клавиши – такая запись почти не отличается от обычной нотной.

Еще раз нужно подчеркнуть, что по MIDI не передается звук – по нему передаются только сообщения, при получении которых инструмент может его издавать. Иначе говоря, соединив инструмент и компьютер MIDI-кабелями, вы только обеспечиваете "электронный" способ управления им; звук же по-прежнему

снимается со звукового выхода инструмента. Это говорит еще и о том, что сам характер звука – набор тембров, их окраска или натуральность, соотношение между голосами – будет в общем случае индивидуален для каждого инструмента или музыкальной карты, и если внутри одной серии инструментов еще наблюдается какое-то однообразие, то между сериями и тем более – инструментами различных производителей – его почти не бывает. Кроме этого, большинство современных инструментов и карт позволяет использовать собственные наборы (банки) тембров, еще больше усугубляющих эти различия.

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) – то есть цифровой интерфейс музыкальных инструментов, старейший звуковой формат, который позволил стандартизировать работу с различными электронными музыкальными инструментами. MIDI-информация ничего общего не имеет со звуковыми колебаниями. С помощью MIDI можно передавать только информацию о тех действиях, которые производятся на данном устройстве: нажатие на клавиши, кнопки и т. д. Например, когда мы нажимаем клавишу «ре» второй октавы, по MIDI тут же передается сообщение «нажата клавиша «ре» второй октавы»; когда включаем «гитара» – передается сообщение «струнные – гитара» и т. д. Такие файлы позволяют хранить не запись оцифрованного звука, а только ноты. В результате они гораздо компактнее других типов звуковых файлов. Недостатком такого формата является то, что он не определяет в явном виде всех тонкостей воспроизведения звука, а звучание зависит от качества используемой звуковой карты. В отличие от других форматов, MIDI хранит не оцифрованный звук, а наборы команд (проигрываемые ноты, ссылки на проигрываемые инструменты, значения изменяемых параметров звука), которые могут воспроизводиться по-разному в зависимости от устройства воспроизведения. Удобство формата MIDI как формата представления данных позволяет реализовывать устройства, производящие автоматическую аранжировку по заданным аккордам, а также приложения 3D-визуализации звука. Кроме того, такие файлы, как правило, имеют на несколько порядков меньший размер, чем оцифрованный звук сравнимого качества.

Стандартный MIDI файл – это специально разработанный формат файлов, предназначенный для хранения данных, записываемых и/или исполняемых секвенсором, секвенсор может быть как программой для компьютера, так и аппаратно выполненным модулем.

В этом формате хранятся стандартные MIDI сообщения (то есть статус-байты и соответствующие им байты данных), а также временные метки или маркеры для каждого сообщения (то есть последовательности байтов, указывающие, какое количество условных единиц времени (импульсов, тиков) необходимо подождать перед тем, как исполнить следующее событие MIDI). Этот формат позволяет сохранять информацию о темпе, временном разрешении, выраженном в количестве



тиков на одну четвертную длительность, обозначения размера, информацию о музыкальных ключах и другую служебную информацию. Формат предусматривает возможность сохранения в одном файле нескольких паттернов и треков таким образом, что программы-приложения могут выбирать из всего набора хранимой информации ту, которая будет понятна данному приложению.

Как правило, трек представляет собой аналог музыкальной партии, например партии трубы. Аналогом паттерна может служить весь набор партий, взятых вместе, например совокупность партий трубы, ударных, фортепиано и т. д., которые используются в данном произведении или его части и исполняются одновременно.

Любой секвенсор может читать и записывать MIDI-файл без потери данных. Формат достаточно гибок: приложения могут сохранять в файлах свою специфическую информацию, понятную только этим приложениям. При загрузке MIDI-файлов непонятная другим программам-приложениям информация игнорируется. В этом смысле формат MIDI-файлов можно сравнить с файлами, хранящими текстовую информацию. Различные программы-секвенсоры способны читать MIDI-файлы, подобно тому, как различные текстовые редакторы читают ASCII-файлы, которые могут содержать вспомогательную информацию, понятную лишь данному редактору.

Спецификация MIDI позволяет создавать схожие звуки на различных устройствах, а также обмениваться данными между устройствами, имеющими этот интерфейс.

Благодаря интерфейсу MIDI инструменты могут "общаться друг с другом". Для этого устройства снабжены специальными разъемами: "MIDI IN", "MIDI OUT" и "MIDI TRU". Эти разъемы часто называют MIDI-портами. Порты соединяются кабелями. Использование MIDI TRU следующее: MIDI-информация с выхода 1-го устройства поступает на вход 2-го. Проходя через сквозной порт 2-го устройства, эта же информация поступает и на вход 3-го. Можно говорить, что устройство 1 контролирует устройства 2 и 3. Такая комбинация нескольких MIDI-инструментов (более 2-х) носит название "MIDI-система".

## *MOD*

**MOD** – формат файлов, разработанный для создания, хранения и воспроизведения музыкальных композиций на ПК. Своё название получил от того, что стал первым форматом, хранящим свои фрагменты (например, сэмплы) в других файлах (принцип модульности). Файлы этого формата имеют, как правило, расширение «.mod».

Каждый файл формата MOD содержит в себе оцифрованные записи реального звучания инструментов, так называемые сэмплы. Композитор, пишущий в формате MOD, использует программу, называемую **трекером**, в которой указывает, какой

именно инструмент, в какое время, какой нотой и какой из октав должен прозвучать. Последовательность нот записывается в список – т. н. трек, а несколько параллельно звучащих треков образуют блок, называемый **паттерном**. Создаваемые композитором паттерны получают номера, после чего композитор может в свободной форме указывать какой паттерн и когда должен прозвучать. Совокупность паттернов и образует модуль – файл в формате MOD.

#### **AA – формат аудиокниги**

Файлы этого формата имеют расширение .aa (Audible Audio Book File).

Разновидности формата Audible – версии 1, 2, 3 и 4. Проигрывается на MP3-плеерах.

#### ***Dolby Digital (AC3 или 5+1)***

Dolby Digital (AC3) – система пространственного звуковоспроизведения, разработанная фирмой «Dolby Laboratories, Inc.» Современные системы Dolby Digital предоставляют шесть каналов объёмного цифрового звука. Левый, центральный и правый фронтальные каналы позволяют точно определить позицию источника звука на экране. Отдельные «разделённые» левый и правый задние боковые каналы усиливают ощущение присутствия, создавая объём. А дополнительный низкочастотный канал добавляет накал действию на экране.

В киноиндустрии звуковая дорожка Dolby Digital кодируется оптически прямо на киноленту в промежутках между перфорационными отверстиями. Размещение цифровой звуковой дорожки на том же носителе что и фильм позволяет ей сосуществовать вместе с аналоговой дорожкой без привлечения дополнительных носителей данных.

Dolby Digital Surround-EX добавляет к фильму третий канал объёмного звука – центральный канал звука, необходимый для точного позиционирования звуков для всех зрителей, даже сидящих сбоку. Центральный канал объёмного звука воспроизводится целым рядом динамиков, находящихся впереди зрителя, левый и правый фронтальные каналы воспроизводятся динамиками, находящимися по бокам. Таким образом, звук получает объёмность, добавляя такие новые эффекты, как сцены с 360° (круговым) позиционированием звука. Также информация тылового канала объёмного звука передается по обычным левому и правому каналам объёмного звука таким образом, что возможно воспроизведение 7+1 каналов звука. Особенно хорошо воспроизводятся динамичные эпизоды с более динамичным и реалистичным звуковым полем.

**ААС** (англ. Advanced Audio Coding) – собственный (патентованный) формат аудиофайла с меньшей потерей качества при кодировании, чем MP3 при одинаковых размерах. Формат также позволяет сжимать без потери качества оригинала (профиль ALAC AAC).

Также AAC – это широкополосный алгоритм кодирования аудио, который использует два основных принципа кодирования для сильного уменьшения количества данных, требуемых для передачи высококачественного цифрового аудио. Данный формат является наиболее качественным сжатием с потерями, который поддерживает большинство современного оборудования, в том числе портативного.

На 2008 год распространён несколько меньше, чем MP3 и другие альтернативные решения.

AAC (Advanced Audio Coding) изначально создавался как преемник MP3 с улучшенным качеством кодирования. Формат AAC, официально известный как ISO/IEC 13818-7, вышел в свет в 1997 как новая, седьмая, часть семьи MPEG-2. Существует также формат AAC, известный как MPEG-4 Часть 3.

Как работает AAC?

1. Удаляются невоспринимаемые составляющие сигнала.
2. Удаляется избыточность в кодированном аудио сигнале.
3. Затем сигнал обрабатывается по методу MDCT согласно его сложности.
4. Добавляются коды коррекции внутренних ошибок.
5. Сигнал сохраняется или передаётся.

Аудио стандарт MPEG-4 не требует единственного или малого набора высокоэффективных схем компрессии, а скорее сложный набор для выполнения широкого круга операций от кодирования низкокачественной речи до высококачественного аудио и синтеза музыки.

Семейство алгоритмов аудио кодирования MPEG-4 охватывает диапазон от кодирования низкокачественной речи (до 2 кбит/с) до высококачественного аудио (от 64 кбит/с на канал и выше).

AAC имеет частоту сэмплов от 8 Гц до 96 кГц и количество каналов от 1 до 48.

В отличие от гибридного набора фильтров MP3, AAC использует Модифицированное Дискретное Косинусное Преобразование (MDCT) вместе с увеличенным размером «окна» в 2048 пунктов. AAC более подходит для кодирования аудио с потоком сложных импульсов и прямоугольных сигналов, чем MP3.

AAC может динамически переключаться между длинами блоков MDCT от 2048 пунктов до 256.

Если происходит единственная или кратковременная смена, используется малое «окно» в 256 пунктов для лучшего разрешения.

По умолчанию используется большое 2048-пунктовое «окно» для улучшения эффективности кодирования.

**Превосходства AAC над MP3**

Частоты с 8 Гц до 96 кГц (MP3: 8 Гц – 48 кГц)

До 48 звуковых каналов

Всё это означает, что слушатель получает улучшенное и более стабильное качество звука, чем при MP3 с таким же или меньшим битрейтом.

### **Windows Media Audio**

**Windows Media Audio** – лицензируемый формат файла, разработанный компанией Microsoft для хранения и трансляции аудио-информации.

Изначально формат WMA позиционировался как альтернатива MP3, но на сегодняшний день Microsoft противопоставляет ему формат AAC.

Номинально формат WMA характеризуется хорошей способностью сжатия, что позволяет ему «обходить» формат MP3 и конкурировать по параметрам с форматами Ogg Vorbis и AAC. Но как было показано независимыми тестами, а также при субъективной оценке качество форматов все таки не является однозначно эквивалентным, а преимущество даже перед MP3 однозначным, как это утверждает компания Microsoft. Особенно стоит отметить что ранние версии формата (или его реализации) имели проблемы на низких скоростях потока. Также многие меломаны и владельцы цифровых плееров недолюбливают формат WMA за низкую стойкость к ошибкам. Если при кодировании/передаче файла WMA некоторая часть его повреждается, то воспроизведение файла становится невозможным, как после места повреждения, так и за несколько десятков секунд до него. (Для сравнения: при повреждении файла формата MP3, его всё ещё можно воспроизвести от начала до самого места повреждения, затем пропустить несколько секунд и воспроизвести дальше до конца; иногда же ошибки в несколько байт в файле MP3 бывают на слух малозаметны или не заметны вообще.) Однако данный формат постоянно развивается, так что можно предполагать, качество будет оптимизироваться.

Большинство портативных аудиоплееров поддерживает формат WMA наряду с MP3. Данный формат очень плохо поддерживается на альтернативных платформах (вследствие его закрытости).

Microsoft включила в WMA поддержку цифровой системы управления авторскими правами (система защиты). Основным следствием ее является невозможность прослушивать защищенные композиции на других компьютерах, кроме того, на котором композиция была загружена из музыкального магазина.

В последних версиях формата, начиная с Windows Media Audio 9.1, предусмотрено кодирование без потери качества.

### **Ogg Vorbis.**

Это новый формат сжатия, являющийся бесплатной альтернативой MP3. Качество записи этого формата при той компрессии выше, чем MP3. Vorbis – свободный формат сжатия звука с потерями, официально появившийся летом 2002

года. По функциональности и качеству аналогичен таким кодекам как AAC, AC3, превосходящим MP3. Психоакустическая модель, используемая в Vorbis, по принципам действия близка к MP3 и подобным, однако математическая обработка и практическая реализация этой модели существенно отличаются, что позволило авторам объявить свой формат совершенно независимым от всех предшественников.

Для хранения аудиоданных в формате Vorbis чаще всего применяется медиаконтейнер Ogg, такой файл обычно имеет расширение .ogg. Однако «Ogg Vorbis» называют и сам кодек без контейнера.

На 2007 год распространён существенно меньше, чем MP3. По всевозможным оценкам является вторым по популярности форматом компрессии звука с потерями. Широко используется в компьютерных играх и в файлообменных сетях для передачи музыкальных произведений. Vorbis идеален для применения в качестве звуковых дорожек фильмов, так как не изменяет их длину при переменном битрейте, что позволяет сохранять синхронность с видеодорожкой и применим для многоканального звука (например 6-канальный звук DVD).

Формат изначально разрабатывался с возможностью потокового вещания. Это даёт формату достаточно полезный побочный эффект – в одном файле можно хранить несколько композиций с собственными тегами. При загрузке такого файла в плеер должны отобразиться все композиции, будто их загрузили из нескольких различных файлов. Формат имеет гибкую систему тегов. Заголовок тегов легко расширяется и позволяет включать тексты любой длины и сложности (например, текст песни), перемежающиеся изображениями (например, фотографиями обложек альбомов). Текстовые теги хранятся в UTF-8, что позволяет писать на нескольких языках одновременно и исключает возможные проблемы с кодировками.

Ogg Vorbis по умолчанию использует переменный битрейт, при максимальных настройках кодирования он может варьировать от 400 kbps до 700 kbps. Такой же гибкостью обладает частота дискретизации – пользователям предоставляется любой выбор в пределах от 2 кГц до 192 кГц.

Vorbis был разработан сообществом «Xiphophorus» для того, чтобы заменить все платные запатентованные аудио форматы. Несмотря на то что это самый молодой формат из всех конкурентов MP3, Ogg Vorbis имеет полную поддержку на всех популярных платформах, а также большое количество аппаратных реализаций. Однако несмотря на все свои преимущества перед конкурентами, популярность данного формата оставляет желать лучшего. Стоит заметить, что Vorbis является всего лишь небольшой частью мультимедиапроекта Ogg, в который также входят свободные кодировщики: Speex – для сжатия голоса; FLAC – для сжатия звука без потерь; Theora – для сжатия видео.

Классическое понятие «мультимедийность» на самом деле означает возможность использования нескольких различных видов информации в одном

документе. С этой точки зрения к области «мультимедиа» можно отнести: текст, содержащий рисунки; рисунок, содержащий надпись; «презентации», созданные в PowerPoint, энциклопедии.

Говоря о мультимедиа, в первую очередь имеют в виду сочетание звука и видео, так как слово «медиа» у нас ассоциируется со средствами массовой информации. Термин мультимедиа проник в среду пользователей ПК в 90-х годах прошлого века, но начал жить только в новом столетии.

Почему? Вспомним 1996 год, когда жесткие диски объемом в гигабайт считались редкостью. А ведь гигабайт — это всего лишь полтора часа звука или десяток минут видеоизображения. Для хранения мультимедийных файлов нужны большие объемы носителей, а то стало возможным буквально 5 лет назад. То же касается и вычислительных мощностей компьютеров: нужны оперативная память не менее 1 Гбайта и мощные процессоры для обработки мультимедийной информации.

Создание мощных и умелых программ редактирования и монтажа звука и видео изменили системы работы с этими видами информации. На смену традиционным дорогим «материальным» студиям стоимостью в сотни тысяч и даже миллионы долларов пришли умелые программы. Установив на компьютер Sound Forge или WaveLab, можно было произвести вполне профессиональную очистку звука, снабдить его спецэффектами и записать готовый материал на компакт-диск, не имея дел с капризной и такой ненадежной пленкой... И индустрия звука не устояла — уже в конце 80-х все ведущие студии мира стали переходить на новые цифровые способы обработки и хранения информации.

То же самое происходило и в мире видео. Клип Майкла Джексона «Черное и белое», впервые продемонстрировавший широкой публике эффект «перетекания» одного изображения в другое — морфинга. «Тер минатор-2» с его компьютерным роботом из жидкого металла. «Парк Юрского периода», в котором Стивен Спилберг с помощью компьютера «воскресил» динозавров. Диснеевский мультфильм «История игрушек» — первый, целиком, от первого до последнего кадра сделанный на компьютере. Наконец, новые серии «Звездных войн» Джорджа Лукаса — уже полноценные художественные фильмы, большая часть героев и событий которых извлечена из небытия все тем же компьютером. Вот они, этапы постепенного проникновения компьютера в мир «большого кино».

### ***Создание и обработка звука и видео***

Это две области работы со звуком и видео, которые компьютер постепенно отвоевал у традиционных аналоговых средств. Первой была разрешена проблема хранения информации. Были разработаны уникальные методики компрессии, сжатия звуковой и видеoinформации, позволившие сократить ее объем в десятки раз. Созданный в 1995 году формат аудио-компрессии MP3, взятый на вооружение

пиратами, буквально взорвал музыкальную промышленность всего мира. Созданный оптический носитель информации – компакт-диск – позволил сохранять на одном диске до 700 Мбайт информации. А если записать мелодии в сжатом формате MP3 – получается несколько часов полноценной музыки. Компьютерный звук сегодня превратился в самый обычный вид информации, встав в один ряд с текстами, электронными таблицами, базами данных и изображениями.

Нечто подобное переживает сегодня и компьютерное видео. Появление цифровых видеокамер и высокоскоростных портов для перекачки отснятого изображения в компьютер, легкость и доступность систем цифрового дополнились появлением мощнейших алгоритмов сжатия видеoinформации. Созданный еще в конце 80-х формат MPEG-1 (использовавшийся в VideoCD) в эпоху DVD уступил место более качественному MPEG-2, позволившему сохранять часовой фильм с потрясающим качеством и несколькими звуковыми дорожками всего на 1—1,5 Гбайт дискового пространства. А новый стандарт MPEG-4, представленный Microsoft в 1999 году, и его пиратская модификация DivX; — совершили в мире видео переворот, аналогичный тому, что сотворил MP3 со звуком. Полтора часа видео вполне пристойного качества стали с легкостью уместаться на обычном компакт-диске, а на обычном домашнем персональном компьютере стало возможным хранить небольшую фильмотеку из 30—40 фильмов...

### ***Программы для обработки звука (звуковые редакторы)***

Сегодня текст и графика редко встречаются по отдельности. Среди средств мультимедиа звук — явление особое. В принципе текст – это изображения символов, называемых буквами. Поэтому для кодировки можно применять один и тот же метод (растровый метод). Звук - это колебания воздуха. Для его кодирования вначале звуковые колебания превращают в электрический с помощью микрофона. Как и видеосигнал, сигнал тока звуковой частоты – это сигнал переменного тока, для кодировки которого нужно применять иные методики. А с другой стороны, по этой же самой причине звук не прощает ошибок. Огрехи текста или картинки далеко не всякий разглядит. А вот низкое качество созданной или обработанной вами композиции любой слушатель чувствует сразу.

Автор книги «Новейшая энциклопедия персонального компьютера» В.Леонтьев прекрасно помнит, какой восторг он испытал, ради эксперимента подкорректировав звучание чудовищного качества концертной записи «Битлз», записанного в гамбургской пивной в то время, когда оные битлы и с гитарами еще обращаться как следует не умели. За какие-нибудь полчаса ему удалось добиться куда больших улучшений, чем профессиональным звукорежиссерам в профессиональной (не компьютерной) студии за три месяца работы!

Прежде всего, разберемся, с каким собственно форматом звука мы собираемся работать. Ведь, как и графика, компьютерный звук бывает двух основных типов: цифровой звук и музыка в формате МИДИ.

Цифровой звук — точная цифровая копия введенных извне звуков. Это может быть сделанная с микрофона запись вашего голоса, копия звуковых дорожек с компакт-диска и т. д. Как и фотография, такой звук занимает значительно больше места, по сравнению с фотографией. Одна минута цифрового звука, записанного с максимальным качеством, занимает около 10 Мбайт.

### ***Музыка в формате MIDI***

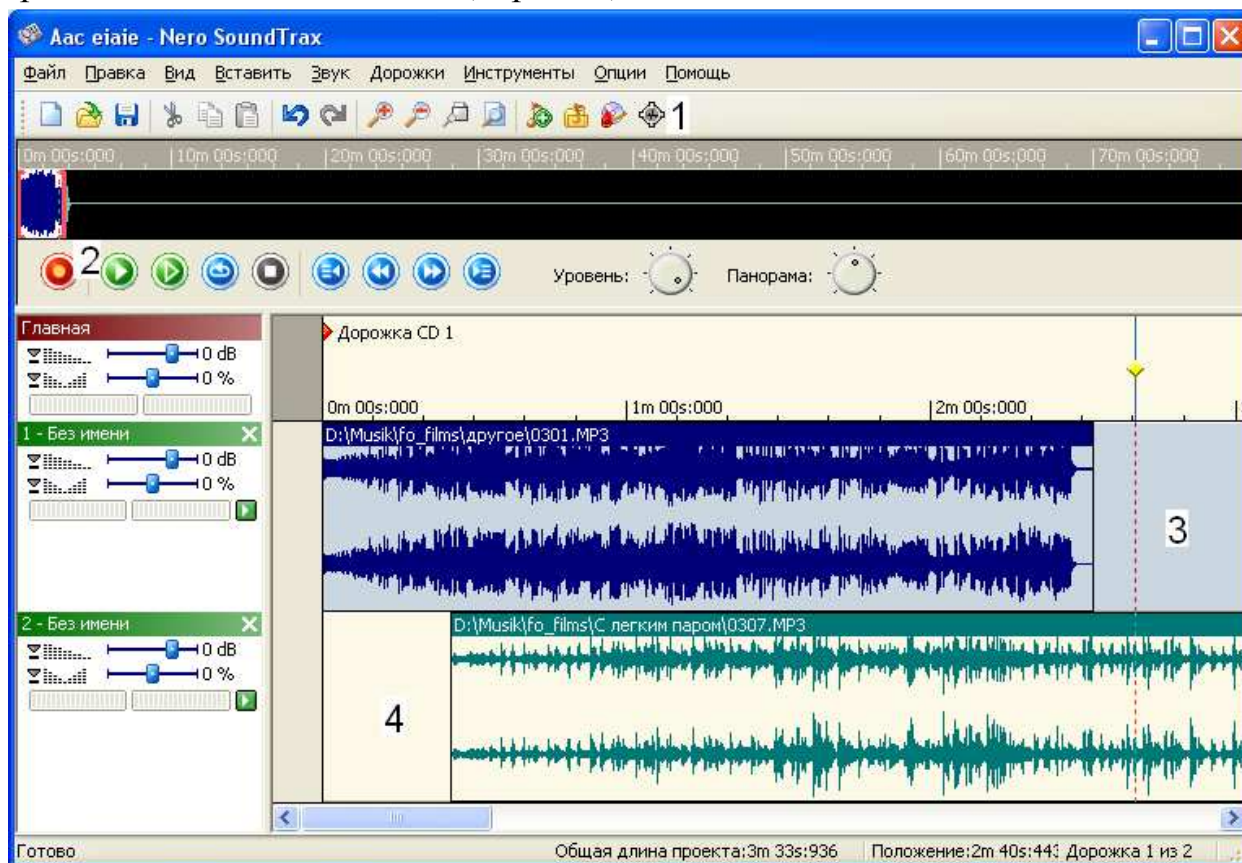
Суть MIDI-технологии можно представить так — компьютер не просто проигрывает нужную вам мелодию, а синтезирует ее с помощью звуковой карты. MIDI-мелодии — это всего лишь системы команд, управляющие звуковой картой, коды нот, которые она должна «изобразить» (с указанием инструментов, длительности и некоторых других параметров одной ноты). Эта технология идеальна для компьютерных композиторов, поскольку позволяет с легкостью изменять любые параметры созданной на компьютере мелодии — заменять инструменты, добавлять или удалять их, изменять темп и даже стиль композиции. И файлы с MIDI-музыкой — крохотные, всего в несколько десятков килобайт. Но и недостатки у MIDI есть — голос в MIDI-файле не запишешь, да и музыка хорошо звучит лишь на очень качественной звуковой карте. Перенесешь созданный тобой файл на компьютер соседа, оборудованный встроенной звуковой картой — и будешь долго думать, куда это испарилась вся прелесть и красота мелодии. Правда, MIDI можно сравнительно легко перевести в формат цифрового звука — обратное преобразование, к сожалению, на сегодняшнем уровне развития компьютерной техники невозможно.

Существуют и «комбинированные» форматы компьютерного звука. Например, можно «сконструировать» музыкальную композицию из небольших периодически повторяющихся «кусочков» цифрового звука — сэмплов. Именно по такому принципу создаются композиции в популярном сегодня стиле «хаус», «транс», «техно».... Короче — вся простая танцевальная, ритмическая музыка. Такой тип музыки — нечто среднее между цифровой и синтезированной — называется «трэкерным» и имеет пусть ограниченную, но верную аудиторию поклонников.



**Программы для записи и обработки цифровой музыки** (Sound Forge, Nero Wave Editor, Nero SoundTrax, Audition и др.)

Указанные программы позволяют записывать и редактировать звуковые файлы, преобразовывать из с одного формата в другой, создавать музыкальные треки из множества записей (дорожек).



**Рис. 29. Nero SoundTrax: 1 – запись диска, редактирование в Nero Wave Editor; 2 – запись дорожки; 3 – первая звуковая дорожка; 4 – вторая дорожка**

**Секвенсоры** — редакторы синтезированной (MIDI) музыки (MidiStudio, MIDI Orchestrator Plus, Cakewalk Pro, Cubase).

**Сэмплеры и конструкторы сэмплированных мелодий** (от простых «конструкторов» типа Band-In-A Box до мощных и дорогих комплексов).

Сегодня компьютер превратился не только в инструмент создания и обработки музыки, но и в необычайно мощное и эффективное средство ее распространения. «Виновниками» начавшейся в 90-х годах революции в сфере распространения звукозаписей стали глобальная компьютерная сеть Интернет и новый стандарт компрессии (сжатия) звука MP3. Простейший Windows-проигрыватель позволяет сохранять мелодии с треков аудиодиска файлы в формате MP3 на диск вашего ПК.

Засучиваем рукава и представляем, что наш домашний компьютер каким-то чудом превратился в профессиональную звукозаписывающую студию...

Что, в общем-то, нетрудно, если на компьютере установлена удобная и приятная в использовании, а главное — функциональная WAVE-программа.

И желательно не одна, а несколько. Для каждой задачи — своя.

Запись и сохранение звука. В принципе, программа для записи цифрового звука с какого-либо источника (микрофон, компакт-диск, внешний источник звука — радио, видео или обычный магнитофон) в Windows имеется — Звукозапись. «Звукозапись» способна записывать лишь крохотные, не больше полуминуты, отрезки звука.

Если вы собираетесь работать с записанной вами композицией дальше, на профессиональном уровне, и намереваетесь в будущем записать ее на компакт-диске, выбирайте стандартный формат WAV без применения какой-либо компрессии. Частота дискретизации записанного вами звука должна быть не меньше 44 кГц, а разрядность — не меньше 16 бит. Это позволяют сделать упомянутые ранее программы обработки звука.

Если качество звука не играет роли (например, при записи голоса), вы можете снизить частоту дискретизации до 22 кГц, разрядность — до 8 бит, или же воспользоваться одной из многочисленных методик компрессии (сжатия звука). Компрессию весьма разумно применять и для хранения не нуждающихся в редактировании звуковых файлов — такие методики сжатия, как MP3 позволяют «ужать» файл в десять и более раз.

Если же вы хотите перенести в файл звук с компакт-диска, то вам необходима другая программа — граббер, способный записывать звук с компакт-диска, пользуясь не аналоговым, а цифровым каналом. Ведь при аналоговой записи — а именно с ней мы имели дело во всех предыдущих случаях, — цифровое содержимое CD-дорожек преобразуется в аналоговый сигнал, подобный тому, который поступает на колонки из магнитофона или с того же компьютера. После этого сигнал отправляется по тоненькому аудио-проводу на звуковую карту, которая не щадя сил своих производит над ним... обратную операцию — преобразование в цифровой, компьютерный вид. Естественно, все эти метаморфозы не идут записи на пользу: сигналы искажаются, в них привносятся посторонние шумы. Граббер же помогает избежать всех этих проблем, перенося дорожки с компакт-диска прямо на жесткий диск в неизменном цифровом виде.

Большинство современных грабберов умеют не просто переносить содержимое компакт-диска на жесткий диск, но и по ходу дела осуществлять компрессию звука, перекодировав его в популярный формат MP3. Наверняка вы используете диски в этом формате, на каждом из которых умещается часов по 10—12 весьма качественного звука. Это результат «граббинга».

**Обработка записанного звука.** А вот это задачка потруднее, и потребует она от вас не только времени и некоторого опыта, но и использования весьма

профессиональных программ. От степени их профессиональности зависит набор средств реставрации и спецэффектов, которыми вы можете улучшить (или изуродовать) ваш многострадальный файл.

Самые простые средства обработки звука — спецэффекты (хорус, реверберация, 3D-звучание, задержка, эхо) имеются и в уже знакомом нам программах. Есть там несложный эквалайзер — средство тонкой регулировки частот и уровня звука. Причем все операции можно применять отдельно к любому каналу вашей записи — конечно, если она выполнена в стереорежиме.

При этом все изменения вы сможете не только услышать, но и увидеть! Ведь как каждый приличный аудиоредактор снабжен мощными средствами визуализации — например, анализатором спектра, уровня звука, которые создают на экране зрительный образ проигрываемой композиции. И это совсем не игрушка — с помощью таких анализаторов можно увидеть, какие частоты преобладают в песне, на каких участках она «хромает»... А затем — исправить недостатки с помощью эквалайзера.

Ведь далеко не всегда с дефектами звука можно справиться с помощью простого эквалайзера. Иные записи требуют не просто обработки, а настоящей реставрации, которая буквально помогла бы воскресить песню из мертвых.

Возьмем уже упоминавшийся концерт «Битлз» в гамбургском клубе «Стар». Над записью, сделанной на примитивный катушечный магнитофон, через простой моно микрофон, пришлось месяцами колдовать лучшим кудесникам звукозаписывающих компаний. Ведь требовалось не просто подкорректировать некоторые частоты, но и убрать чудовищные шумы, превратить монофоническую запись в стерео, усилить звучание голосов Леннона и Маккартни, заглушённых ревом почтенных бюргеров, буквально по крохам восстановить звучание гитар.

Понятно, что это — случай не из разряда рядовых: не каждый же день обнаруживаются потерянные записи кумиров... Но и на бытовом, домашнем уровне иногда приходится решать похожие проблемы. Скажем, во время реставрации записи с пластинки или кассеты для последующей записи на CD.

Но собственные инструменты для обработки звука — далеко не самая сильная часть этих трех программ. Куда лучше воспользоваться плагинами, дополнительными внешними модулями обработки звука, которые в изобилии поставляют различные фирмы — Steinberg, Sonic Foundry (создатель SoundForge)... С тем же механизмом мы уже встречались в разделе графических программ, вот только «звуковые» плагины стоят куда дороже.... А уж творят просто чудеса. Даже самые простые и распространенные плагины — например, шумоподавители или «декликеры», очищающие запись от щелчков, цоканий и прочих посторонних включений — способны вытянуть даже самую испорченную запись «с того света». А ведь можно применить сотни (!) уникальных спецэффектов — например,

имитация трехмерного звучания с возможностью точного определения координат виртуального источника звука в пространстве или точный расчет акустики десятков конкретных типов помещений...

### **Микширование**

Сведение дорожек. Качественная музыкальная запись редко состоит из одной-единственной «дорожки». Хотя в совсем недалекие времена именно так оно и было. Трудно поверить, что те же «Битлз» вплоть до середины 60-х годов ухитрились записывать свои шедевры на двухдорожечный магнитофон!

Сегодня и сотня дорожек — не редкость. По одной для каждого инструмента, плюс вокал, плюс фон, плюс рев восторженной толпы «за кадром», плюс...С помощью этого приема сегодня целые альбомы в одиночку записывают: довольный исполнитель и рад показать всю свою умелость, ухитряясь одновременно играть на множестве инструментов.

Сведение, микширование — задача относительно простая: от нас требуется только синхронизировать звучание различных звуковых дорожек, каждую из которых при необходимости можно замедлить или ускорить, растянуть или сжать... Причем не обязательно всю целиком — все эти эффекты могут быть применены к отдельным фрагментам. В довершение дел каналы можно продублировать и наложить друг на друга для усиления эффекта...

### ***Программы для создания и редактирования синтезированной музыки***

Как вы уже поняли из короткого рассказа о стандартах компьютерного звука, стандарт MIDI предоставляет вам самые большие возможности для творчества... В том случае, разумеется, ежели вы способны изобразить на клавишах что-то посложнее помеси «Чижика-Пыжика» с «Собачьим вальсом». А в идеале — еще и обладаете крупицей таланта, достаточной если не для сочинительства, то хотя бы для обработки созданных другими мелодий.

Ах да, конечно, желательно, чтобы при этом у вас имелся и рабочий инструмент в виде MIDI-клавиатуры. Увы — MIDI-мелодию через микрофон или с компакт-диска, как это было возможно с цифровым звуком, ввести нельзя. И без специального устройства ввода (той самой MIDI-клавиатуры) никак не обойтись.

Правда, многие работающие с MIDI редакторы (секвенсоры) позволяют «наигрывать» мелодию на самой обычной компьютерной клавиатуре. Однако стоит ли говорить о том, что такое музицирование ничего общего с серьезной работой не имеет. Наиграть простенькую мелодию одним пальцем, и даже мышью, пожалуй, можно, да и то после длительной тренировки. Но — не более.

Допустим, что клавиатура у вас есть и пользоваться ей вы умеете. Теперь настало время выбрать второй важный инструмент — программу.

Как правило, несложный секвенсор поставляется с любой более-менее приличной звуковой картой. Например, Turtle Beach исправно прикладывает даже к самым недорогим домашним продуктам программу Digital Orchestrator Plus, ряд других фирм предпочитает секвенсор Cakewalk Express.

О последнем стоит поговорить поподробнее. И дело не только в том, что сам Cakewalk Express — весьма функциональная, простая и понятная новичку программа. Главная «изюминка» состоит в том, что когда вы серьезно поднатореете на поприще MIDI-конструирования и захотите перейти на более профессиональную программу, отказываться от старины Cakewalk вам не придется. Благо в этом семействе, помимо «младшенького братца» Express существует еще некоторое число «братцев» постарше, более умелых и — что скрывать! — дорогих. Когда работа с Express перестанет вас радовать — всегда есть возможность перейти на модификацию Home Studio. Высшая ступень — тяжеловес Cakewalk Pro Audio. Об этом секвенсоре мы мимоходом упоминали в предыдущей главе: как вы помните, одна из отличительных особенностей этого редактора — умение смешивать MIDI (синтезированные) и WAV (цифровые) дорожки. Последние можно еще и редактировать с помощью встроенных в Cakewalk модулей эффектов и чистки — для любительской студии их возможностей хватает. Cakewalk может служить и многодорожечной студией, позволяя накладывать друг на друга до 8 независимых дорожек.

Для редактирования цифрового звука на профессиональном уровне к Cakewalk можно (и разумно) подключить дополнительные модули-плагины, совместимые с DirectX. Напомним, что эти модули могут подключаться к любой программе-редактору, поддерживающему этот интерфейс — SoundForge, Cooledit Pro, WaveLab и великому множеству других. И сравнительно недавно в этот список попал и Cakewalk, что сразу сделало его одним из популярных редакторов как цифровой, так и синтезированной музыки.

Впрочем, о цифровом звуке мы уже говорили — теперь же речь пойдет исключительно о работе с MIDI-дорожками. Именно с дорожками. Если в мире цифрового аудио за подобную работу берутся только самые «крутые» программы (и то — на мощном компьютере), то для MIDI многодорожечность — основа основ.

И не случайно автор парой абзацев выше назвал процесс создания MIDI-мелодии «конструированием». Именно так — конструирование, сборка мелодии из отдельных дорожек, каждая из которых содержит записи какого-либо инструмента. Одна — гитарное соло, вторая — ударные, третья — клавишные... И так далее. Всего дорожек может быть до 256 — однако на практике такое количество практически никогда не используется. MIDI-файлы, создаваемые в «домашних студиях», содержат обычно не более 64 дорожек.

Записываются MIDI-дорожки тоже по отдельности. При этом вы можете накладывать дорожку прямо во время проигрывания предыдущей. А стало быть — снимается весьма актуальная в цифровом звуке проблема с синхронизацией дорожек. И доступны эти дорожки для редактирования в любое время — в отличие от цифрового звука. Там после сведения дорожек в единую композицию вытащить их обратно чаще всего просто невозможно. Более того — даже в пределах одной-единственной дорожки возможна «многопроходная» запись: вы можете отдельно сыграть партии каждой руки для сложной фортепианной мелодии или по кусочкам изобразить гитарное соло.

Понятно, что и редактировать дорожки вы тоже можете по отдельности. Хотите заменить звучание бас-гитары на пионерский горн? Пожалуйста! Хотите ускорить темп и превратить вальс в композицию стиля «спид-метал»? Тоже нетрудно... Делается это с помощью меню инструментов, которое располагается в редакторе прямо напротив каждой дорожки. Можно и отключить на время (или навсегда) любую дорожку — например, ритм-гитару дабы она не забивала звучание соло-инструмента. Кстати, работать можно не только с целыми дорожками, но и с крохотными ее кусочками — вплоть до отдельной ноты!

Конечно, кроме простой смены инструментов в MIDI-редакторе доступны и более экзотические способы редактирования и обработки дорожек. Например, вам достаточно записать крохотный кусочек ритма или мелодии, а затем замкнуть его в «кольцо» (loop) — и вы получите неплохой фон или ритмическую основу для всей песни. Что же касается дорожек, но над ними можно производить практически все операции, которые знакомы нам по работе с цифровым звуком. Их можно вырезать, склеивать, копировать, пускать задом наперед... А кроме того, применять эксклюзивные MIDI-приемы редактирования — например, квангизацию, которая способна «сгладить» неровности вашей мелодии, выровняв ее в точном соответствии с заданным темпом. Доступны также спецэффекты (особенно богатые возможности в этой области предоставляет стандарт XG, поддерживаемый звуковыми картами Yamaha).

Разумеется, в любом нормальном секвенсоре реализована и возможность «отката» — вы можете отменить от 2—3 до 100 сделанных вами операций.

И наконец, самое приятное: в большинстве секвенсоров доступен и встроенный нотный редактор! То есть вы в любой момент можете представить созданную вами композицию в виде нотного ряда, а кроме того, выполнить и обратную операцию — ввести в компьютер, пользуясь клавиатурой и мышью, ноты симпатичной вам песни. А некоторые умеют и распознавать ноты с бумажного листа — с помощью сканера, разумеется.

Напомню: не ожидайте, что созданная вами в секвенсоре композиция будет звучать одинаково на разных компьютерах. Ведь MIDI-файлы — это всего лишь

коды-команды одного из тех стандартов MIDI: General MIDI (GM), Roland GigaSampler (GS) или Yamaha extended General MIDI (XG), соответствующие нажатию тех или иных клавиш на MIDI-клавиатуре. Если же вам настолько симпатично звучание именно вашей карты и вы хотите сохранить звук нетронутым для потомков — преобразуйте получившийся MIDI-файл в цифровой формат WAV. Некоторые особо «продвинутые» редакторы позволяют это сделать.

Кстати, существуют и так называемые «виртуальные синтезаторы», благодаря которым ваша недорогая карта может зазвучать как тысячедолларовый синтезатор от Roland, Korg или Yamaha. При работе с такими синтезаторами ваша звуковая карта будет воспроизводить MIDI-музыку, пользуясь не собственной коллекцией звуковых библиотек (сэмплов), а подборкой сэмплов «виртуального синтезатора», записанной на вашем жестком диске или на CD.

Вряд ли профессионалы будут спорить, что самым популярным, да и лучшим, продуктом этого класса является Gigasampler от компании Nemesys (<http://www.nemesysmusic.com>). Программный синтезатор Gigasampler работает с профессиональными звуковыми банками, каждый из которых может занимать сотни мегабайт! Банки могут загружаться в оперативную память компьютера как с жесткого диска, так и с CD, при этом считывание банка в сотни мегабайт занимает всего несколько секунд. Кстати, на российском рынке уже появились десятки (!) компакт-дисков со специализированными банками для Gigasampler, что свидетельствует о популярности этого продукта в среде профессионалов. Программа дает пользователю возможность не просто использовать готовые банки инструментов, но и создавать новые на основе стандартных сэмплов в формате WAV. И последнее — Gigasampler не просто может функционировать совместно с Cakewalk Audio Pro — чуть усеченная версия этой программы входит в состав самого мощного продукта Cakewalk — Pro Suite. Существует и «расширенная» версия Gigasampler — Gigastudio — укомплектованная рядом дополнительных модулей и возможностей.

В дополнение к Gigasampler и другим «виртуальным синтезаторам» выпускается множество «звуковых библиотек» на компакт-дисках, каждая из которых, как правило, специализируется на имитации совершенно определенного типа звучания — от симфонического оркестра до современного танцпопа. Эти библиотеки можно приобрести в любой крупной фирме, занимающейся компьютерным оборудованием для профессионалов в музыкальной отрасли.

Программы для копирования и сжатия цифрового звука с компакт-дисков

### **Методы сжатия звука**

...Как ни крути, а приходится нам вступать на чисто пиратскую территорию. Ибо нет никакого сомнения, что цифровое копирование звуковых дорожек с компакт-дисков (граббинг), и уж тем более их сжатие по одному из популярных

алгоритмов в совокупности и по отдельности представляют из себя злостное нарушение авторских прав и прав производителей аудиопродукции.

Хотя нет — нарушение закона начинается в момент распространения полученных таким образом музыкальных коллекций, что с успехом и делают товарищи российские пираты (на зависть всему прогрессивному человечеству).

Составление же музыкальной подборки для личного пользования с точки зрения закона хоть и сомнительное, но не наказуемое предприятие. Ведь согласились же представители музыкальной индустрии (хотя и изрядно скрипели при этом зубами), что копирование музыки с компакт-диска на кассету вполне допустимо — опять-таки для личного пользования.

И во всем мире активно продаются CD-рекордеры, позволяющие копировать компакт-диски.

Не говоря уже о видеомэгнитофонах и двухкассетниках — таких же злостных инструментах нелегального копирования.

И рассказывать о них, и продавать подобную аппаратуру никто покамест не запретил.

Да и все программы, предназначенные для копирования и сжатия звуковых файлов, распространяются вполне легально и сами по себе никаких законов не нарушают.

Застраховавшись таким образом по всем статьям и умыв руки, автор приступает к рассказу об этой уникальной технологии, перевернувшей наши представления о музыке и способах ее распространения.

Прежде всего поговорим о первой составляющей и главном виновнике свершившейся революции — стандарте MP3.

Спецификация MPEG I Layer III (а именно так «по паспорту» именуется то чудо, которое мы знаем как MP3) появилась на свет в начале 90-х годов в результате «мозгового штурма», предпринятого сотрудниками немецкого Fraunhofer Institute. Целью изысканий институтских умельцев было создание принципиально нового алгоритма сжатия звуковой информации, при котором качество звука сохраняется на максимально приближенном к первоначальному уровню. Первоначально разработки Института были использованы для сжатия радиорепортажей, передаваемых через спутник с проходившей в то время Олимпиады. Эксперимент прошел столь успешно, что уже через год-другой об MP3 заговорили, как об идеальном стандарте хранения и передачи звуковой информации. На MP3 постепенно начали переходить крупные радиостанции. А еще через годик до нового стандарта дотянулись лапки первых пиратов... С расцветом Интернет интерес к MP3 превратился в настоящую эпидемию — использование этой технологии позволяло распространять по Сети уже не отдельные звуковые фрагменты длительностью до нескольких секунд, но и целые альбомы! Кстати, еще одна интересная особенность



стандарта MP3 заключается в возможности сохранять в файле подробную информацию о композиции: с какого альбома и какого артиста она взята, к какому жанру относится... Эта дополнительная информация, облегчающая идентификацию MP3 файлов, называется «тэгом» (tag) и может быть использована практически любыми программами для воспроизведения MP3.

К моменту появления MP3 существовало уже несколько похожих алгоритмов. Например, уже знакомый нам алгоритм сжатия Microsoft ADPCM или «поточковая» технология RealAudio, с успехом используемая и ныне в Интернет. Однако качество звука, получавшегося в результате сжатия по этим алгоритмам, чаще всего было ниже всякой критики — например, для достижения степени сжатия, сравнимого с MP3, пользователям ADPCM приходилось вдвое снижать как частоту дискретизации (с 44 до 22 кГц), так и разрядность звука (с 18 до 8 бит). Конечно, то, что оставалось от музыки после такой вивисекции, музыкой уже называть было никак нельзя...

Существуют разные степени сжатия звуковой информации. Характеристиками этих степеней является «скорость» получившегося в результате звукового потока, измеряемая в килобитах в секунду (kbps). Эта величина называется «битрейтом» (bitrate).

Как мы уже говорили, минута звучания обычного оцифрованного звука занимает около 10 Мбайт, что соответствует звуковому потоку примерно в 1400 кбит/с. После MP3-кодирования битрейт звукового потока составляет от 56 до 320 kbps. На практике же для сохранения качества звука используются битрейты в диапазоне от 112 до 256 kbps.

А насколько сильно сжимается при этом звук? В принципе, ответ можно получить, произведя простейшую операцию деления первоначального битрейта (1400 kbps) на конечный. Однако для наглядности составим маленькую табличку. Кстати говоря, у второго столбца есть и еще одно значение: поскольку время звучания стандартного компакт-диска составляет около часа, показатель степени сжатия примерно соответствует тому количеству альбомов (часов музыки), которое может уместиться при записи получившихся MP3-файлов на CD.

С 1998 года на роль «могильщика MP3» последовательно претендовало множество форматов. Например, VQF, созданный фирмой Yamaha (<http://www.yamaha.co.jp>) — он позволял достичь качества MP3-128 kbps уже при битрейте 96 kbps! Эту в целом неплохую задумку сгубили две ошибки разработчиков — во-первых, битрейт 96 kbps так и остался высшим уровнем качества для VQF, а о поддержке более высоких битрейтов не шло и речи. Во-вторых, в отличие от MP3, VQF так и остался закрытым форматом — единственные доступные программы для его создания и воспроизведения распространялись самой фирмой Yamaha.

В то же самое время несколько независимых разработчиков представили еще одного претендента на роль «формата третьего тысячелетия», получившего название AAC (Advanced Audio Codec). В это семейство кодов, принадлежащее к семейству стандартов сжатия MPEG-2 (MP3, как мы помним, относится к предыдущему поколению стандартов — MPEG-1) входило сразу несколько программ, среди которых были и бесплатные, и на сто процентов коммерческие продукты — например, Liquid Audio (<http://www.liquidaudio.com>).

С момента появления первых версий AAC-кодеров новый формат всерьез рассматривался в качестве преемника MP3 — настолько серьезно, что в пользовательской среде за ним закрепилась неофициальная «торговая марка» — MP4. Казалось, учтены были все ошибки и недочеты, значительно усовершенствован алгоритм сжатия звука. AAC с битрейтом в 128 kbps обладал качеством несравненно лучшим, чем MP3 с битрейтом в 160 kbps, а AAC-160 практически не отличался на слух от обычного CD. Кроме того, некоторые модификации AAC позволяли сохранять в «теле» звукового файла не только информацию о композиции, но и полный текст песни и даже небольшую картинку с обложкой диска! Наконец, была задействована и система защиты авторских прав, что делало кодек очень привлекательным для индустрии звукозаписи.

Однако надеждам, возлагаемым на AAC, так и не суждено было сбыться. Во-первых, новый стандарт оказался весьма требовательным к ресурсам компьютера — на кодирование AAC-композиции уходило в несколько раз больше времени, чем на преобразование в MP3. Второй удар по популярности AAC нанесли... сами разработчики, повторившие ошибку создателей VQF. Уже в 1999 году были практически свернуты работы над бесплатными версиями кодера, «в живых» остались лишь дорогостоящие коммерческие варианты, недоступные большинству обычных пользователей. Плохую шутку сыграла с форматом и встроенная система защиты — так и не сумев «взломать» ее, от новинки довольно быстро отвернулось большинство пользователей.

В итоге популярность AAC быстро сошла на нет — хотя и сегодня в Интернет можно найти множество сайтов, посвященных этому стандарту и его модификациям. Подробную информацию о AAC, в частности, можно найти на уже хорошо известном вам сайте с простым адресом — <http://www.ixbt.com>.

Казалось, история замерла в ожидании — MP3 продолжал шагать по планете, завоеывая все новых и новых сторонников и не встречая достойных конкурентов. Однако в 2000 году первый ощутимый удар по популярности этого формата нанесла могущественная корпорация Microsoft, представившая собственный алгоритм сжатия информации под названием WMA.

В отличие от своих предшественников, Microsoft здраво рассудила, что состязаться с MP3 в области качественного звука и высоких битрейтов нет смысла

— зачем лить воду на мельницу пиратов? А вот в среднем и низшем классе стоило и поконкурировать... Ведь если для домашних коллекций на CD MP3 подошел идеально, для передачи по Интернет в режиме «сетевого вещания» MP3-файлы были слишком громоздкими. Прослушивать музыкальные композиции со стандартным битрейтом 128 kbps в режиме «реального времени» могли лишь обладатели быстрых каналов связи, а при стандартной для модемного

подключения скорости 33—56 kbps качество музыки становилось уже неисправимо чудовищным...

Именно поэтому Microsoft и сделал упор прежде всего на низких битрейтах — и не прогадала: последние версии WMA-кодека обеспечивали качество MP3-128 уже при битрейте 48 bps (а верхняя планка WMA-битрейта — 160 kbps), при этом во время кодирования в WMA изначально используется переменный битрейт.

Программа-кодер распространяется Microsoft бесплатно (желающие могут получить весь необходимый софт на странице <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia>). а проигрывать (а заодно — и кодировать звук с компакт дисков в этот формат) WMA-файлы может как стандартный Windows Media Player, так и большинство программ независимых производителей. При этом Microsoft позаботилась о том, чтобы снабдить пользователей удобными средствами для перекодирования в WMA уже имеющихся MP3-коллекций.

Сегодня о перспективах WMA, как универсального средства кодирования информации, судить рано — великая битва между MP3 и WMA еще не началась, и судья этого захватывающего поединка только собирается ударить в гонг... Однако уже очевидно, что Microsoft весьма серьезно настроена на победу — и для этого у могущественной корпорации есть все основания. Вспомним, что первые бытовые устройства, способные воспроизводить MP3-файлы, появились на рынке лишь через четыре года после рождения стандарта, в то время как от момента появления WMA до анонса первых плееров с поддержкой этого стандарта прошел лишь год...

В то время, как WMA теснит MP3 в области низких битрейтов и Интернет-аудио, в секторе hi-fi (если только вообще можно употреблять это сочетание применительно к сжатому звуку) все увереннее заявляет о себе новый бесплатный кодер — Ogg Vorbis (<http://www.vorbis.com>). Этот алгоритм кодирования, как и большинство других, созданных в последние два года, делает ставку прежде всего на переменный битрейт — и, похоже, удачно. В основе кодека лежит алгоритм, схожий с MP3, однако оригинальная психоакустическая модель позволяет добиться гораздо лучших результатов. Ogg Vorbis поддерживает битрейты до 512 kbps, при этом пользователь может устанавливать вручную значения всех трех уровней VBR (максимальный, минимальный и средний битрейт), или же воспользоваться предустановленными «ступенями» качества.

Тесты Ogg Vorbis (самый грамотный и подробный из них можно найти на странице Compute Sound — <http://websound.ru>) показывают превосходство нового стандарта над MP3 практически при любом битрейте. Кроме того, в пользу OGG говорит то, что кодирование в этот формат осуществляется с помощью хорошо знакомого поклонникам MP3 кодера Lame. Однако на другой чаше весов остается распространенность MP3, а также сомнения в том, что Ogg Vorbis будет в ближайшее время поддержан производителями бытовой аппаратуры.

Ну вот, со способом сжатия звука мы худо-бедно разобрались. Теперь остается только понять, откуда этот самый звук берется.

Фирмы-производители «легального» MP3-программного обеспечения обычно убеждают нас, что предназначенный для кодирования звук лучше создавать самим. Записывайте, милые друзья, собственные диски в домашней студии, а потом кодируйте их, сколько вашей душевнике угодно.

Однако чаще всего информация для кодирования берется с уже готовых компакт-дисков. И для того, чтобы эту информацию получить, необходимо задействовать другую, не менее сложную технологию — цифровое копирование или *grabbing*.

Конечно, информацию с компакт-диска можно переписать, воспользовавшись любым звуковым редактором. Но при этом информации придется пройти довольно долгий путь: сначала из цифровой она превратится в аналоговую (привычные нам звуковую сигналы) с помощью декодера CD-ROM (который отнюдь не отличается качеством: воспроизведение компакт-дисков для CD-ROM — всего лишь второстепенная функция). Затем получившийся сигнал отправится в путешествие по тонкому проводку, присоединенному к звуковой карте. Затем программа звукозаписи вновь превратит аналоговый сигнал в цифровой, задействовав для этого мощь процессора... И лишь потом сохранит получившийся сигнал (страшно искаженный, напитавшийся шумами) в виде файла.

Словом — фильм ужасов...

А почему бы не сбрасывать цифровое содержание звуковых компакт-дисков прямо на жесткий диск, минуя звуковую карту и многократное перекодирование? Что ж, это возможно. Необходимо только дать команду дисководу CD-ROM читать звуковые дорожки, как цифровые данные, и отправлять их сразу на жесткий диск. Этот процесс называется CD-DA экстракцией. Или же, проще говоря, граббингом (термин «цифровое копирование», на котором настаивают современные «славянофилы», так и не прижился). «Грابتить» умеют практически все современные дисководы CD-ROM. Только для этого необходимо обзавестись специальной программой — граббером. Позднее «сграбленный» файл, представляющий собой точную цифровую копию звуковой дорожки, можно передать в бережные руки MP3-кодера.

## **Программы для компрессии звука**

Ну вот, с теоретическими основами MP3-технологии мы худо-бедно разобрались. Теперь не грех и практикой заняться.

Мы и выяснили, что для копирования вашего любимого диска в формат MP3, нам понадобятся как минимум две программы:

Граббер — система цифрового копирования содержания AudioCD на жесткий диск.

Кодер — программа для кодирования получившихся файлов в MP3.

В принципе, позднее понадобится еще одна программа — плеер, ведь проигрывать получившиеся звуковые файлы мы будем опять-таки на компьютере, наш музыкальный центр для этого не подойдет. Однако о плеерах мы уже говорили чуть выше.

Что касается кодеров и грабберов, то сегодня они чаще всего работают в единой связке. К примеру, все популярные грабберы — Audiograbber, CDeX, EAC или WinDAC — имеют в комплекте поставки и MP3-кодер, что позволяет кодировать звук с CD в MP3 напрямую, минуя промежуточную стадию создания на жестком диске громадного файла с копией содержимого дорожки.

От самого граббера требуется не так уж и много.

Способность чтения информации о компакт-диске из базы данных Интернет (CDDb) и сохранения ее на жестком диске для дальнейшего использования. Это позволяет в процессе копирования дорожек на звуковой диск давать им имена, соответствующие названию и номерам композиций, а также запоминать эту информацию в тэге будущего MP3-файла. Если же Интернет у вас отсутствует, можно заполнить «базу данных» и вручную — через специальный редактор этого же граббера.

Возможность работы с несколькими популярными кодировщиками, с возможностью установления индивидуальных параметров для каждого.

Возможность прямого копирования содержимого звуковых дорожек в MP3.

4. Возможность автоматического заполнения MP3-тэгов.

5. Возможность сохранения на диске в виде плейлиста (playlist) — обычного текстового файла с расширением M3U или PLS. В таком файле содержится список файлов, содержащих композиции с альбома, и их очередность, что позволяет плеерам проигрывать не отдельные композиции, а весь альбом целиком. Хотя составить такой «плейлист» вы можете сами, в любом текстовом редакторе, — напишите в столбик, в порядке очередности, названия всех файлов (с полным путем к ним), которые вы хотите воспроизвести, и сохраните получившийся список как

файл с расширением M3U. После чего спокойно щелкайте по нему мышкой — если на вашем компьютере установлен плеер MP3, он запустится автоматически.

Всем этим требованиям удовлетворяют две самые популярные в мире связки «кодер-граббер» — Audiograbber и CDex.

Audiograbber — бесспорный лидер по популярности в нашей стране (еще и потому, что у нас легко доступна «взломанная» версия этой вообще-то защищенной коммерческой программы).

По умолчанию в Audiograbber встроена поддержка только встроенного в Windows кодека от Fraunhofer IIS (хотя в последние версии стали включать и ISO-кодек BladeEnc). При установке же дополнительного кодера от Xing, Audiograbber примет его как родного — таким образом, будут поддерживаться все три популярных класса кодировщиков.

Бесплатная программа Cdex (<http://surf.to/cdex>) не обладает столь яркой внешностью, как красавец Audiograbber, однако по своей функциональности во много превосходит его. В комплект поставки Cdex включено несколько популярных кодеров — в частности, самый популярный и качественный MP3-кодер Lame, который, как и Cdex, создан и бесплатно распространяется программистами-энтузиастами. Всего же Cdex поддерживает около десятка кодеров, отвечающих практически за все популярные сегодня форматы сжатого звука:

MP2

MP3 — используются созданные независимыми разработчиками кодеры Lame и Blade

AAC — используется бесплатный вариант AAC-кодера freeAAC

Ogg Vorbis

VQF — при подключении внешнего кодера от Yamaha

WMA — используется встроенный в Windows кодер от Microsoft

Если же вы ищете программу, которая сумеет максимально корректно скопировать содержимое вашего компакт-диска на компьютер, избежав при этом досадных щелчков и помех, то вряд ли вы найдете что-нибудь лучше бесплатной программы EAC (<http://www.exactaudiocopy.de>), которая обладает уникальной способностью «вгрызаться» в поврежденные участки диска, считывая их содержимое в несколько проходов. Правда, в отличие от большинства других программ этого класса, EAC нуждается в тонкой настройке — иначе программа вряд ли заработает «на всю катушку». К тому же ее интерфейс пока что довольно запутан, и разобраться в многочисленных меню программы смогут лишь опытные пользователи.

Словом — выбирайте себе программу по вкусу и кодируйте на здоровье! Понятно, не забывая при этом про авторские права (хотя заставить себя вспомнить о них так трудно...)

ПОМНИТЕ: САМО ПО СЕБЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ МРЗ-КОЛЛЕКЦИЙ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПРЕСТУПЛЕНИЕМ.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИХ (ТЕМ БОЛЕЕ КОММЕРЧЕСКОЕ) -ДЕЯНИЕ НАКАЗУЕМОЕ! (Правда, пока что только в теории...)

Минздрав, что называется, предупредил.

Ну и напоследок, как водится — парочка адресов специализированных МРЗ-сайтов в сети Интернет, на которых вы можете найти не только полный набор программ для МРЗ-кодирования, но и бесплатно распространяемую музыку в этом популярном формате.

MP3.com (<http://www.mp3.com>)

Daily MP3 (<http://www.dailvmp3.com>)

### **Литература:**

1. Васильев, Л. (2008). МРЗ формат. Санкт-Петербург: Питер.
2. Материал из Википедии — свободной энциклопедии.  
<http://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2002. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002