

DVD

*Digital Versatile
Disc*

Глава 1. Обзор DVD

1.1 История DVD

1994	1995	1996	1997	1998	1999
Цифровые LD следующего поколения	SD MMCD	DVD			
		Книга DVD Video	Книга DVD-R (3.95GB) Книга DVD-RAM (2.6GB)		Книга DVD-Audio DVD-R (4.7GB) DVD-RAM (4.7GB) DVD-RW (4.7GB)

- Компания Pioneer начала разработку нового формата цифровых видеодисков в 1991 году.
- Целью компании являлось создание следующего поколения видеодисков, идущего на смену лазерных дисков, с возможностью записи более двух часов высококачественного видео.

- В 1994 году компания Pioneer выпустила на рынок промышленную модель под названием Karaoke System, которая могла хранить и воспроизводить 2,1 ГБ данных MPEG-1 на одностороннем диске толщиной 1,2 мм, и использовала лазер с длиной волны 680 нм.
- В том же году компания разработала еще одну систему цифровых видеодисков, в которой применялся синий лазер с удвоением частоты.
- Удовлетворяя запрос Голливуда о появлении на рынке этой новой системы до начала многоканального спутникового вещания, компания Pioneer совместно с компанией Toshiba в конце 1994 года предложила спецификацию дисков, названную SD, в которой использовался красный лазер.

- Приблизительно в это же время компании Sony и Philips способствовали продвижению на рынок спецификации MMCD.
- Основное отличие между SD и MMCD заключалось в том, что в SD предполагалось использование двух соединенных вместе подложек толщиной 0,6 мм, а в спецификации MMCD, как и в формате CD, одной 1,2 мм подложки.
- В итоге к концу 1995 года была согласована спецификация, которая объединила идею двух подложек, используемую в SD, с модуляцией 8/16, позаимствованной из MMCD. В это же время был организован DVD-консорциум, и это событие можно считать рождением настоящего DVD-формата.

- В августе 1996 года была опубликована Книга DVD Video, а уже в ноябре первые DVD-видеоплееры появились в продаже.
- Книга DVD-R однократной записи на 3,95 ГБ, и Книга перезаписываемого DVD-RAM 2.6 ГБ были опубликованы в 1997 году.
- В 1999 году вышли Книга DVD-RW и Книга DVD-RAM, стандартизирующие перезаписываемые форматы на 4,7 ГБ. Спецификация на 4,7 ГБ DVD-R была введена в 2000 году.
- В 1999 году созданы две прикладных спецификации, DVD Audio и DVD Video.
- Вслед за ними на рынке появились DVD аудио проигрыватели, обеспечивающие высококачественный многоканальный звук, и DVD-рекордеры, которые позволяли записывать и воспроизводить DVD.

1.2 Концепция и структура формата DVD

- Базовая концепция, лежащая в основе формата DVD, состоит в том, что независимо от приложения физический формат и формат файлов должны быть общими для всех DVD. (В компакт-дисках используются различные форматы для звуковых CD и CD с данными.) Структура формата DVD В следующей таблице показана взаимосвязь между приложениями и форматами диска (по состоянию на 26 апреля 2001 года)

DVD диск 4.7Gb

Применение	DVD диск 4.7Gb			
	ТИП ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ	записываемые типы		
	DVD-ROM	DVD-R for General	DVD-RW	DVD-RAM
Video format	UDF Bridge	UDF Bridge		рассматривается
Audio format	UDF Bridge			
Video recording format		VAT UDF	UDF	
Data	UDF Bridge	UDF Bridge		
		UDF		

- Дополнительную информацию по формату файлов UDF Bridge см. в главе 3. Video Recording – это формат для записи видео в реальном времени с возможностью редактирования.
- DVD-диски только для чтения (DVD-ROM) имеют один и тот же логический и файловый формат независимо от области применения. Эти форматы определены в Книге DVD-ROM. К этой категории относятся компьютерные диски только для чтения.
- Видеоформат для дисков только для чтения определен в Книге DVD-Video. Аналогично, звуковой формат – в Книге DVD-Audio; однако, в последнюю спецификацию, кроме того, входит и подмножество видеоформата.

- Диски формата DVD-R – однократно записываемые. Поскольку одним из применений DVD-R является тестирование программ для DVD-ROM в процессе их создания, в обоих типах дисков используется один и тот же формат UDF Bridge.
- Основным свойством DVD-R является то, что после записи DVD-R имеет те же характеристики, что и диск только для чтения.
- Существует две спецификации, определяющие DVD-R 4,7 ГБ: DVD-R общего применения (General), и DVD-R для авторской разработки (Authoring).

- Перезаписываемые диски существуют в двух форматах: DVD-RAM и DVD-RW.
- DVD-RAM использует физический формат, разработанный, в основном, для произвольного доступа. По этой причине в нем применяется зонально-постоянная угловая скорость с предварительной адресацией.
- DVD-RW, являясь усовершенствованием DVD-R, использует физический формат, разработанный, главным образом, для последовательной записи. Этот формат позволяет легко достичь физической совместимости между DVD-RW и дисками только для чтения.

- Видеоформат реального времени (Real-Time Video) позволяет использовать эти перезаписываемые диски для записи видео в реальном времени без операции авторской разработки (authoring), и допускает редактирование после записи.
- Этот формат отличается от видеоформата для дисков только для чтения, который предполагает, что содержание будет отредактировано перед записью.
- Все эти перезаписываемые дисковые форматы содержат средства защиты авторских прав для предотвращения нелегального копирования.

- Спецификации видеоформатов были пересмотрены в декабре 2000 года, что позволило использовать видеоформат с DVD-R общего применения и DVD-RW, а также для ROM. Это расширение возможностей видеоформата предназначено для потребительской записи, и позволяет записывать только не защищенные авторскими правами материалы.
- Такое применение было стандартизировано для DVD-R общего применения и DVD-RW с сохранением совместимости формата с DVD-ROM как на уровне файловой системы, так и на уровне приложений.

- Новый метод распознавания для отделения DVD-R или DVD-RW от приложений DVD-ROM (DVD видеодисков).
- (Обеспечение возможности воспроизведения дисков DVD-R / DVD-RW с содержанием подобного типа является необязательным для производителей устройств воспроизведения DVD; существуют DVD видеоплееры, компьютеры, оборудованные приводом DVD-ROM, и другие устройства, которые не воспроизводят DVD-R и DVD-RW, записанные в видеорежиме.)

Глава 2. Физический формат диска только для чтения

2.1 Принципы построения физической спецификации

2.1.1 Цели создания DVD

- Основой разработки DVD послужила задача создания носителя для художественных фильмов. Поэтому основной целью являлось получение продолжительности воспроизведения около 133 минут, что позволило бы размещать большинство фильмов на одном диске. В результате множества улучшений качества видео, и с учетом того, что в DVD должно использоваться сжатие видеоданных с переменным коэффициентом, было определено, что минимально допустимой является скорость передачи данных 3,5 Мбит/с.

- Затем, с учетом качества звукового сопровождения, применения в разных странах, и возможностей мультимедиа, было решено обеспечить использование звука в формате Dolby AC-3 на трех языках (384 кбит/с x 3) и субтитров на четырех языках (10 кбит/с x 4), что в результате привело к созданию спецификации с емкостью диска 4,7 ГБ.

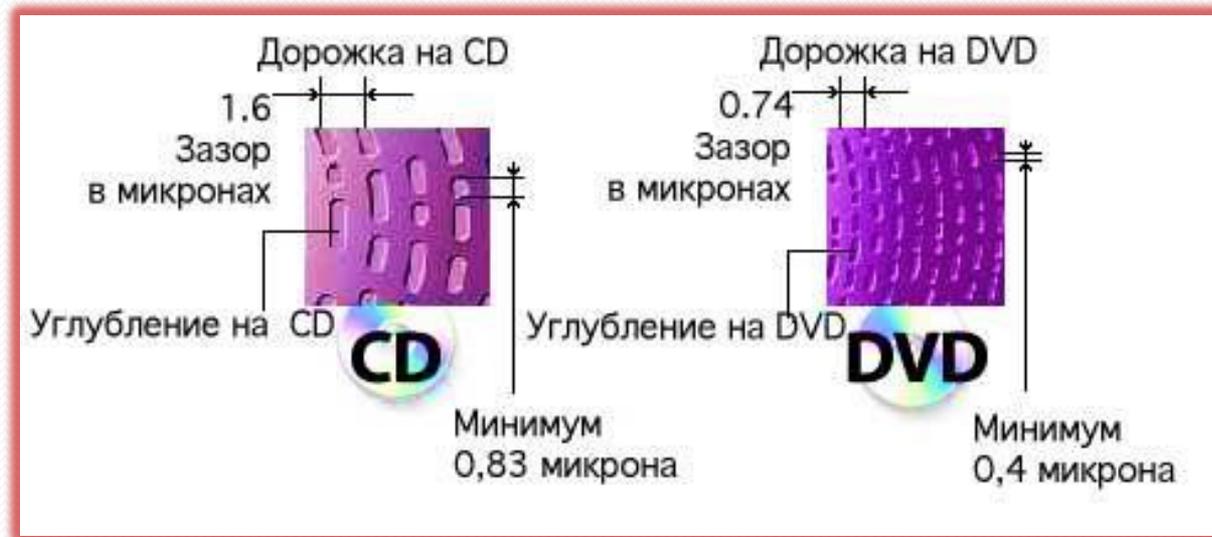
- Различие между спецификациями DVD и CD состоит не только в переходе от ближней инфракрасной области к красному лазеру; оно еще и в том, что спецификация целиком ориентирована на достижение емкости в 4,7 ГБ и основана на достижениях технологии, которые были достигнуты за десятилетие, прошедшее со времени появления CD в 1982 году.
- Допуски на эксцентриситет диска (радиальное биение) и его наклон по сравнению со спецификацией CD стали существенно строже. Это является свидетельством прогресса в технологии производства дисков и отражением того факта, что плотность записи возросла сильнее, чем это было бы при линейной связи с уменьшением длины волны лазера, то есть за счет сокращения общего технологического запаса системы.

- Например: шаг дорожки стандартного компакт-диска равен 1,6 мкм. Деление этой величины на отношение длин волн лазеров в DVD и CD (650/780) дает 1,33 мкм, однако на самом деле для DVD необходим шаг дорожки 0,74 мкм, то есть плотность дорожек существенно больше, чем можно было бы ожидать.
- При уменьшении шага дорожки возрастает перекрестная помеха, и значительно снижается запас по радиальному наклону.
- Для достижения требуемой плотности допуск по среднему отклонению шага дорожек был уменьшен до $\pm 0,01$ мкм.
- Для уменьшения перекрестной помехи максимальное допустимое отклонение ограничено величиной $\pm 0,03$ мкм.

- Для соответствия этой спецификации оборудование для изготовления оригиналов дисков точным, а разброс параметров механизмов воспроизводящих и считывающих устройств должен контролироваться тщательнее, чем в CD плеерах.
- В части 1 Книги DVD описываются физические характеристики ROM-диска, необходимые для достижения требуемых параметров: механические и оптические свойства диска, характеристики сигнала при воспроизведении, а также сведения, требующиеся для разработки аппаратуры DVD, например, методы модуляции и коррекции ошибок. Спецификация DVD определяет также двухслойные диски и диски малого диаметра (8 см).

2.1.2 Ультрафиолетовые рекордеры и использование подложек толщиной 0,6 мм

- Можно сказать, что все различие между 4.7 ГБ DVD и CD заключается в плотности записи. На фотографиях, сделанных с помощью электронного микроскопа, показаны записанные на CD- и DVD носителях информационные элементы называемые впадины, или «питы».



- Видно, что питы DVD гораздо меньше, и проблема заключается в том, как их записывать и считывать информацию с этих микроскопических углублений.
- «Нарезка» CD и LD выполняется с помощью лазерного рекордера, в котором используется аргоновый (с длиной волны 457 нм) или гелий-кадмиевый лазер (442 нм).
- Для увеличения плотности записи при изготовлении DVD в рекордере должен применяться аргоновый или криптоновый лазер, работающий в ближней ультрафиолетовой области на длине волны 351 нм.

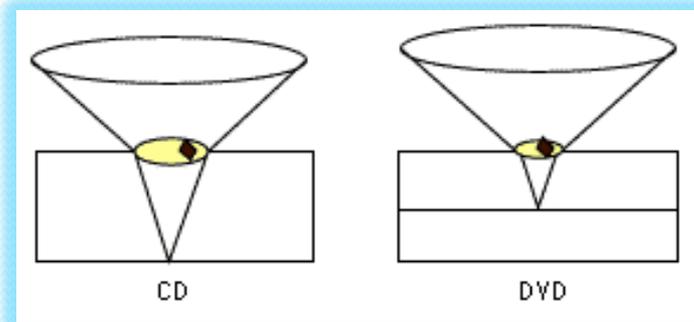
- Для воспроизведения DVD нужен более тонко сфокусированный луч, чем для CD.
- Диаметр луча пропорционален отношению λ/NA , поэтому необходимо увеличивать числовую апертуру (NA) и уменьшать длину волны.
- При наклоне диска по отношению к источнику света возникает проблема, связанная с искажением формы светового пятна, мешающим нормальному воспроизведению (так называемая кома).
- Величина комы пропорциональна $d NA^3/\lambda$, где d – толщина подложки диска. В DVD используются подложки толщиной 0.6 мм, а не 1,2 мм, как в CD. Тем самым влияние наклона диска ослабляется вдвое.

2.1.3 Проблемы, возникающие с подложками 0,6 мм

- Подложка толщиной 0,6 мм имеет недостаточную прочность, поэтому необходимо соединять две таких подложки, чтобы получить подложку толщиной 1,2 мм.
- Эта необходимость, по сравнению с производством CD, вносит в технологию изготовления дополнительную операцию, что приводит к росту стоимости изготовления. Однако для более тонкой подложки время охлаждения при литье под давлением сокращается, что уменьшает длительность цикла между загрузкой сырья и выходом готового диска.

- Следующая проблема – это совместимость с CD.
- CD используют подложки толщиной 1,2 мм, а DVD – 0,6 мм. Поэтому, считывающее устройство должно учитывать разницу в сферической аберрации, возникающую вследствие различия в толщине подложек.
- Это может быть сделано с помощью уже разработанных модифицированных считывающих устройств, например, с двумя фокусными расстояниями или двумя объективами, или устройств, обеспечивающих переменную апертуру с помощью жидкокристаллических элементов.

- Наконеч, подложки 0,6 мм хуже защищены от загрязнений и повреждений поверхности. Считывающее устройство DVD вдвое чувствительнее к ним, поскольку диаметр луча на поверхности DVD в два раза меньше, чем в случае CD. Этот недостаток компенсируется использованием мощных схем коррекции ошибок.
- В формате CD обеспечивается коррекция для пакетов ошибок длиной до 2,29 мм, а DVD может делать это более чем на вдвое большей длине – 6,0 мм.



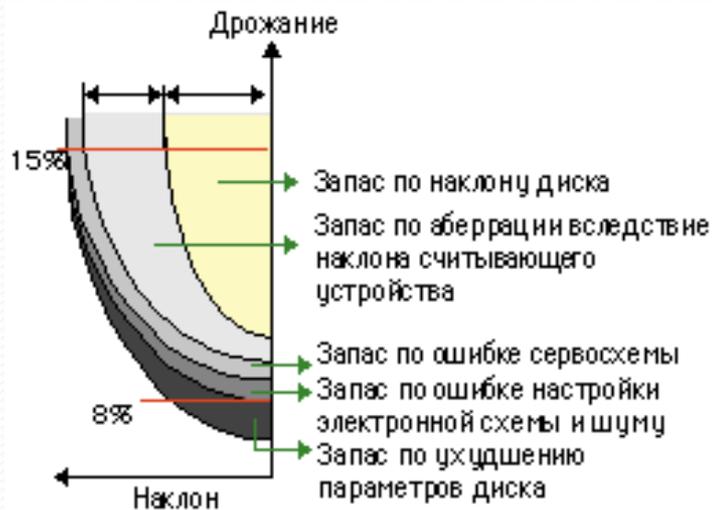
- Информационный слой CD весьма чувствителен к царапинам на обратной стороне диска, поскольку там он защищен только слоем лака и краской внешней отделки.
- Напротив, в DVD, состоящем из двух соединенных подложек, рабочий слой защищен всей толщиной подложки, 0,6 мм, и потому в гораздо меньшей степени подвержен влиянию царапин.

2.1.4 Конструкционный запас

- Цель разработчиков DVD состояла в том, чтобы на диске с самыми плохими параметрами, допускаемыми спецификацией с учетом экономических показателей производства, воспроизводимом на серийно выпускаемом считывающем устройстве, также имеющим минимально допустимые характеристики, частота ошибок в байтах после коррекции не превышала приемлемого для компьютерных приложений уровня 1×10^{-20} .
- Поскольку упомянутая цель содержит ремарку «после коррекции ошибок», следует определить эффективность системы коррекции.
- С учетом оптимального соотношения между эффективностью исправления ошибок и потерями на избыточность, в формате DVD принято использование одного блока коррекции ошибок на 32 кБ данных.
- Это требует, чтобы частота ошибок в байтах до коррекции была не более 1×10^{-2} .

- Трудно сделать частоту ошибок характеристикой самого диска, поэтому спецификацией DVD нормируется дрожание.
- Простой расчет, основанный на нормальном распределении, показывает, что для достижения необходимой частоты ошибок частота дрожания должна быть менее 15,4%; эксперимент дает 16%. Поскольку наклон диска меняется в пределах одного оборота, было принято решение взять за основу условие, что дрожание не должно превышать 16% при мгновенном максимальном наклоне. Так как на практике очень трудно измерить пиковое значение, обычно считают, что средняя величина дрожания не должна превышать 15%, а частота ошибок – величину 5×10^{-3} .

- Основным принципом создания запаса характеристик системы показан на рисунке ниже.
- По горизонтальной оси отложен наклон, по вертикальной - величина дрожания.
- Вначале рассмотрим наилучшие результаты, полученные во многих экспериментах.
- Если наклон отсутствует, то в дрожание свой вклад вносят шум источника света, шум электронной схемы, шум диска, стандартные помехи между символами (межсимвольная интерференция), а также небольшие перекрестные помехи соседних дорожек.
- Теперь найдем минимальный уровень дрожания, возникающего вследствие производственного разброса параметров диска, за исключением наклона.
- По результатам экспериментов сделан вывод, что оправданной для спецификации DVD является величина, равная 8%.



- Далее мы рассматриваем отклонения, создаваемые при изготовлении электронной схемы. Отклонения, вызванные диском и электроникой, имеют шумоподобные характеристики, и увеличивают минимальный уровень дрожания, но предполагается, что они очень слабо влияют на запас по наклону.

Такие факторы, как смещение в сервосхеме приводят как к увеличению уровня дрожания, так и к уменьшению запаса по наклону. На рисунке представлены составляющие снижения запаса, основанные на результатах экспериментов и массового производства. Остальные составляющие отнесены к наклону диска и считывающего устройства (включая абберации) и нашли свое отражение в существующей спецификации.

2.1.5 Отслеживание сигнала ошибки

- Впадины на CD обычно имеют глубину около $\lambda/6$. Это позволяет использовать как двухтактную схему отслеживания сигнала ошибки, которая лучше всего работает при глубине впадины $\lambda/8$, так и трехлучевой или дифференциально-фазовый метод, оптимально работающие при глубине $\lambda/4$. Поскольку в спецификации DVD приоритет отдан увеличению плотности записи, то в созданной спецификации установлено, что для обеспечения оптимального качества сигнала необходима глубина впадины $\lambda/4$.
- Сигнал двухтактной схемы при такой глубине слишком слаб, а поскольку она все равно имеет проблемы со смещением из-за сдвига объектива и наклона диска, было решено, что в ее поддержке нет необходимости.

- Дифференциально-фазовый метод, напротив, соответствует всем требованиям по совместимости, в том числе с двухслойными дисками и различным шагом дорожек. Более того, этот метод, по-видимому, очень хорошо подходит для увеличения плотности записи в будущем, и поэтому он был избран в качестве стандартного метода отслеживания для DVD. Недостатком метода является появление ошибки при сильной корреляции конфигурации битов на соседних дорожках, но этого можно избежать скремблированием сигнала.

Двухслойные диски

- Спецификацией DVD предусмотрены двухслойные диски, в которых оба слоя можно воспроизвести, не переворачивая диск. Это создает свои проблемы, например, ведет к увеличению сферической аберрации при воспроизведении различных слоев из-за различной толщины подложки, и уменьшает отношение сигнал-шум из-за отражения света от второго слоя (межслоевая перекрестная помеха). В двухслойных DVD-дисках плотность дорожек снижена примерно на 10% для увеличения технологического запаса.

- Слои должны достаточно далеко отстоять друг от друга для того, чтобы межслоевая перекрестная помеха на стандартных считывающих устройствах была слабой, но в то же время быть достаточно близко расположенными, чтобы сферическая абберрация не становилась недопустимо большой. С учетом вышеназванного, были проведены эксперименты, в результате которых было специфицировано расстояние между слоями, равное 55 ± 15 мкм. Толщину подложки для двухслойных дисков оказалось возможным уменьшить, поскольку, чем тоньше подложка, тем проще контролировать абберрации типа комы, получая, тем самым, дополнительный технологический запас.

2.2.1 Стандартные условия оценки

- В приведенной ниже таблице сравниваются основные условия, при которых оценивается соответствие CD и DVD требованиям спецификаций. Как показано в таблице, величина числовой апертуры (NA) для DVD значительно выше. Поскольку это стандартные условия оценки, пределы их возможного изменения достаточно узки.
- Помимо этого, имеются характеристики для элементов, которые не специфицировались для CD, например, характеристики сервосистемы и передаточные характеристики элементов системы воспроизведения (лазерных диодов, эквалайзеров сигнала).

- Поскольку плотность записи у DVD выше, кратчайшая метка сдвинута к верхнему диапазону низкочастотной модуляционной передаточной функции оптической системы (MTF). Величина MTF для DVD составляет 68% (для CD 50%). Вследствие этого, для демодуляции требуется эквалайзер сигнала. Так как эквалайзер изменяет частоту ошибок и величину дрожания, то нормируются передаточные характеристики системы воспроизведения, в том числе и передаточная характеристика стандартного испытательного устройства. В результате стало возможным косвенное определение характеристик лазерного самописца для записи оригиналов дисков.

- Спецификация DVD также определяет стандартные характеристики сервосистемы. Они тесно связаны с рассматриваемыми далее механическими характеристиками. Для CD отклонение профиля поверхности и радиальное отклонение указаны в терминах ускорений, однако сложно выполнить измерения ускорений и получать воспроизводимые результаты. Этот вопрос исследовался во время работы над 3.5" ISO диском. В результате была установлена необходимость нормировать стандартные характеристики сервосистемы и механические свойства диска вместе с остаточной ошибкой после серво компрессии servo compression.

- Основным преимуществом этого метода является возможность получать воспроизводимые данные. В спецификации DVD используется тот же самый метод.
- При определении характеристик сервосистемы нормируются не характеристики при разомкнутом контуре обратной связи, поскольку они могут меняться в широком диапазоне, а параметры системы с обратной связью.
- Передаточную характеристику системы воспроизведения и характеристики сервосистемы см. в спецификации DVD.

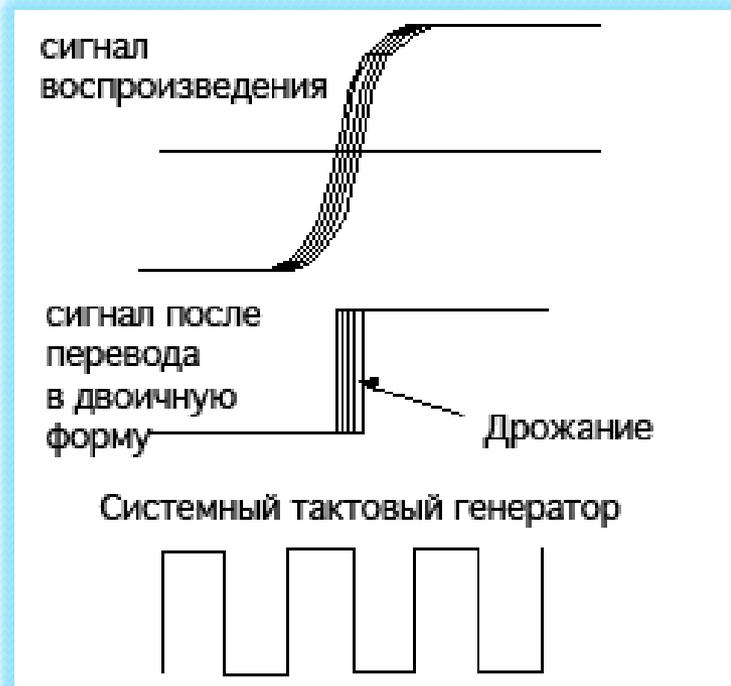
- Для измерения параметров двухслойных дисков нормирован размер фотодетектора. Это сделано с целью ограничения межслоевых перекрестных помех, из-за которых слишком большой детектор может создать проблемы для других измерений, например, отражающей способности. Попутно заметим, что в фотодетекторах обычно используются PIN-фотодиоды, и электроны, возбуждаемые посторонней засветкой, могут создать значительное смещение по постоянному току. Поэтому во время измерений детектор должен быть экранирован от постороннего света, или заземлен для отвода паразитных токов.

Сравнение стандартных условий испытания

	DVD	CD
Длина волны	650±5 нм	780±10 нм
Числовая апертура (NA)	0,60±0,01	0,45±0,01
Поляризация	круговая	-
Интенсивность света на выходе (в выходном зрачке объектива)	RAD: 60-70% TAN: 90% или более	50% или менее
поверхностная aberrация	0,033 λ или менее (среднеквадратичное)	0,07 λ или менее
Шум лазерного диода	-134 дБ/Гц или менее	-
Измерительная скорость сканирования	3,49±0,03 м/с (однослойный) 3,84±0,03 м/с (двухслойный)	-
Усилие прижима диска	2,0±0,5 Н	1-2 Н
Параметры электронных блоков	Стандартная сервосистема, эквалайзер, ФАПЧ, сервосистема постоянной линейной скорости, характеристики ограничителя по максимуму и минимуму (slicer).	-

2.2.2 Нормы на дрожание

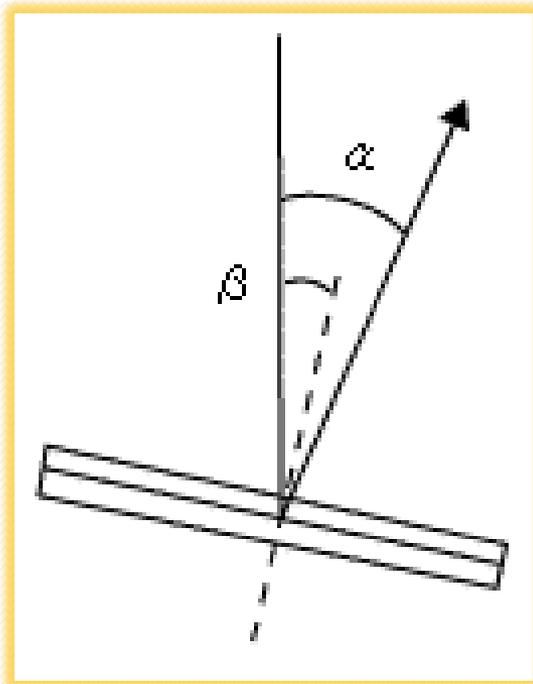
- Спецификация DVD нормирует дрожание, чего не было в спецификации CD.
- Логический формат определяет механические и оптические характеристики, но нормы на источники снижения качества сигнала, например, взаимные межсимвольные помехи, вносимые при изготовлении диска, не включены в действующую спецификацию CD.
- Добавлены нормы и на другие параметры, например, на ухудшение качества, вносимое аппаратурой изготовления оригинала диска, и на неравномерность репликации впадин.



- Эти эффекты для DVD с их высокой плотностью записи нельзя игнорировать, поэтому необходимо нормировать влияние этих факторов. В спецификации CD есть норма на частоту ошибок, но эту величину невозможно измерить, если присутствуют дефекты или деградация сигнала, вносимая устройством воспроизведения.

- В спецификации диска для Karaoke System компании Pioneer нормируется частота ошибок, используя наклоненное считывающее устройство, но подобное измерение трудно провести и оно, безусловно, не обеспечивает достаточной точности.
- В спецификации DVD было решено добавить нормирование дрожания, поскольку этот параметр позволяет количественно измерить ухудшение качества сигнала.
- Дрожание измеряется при отсутствии наклона.

2.2.3 Нормы на неплоскостность



- Неплоскостность диска ограничена угловой величиной, равной $\pm 0,8^\circ$ в радиальном направлении, и $\pm 0,3^\circ$ в тангенциальном.
- Норма по радиальной неплоскостности шире, поскольку учитывают тот факт, что диск легко изгибается и принимает чашеобразную форму.

- Определенная в спецификации угловая величина – это не угол физического отклонения диска, а измеренный оптическим методом угол между падающим и отраженным лучом .
- Спецификация определяет характеристики дисков при отгрузке с завода-изготовителя.
- Необходимо также гарантировать сохранение параметров в условиях предприятий торговли.

2.2.4 Нормы на отражательную способность

- Для CD норма по отражательной способности формулируется только для отражающей поверхности без записанной на диск информации. Практически это очень трудно проверить.
- Спецификация DVD учитывает конструкцию проигрывателя, и выражает отражательную способность через максимальный уровень сигнала воспроизведения I_{14H} , который легко измеряется.
- В этом случае присутствуют эффекты, связанные с двулучепреломлением диска, поэтому в нормах определены значения для оптических систем, использующих как поляризованный, так и неполяризованный свет.

- Поскольку отражательная способность для однослойных и двухслойных дисков различна, норма формулируется отдельно для каждого типа.
- Для оптических систем с поляризованным светом она составляет 45-85% для однослойных, и 18-30% для двухслойных дисков.
- Кроме того, для ограничения колебаний коэффициента усиления сервосистемы существует норма на изменение I_{14H} по поверхности диска и в пределах одного оборота.

- Отметим, что минимальной отражательной способностью I_{14H} (около 10%) обладают диски DVD-RAM (подробности см. в спецификации).
- Как правило, определение наличия диска в приводе проводится фокусировкой на него лазерного луча.
- Это означает, что механизм фокусировки должен работать с дисками, отражающими только 10% света.

2.2.5 Нормы на отслеживание положения луча на дорожке

- В спецификацию DVD введен пункт, нормирующий сигнал перекрестных помех, который определяет контраст при переходе через дорожку, и используется при управлении следованием луча по дорожке, а также при доступе к диску.
- Из-за малого шага между дорожками и присутствия значительных перекрестных шумов, согласно спецификации измерение перекрестных помех производится после фильтра нижних частот с полосой 30 кГц.

2.2.6 Нормы на другие параметры диска

- Приведенная ниже таблица показывает различия между спецификациями CD и DVD по некоторым другим параметрам.
- При воспроизведении видео с DVD диск раскручивается до частоты вращения, обеспечивающей линейную скорость 3,49 м/с (у CD от 1,2 до 1,4 м/с).
- Если бы коробление DVD-диска и его эксцентриситет были такими же, как у CD, то для отслеживания смещений поверхности диска считывающему узлу потребовался бы привод с широкой полосой пропускания.

- Это привело бы к дальнейшим усложнениям, связанным с повышением тепловыделения, что недопустимо для портативных устройств.
- Поэтому спецификации по эксцентриситету и неплоскостности DVD гораздо строже, чем для CD.
- Отметим, что в двухслойных дисках ближний к считывающему устройству слой центрируется при зажиме. Поэтому, с учетом ошибки центрирования присоединенного второго слоя, максимальное значение эксцентриситета велико.

	DVD	CD
расстояние между дорожками	0,74±0,01 мкм (среднее) 0,74±0,03 мкм (локальное)	1,6±0.1 мкм
эксцентриситет (радиальное биение)	100 мкм (размах)	140 мкм (размах)
коробление (неплоскостность)	±0,3 мм	±0,5 мм

- Поскольку DVD-диск получается соединением двух подложек, должна быть норма на максимально допустимое несовпадение центров при соединении. Поскольку в спецификацию включено колебание массы, была введена норма на динамический баланс.

- Чтобы обратная сторона зажимного конуса не касалась внутреннего диаметра диска, и чтобы при случайном помещении DVD в CD-проигрыватель не возникало проблем, установлено, что диаметр внутреннего отверстия соединенных вместе подложек должен быть не менее 15,0 мм.
- Для обеспечения прочности соединения максимальная величина углубления внутри зоны прижима была уменьшена до 0,1 мм, по сравнению с 0,2 мм для CD. Принимая во внимания LD и совместимые с DVD проигрыватели, максимальная величина выступа зоны непостоянной толщины собранного кольца за зону прижима была изменена с 0,4 мм у CD до 0,25 мм.

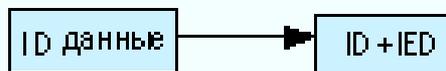
- Радиус зоны пуска программы на CD составляет 25 мм. Для увеличения емкости у DVD это значение снижено до 24 мм. Зона ввода (lead-in) начинается с радиуса 22,6 мм.
- Максимальный радиус зоны программы составляет 58 мм, за ним следует зона вывода (lead-out) шириной как минимум 0,5 мм.
- Для того чтобы гарантировать, что существует некоторая область записанной программы, минимальное значение внешнего радиуса информационной зоны установлено равным 35 мм.

2.3 Формат данных DVD

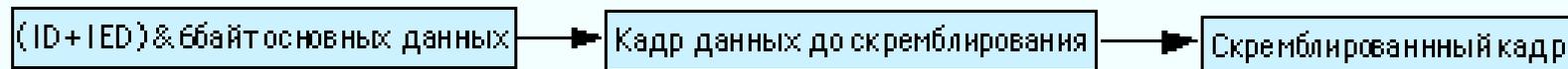
2.3.1 ID, IED и EDC

- На приведенном ниже рисунке показан процесс кодирования. Вначале два байта кода коррекции ошибок добавляются к четырехбайтному ID. Это делается для ускорения доступа, позволяя считывать ID с использованием только его кода коррекции ошибки, без необходимости вычисления и проверки кода, который в дальнейшем добавляется к целому блоку данных.

Добавление IED



Добавление IED

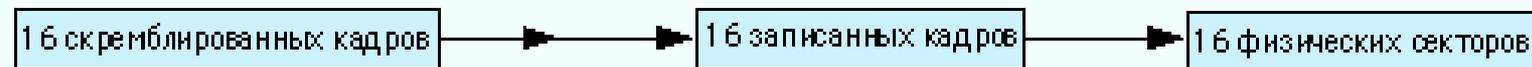


Скремблирование
основных данных

Кодирование
ECC

Перемежение
16 рядов PO

Модуляция 26 кадров
синхронизации на сектор



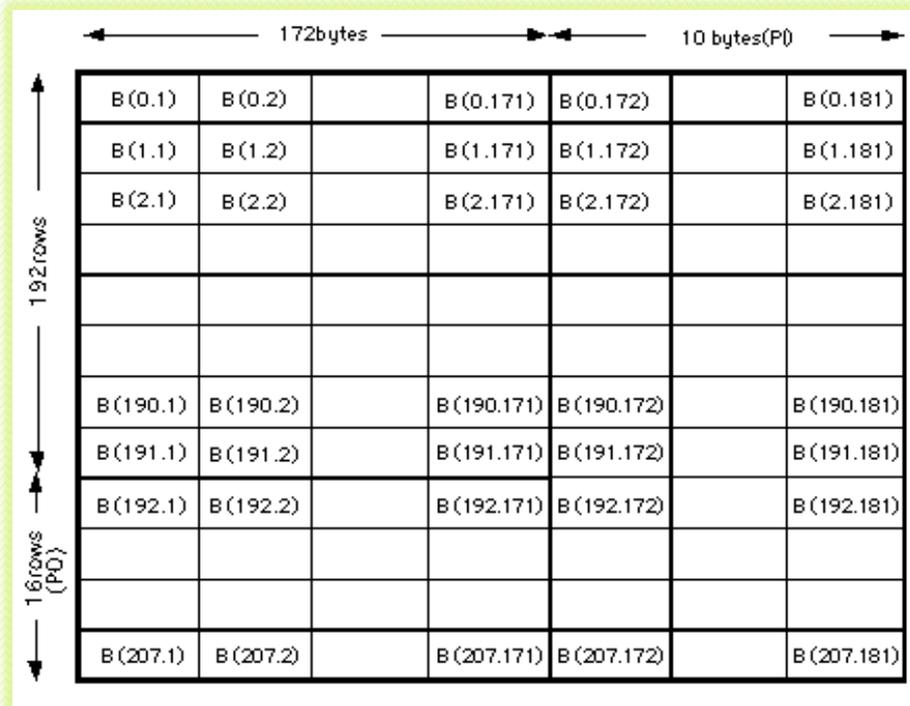
2.3.2 Скремблирование

- После добавления EDC данные скремблируются (проводится их перестановка) для того, чтобы рандомизировать их (расположить в случайном порядке). Это делается для предотвращения появления наводки от повторяющейся последовательности данных на соседней дорожке, и от повторения данных, ведущего к появлению значительной постоянной компоненты, что влияет на перевод данных в цифровую форму и на сервосистему.
- Данные, используемые в процессе скремблирования, не фиксированы, а состоят из 16 значений, получаемых из четырех битов ID, выбираемых способом, эффективным также и при записи.

- Начальное значение берется из четырех бит, начинающихся с пятого от конца бита ID, и обеспечивает идентичное скремблирование 16 секторов данных. Поэтому полный цикл скремблирования охватывает $16 \times 16 = 256$ секторов.
- К этому ID добавляются шесть байт управляющих данных, 2048 байт основных данных, и четырехбайтный код EDC. Этот код используется для проверки корректности выполнения скремблирования, и определения, выполнялась ли коррекция ошибок после того, как код коррекции был вычислен и проверен.

- Скремблирование и рандомизация данных особенно важны для дифференциально-фазового управления положением луча на дорожке, при котором корректный сигнал ошибки не может быть сформирован, если расположение впадин на соседних дорожках повторяется.
- На внутренних дорожках диска существует около 29 секторов на один оборот. Поскольку скремблирование с одинаковым кодом происходит только на 16 секторах, условие различия соседних дорожек выполняется.
- На внешних дорожках существует около 70 секторов на оборот, что меньше, чем протяженность полного цикла (256 секторов), так что и здесь это требование соблюдено.
- Условие будет соблюдаться и при увеличении плотности записи в 1,5 раза с использованием синего лазера. ЕСС-кодирование выполняется над 16 скремблированными секторами с использованием композиционных кодов.

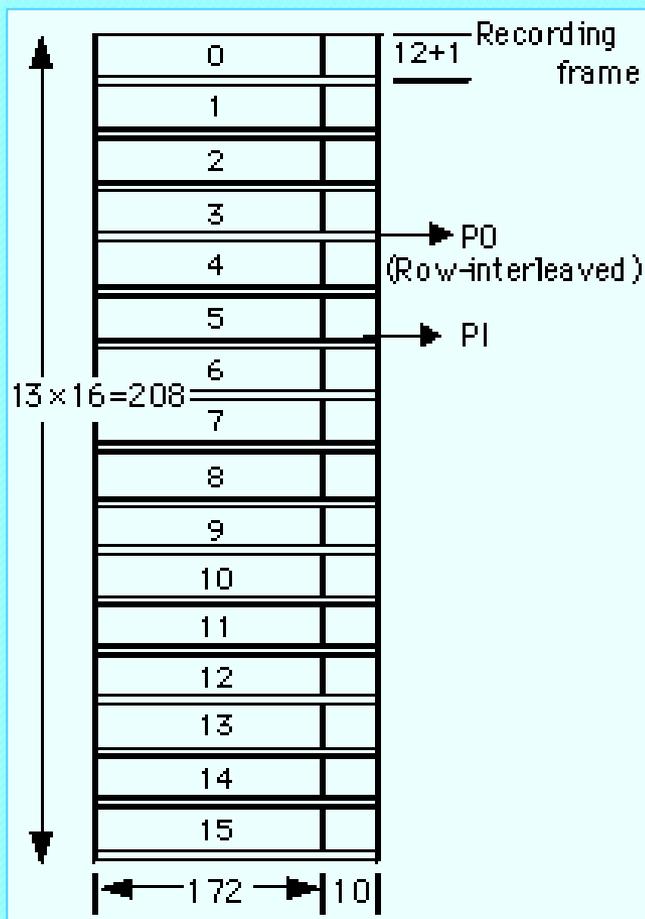
2.3.3 Блок кода коррекции ошибок (ЕСС) и перемежение



- На приведенном рисунке показана структура блока данных после включения кода коррекции ошибок (Error Correction Code, ЕСС), с 10 байтами проверочного кода Рида-Соломона (182, 172, 11), добавляемыми к каждой строке длиной 172 байта, и 16 байтами проверочного кода Рида-Соломона (208, 192, 17) добавляемыми к каждой колонке из 192 байт.

- После добавления ЕСС каждая из нижних 16 строк перемежается данными, так что получается 12 строк данных, за которыми следует одна строка кода проверки четности, как показано на рисунке справа. Этот блок, состоящий из 13 строк по 182 байта каждый, представляет собой один кадр записи до добавления сигналов модуляции и синхронизации.

2.3.4 Код синхронизации



- Каждая строка кадра записи делится на две равные части, и к каждой группе из 91 байта (91 x 16 канальных бит = 1456 бит) добавляется 32-битный код синхронизации (SYNC). Шаблон этого кода имеет вид
- AAA*****00010000000000000010001

- Завершающая часть этого поля представляет собой комбинацию 14Т и 4Т. Т_{max} в данных – это 11Т, так что добавление 3Т для получения 14Т в поле синхронизации SYNC означает, что даже если 11Т превратится в 12Т, а 14Т в 13Т вследствие сдвига фронта, все равно будет возможно различить их.
- После того, как 14Т становится фиксированным 4Т, вместе с предыдущим, имеющим зазор как минимум 4Т, он защищен от межсимвольных помех с 14Т.
- Фрагмент ААА может представлять собой 000, 001, или 100, в зависимости от взаимосвязи с предыдущим словом (определенным по условию и ограничению (d, k)).

- Семь обозначенных ********* бит используются в комбинации с тремя битами AAA для образования одного из 32 различных шаблонов, присвоения одного или двух различных кодов с различными фронтальными переходными числами для восьми типов SYNC-кодов от SY0 до SY7.
- Использование двух кодов с различными фронтальными переходными числами для каждого SYNC-кода позволяет применять управление с прогнозированием постоянных параметров.
- Управление постоянных параметров осуществляется посредством выбора одного из двух типов SYNC-кода, что дает меньшее значение DSV до точки, где выполняется следующее управляющее действие.

	32bits	1456bits	32bits	1456bits
↑ 13 ↓	SY 0	data	SY 5	data
	SY 1		SY 5	
	SY 2		SY 5	
	SY 3		SY 5	
	SY 4		SY 5	
	SY 1		SY 6	
	SY 2		SY 6	
	SY 3		SY 6	
	SY 4		SY 6	
	SY 1		SY 7	
	SY 2		SY 7	
	SY 3		SY 7	
	SY 4		SY 7	

- На рисунке показана комбинация SYNC-кодов для 13 строк в секторе. Каждый сектор начинается с SY₀, и каждую строку можно однозначно идентифицировать по последовательности циклически повторяющихся кодов SY₁–SY₄ и SY₅–SY₇. Коды коррекции ошибок формируются по 16 секторам. ID, следующий за SY₀ в начале блока, считывается и воспринимается как адрес, кратный 16. SY₀, или, другими словами, начало сектора, играет важную роль в декодировании данных.

- Поскольку отдельные строки однозначно идентифицируются в структуре сектора, существует возможность считать несколько строк, и из периодичности SYNC-кодов строк вычислить положение ближайшего SYO.
- Это позволяет интерполировать и считывать следующий ID, даже если по какой-то причине, код SYO невозможно считать.
- Важными особенностями такой структуры блоков сектора является наличие большого блока коррекции ошибок, и возможность определить положение заголовка сектора, даже если его невозможно считать.

- SYNC-коды определены таким образом, чтобы всего в 32 битах реализовать всю описанную функциональность: SYNC-последовательность длиной 14T, что на 3T больше T_{max} в области данных, управление постоянной составляющей, и идентификацию начала сектора.
- Частота синхронизации стандартного испытательного устройства привязана к тактовой частоте видеосистемы 27 МГц, и делится на (512 x 3) до 17,578125 кГц.

- Поскольку в один канальный такт укладывается длительность одного SYNC-кадра, или $(91 + 2) \times 16 = 1488$ бит, тактовая частота канала равна $27 \text{ МГц} \times 1488 / 512 / 3 = 26,15625 \text{ МГц}$. ID, добавляемый к каждому сектору, состоит из четырех байт.
- В трех младших байтах содержится номер сектора, в старшем – информация, необходимая устройству воспроизведения в реальном времени, а именно: формат сектора (ROM или RAM), метод отслеживания (по впадинам или по канавкам), отражательная способность (больше или меньше 40%), зона диска (входные, выходные, или данные, расположенные в середине), и информация о слое (слой 0, слой 1, другой).
- Информация о слое содержится в младших разрядах байта, то есть может рассматриваться, как старшие биты номера сектора.

2.3.5 Зона ввода, центральная зона, зона вывода

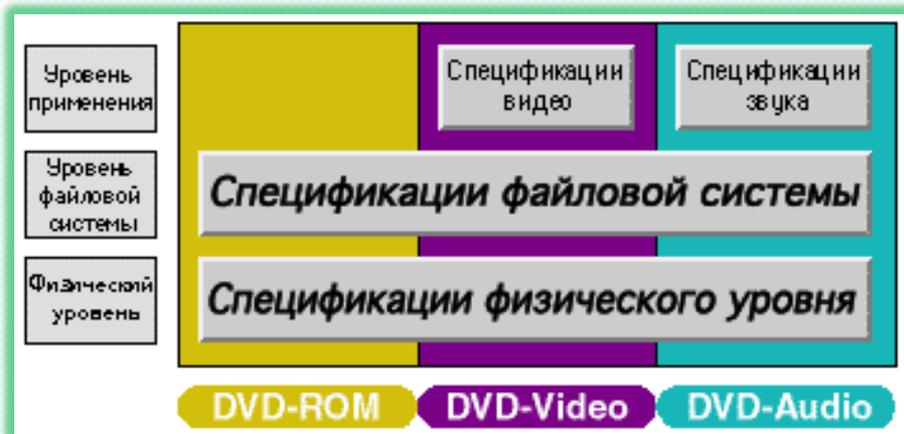
- Оглавление CD находится в зоне ввода, и содержит информацию, используемую для обеспечения доступа к данным на диске.
- В спецификации DVD, однако, принято, что вся информация о содержании хранится в файловой системе, то есть входит в состав самих данных.
- В зоне ввода (в средней ее части) содержится информация, необходимая только самому устройству воспроизведения, например, сведения о совместимости диска, и управляющая информация для проигрывателя.

- Также имеются области для информации изготовителя, и данные, относящиеся к защите от копирования.
- Эта информация называется управляющими данными и хранится на дорожках от 17,5 до 105, расположенных внутри области данных, начинающейся с радиуса 24 мм. Один блок управляющих данных – это блок кода коррекции ошибок (16 секторов), и он записан в 192 блоках, то есть повторяется 192 раза.

- Первый сектор управляющих данных содержит информацию о физическом формате, описывающую тип диска в соответствии со спецификацией, информацию о размере диска, максимальной скорости передачи данных с учетом потребностей портативных проигрывателей, числе слоев, способе отслеживания дорожки, о том, весь ли диск имеет ROM-формат, или только его часть, о линейной плотности записи, плотности дорожек, и о номерах начального и конечного секторов.
- В начальных 16 дорожках зоны управляющих данных хранится опорный код, используемый для калибровки эквалайзера, и имеющий длину два блока. Внутри него ROM-диски содержат также заполненную нулями область, простирающуюся внутрь до радиуса 22,6 мм.

3. Формат файлов диска только для чтения (ROM)

3.1 Структура логического формата DVD-ROM

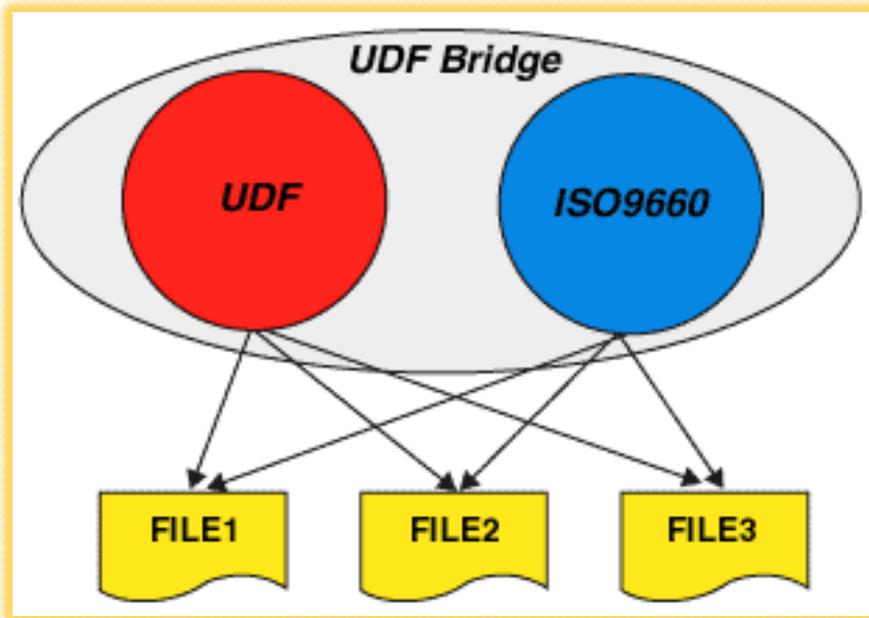


- Формат файлов семейства DVD-ROM является общим для компьютерных дисков, DVD-Video и DVD-Audio. Это позволяет одинаково работать с их содержимым и на автономных устройствах для массового потребителя, и на компьютерных системах.

Имеется, однако, несколько небольших ограничений на файловую систему DVD-Video и DVD-Audio.

Они введены для обеспечения возможности воспроизведения таких дисков на автономных устройствах с использованием простого программного обеспечения.

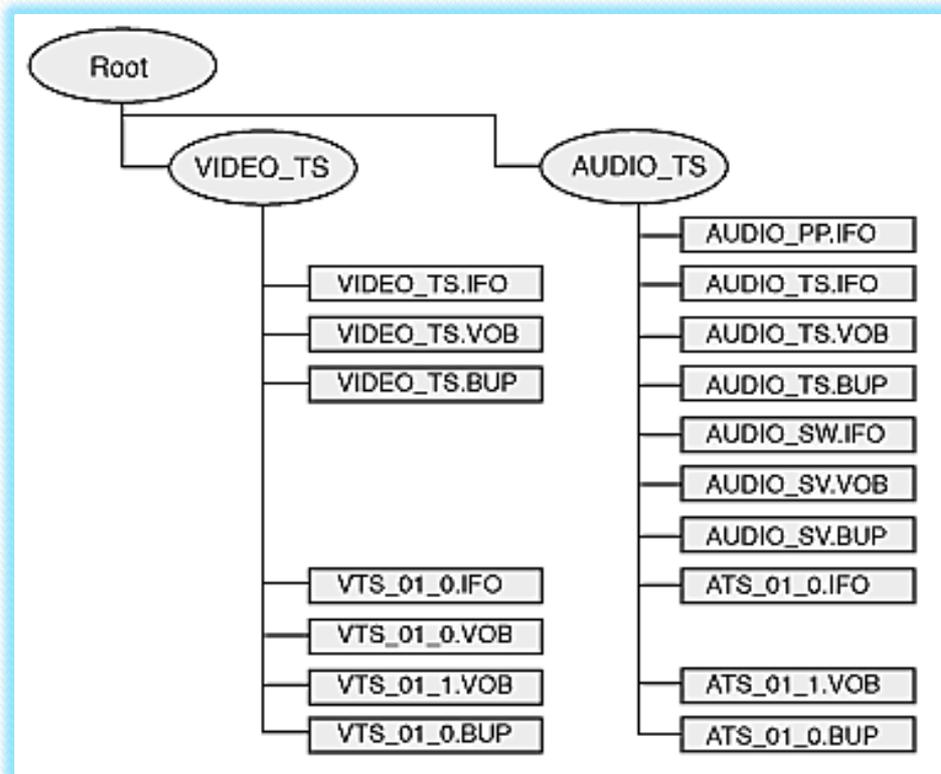
3.2 Обзор файловой системы DVD-ROM



- В DVD-ROM используется файловая система UDF (Универсальный формат диска), но для обеспечения совместимости с ранее разработанными системами доступ может осуществляться с использованием ISO-9660. Такая гибридная файловая система получила название «UDF Bridge» («Мост к UDF»).

Поскольку обе файловые системы могут обращаться к любому файлу, доступ к содержимому диска может осуществляться с использованием любой файловой системы.

3.3 Взаимосвязь с форматом применения



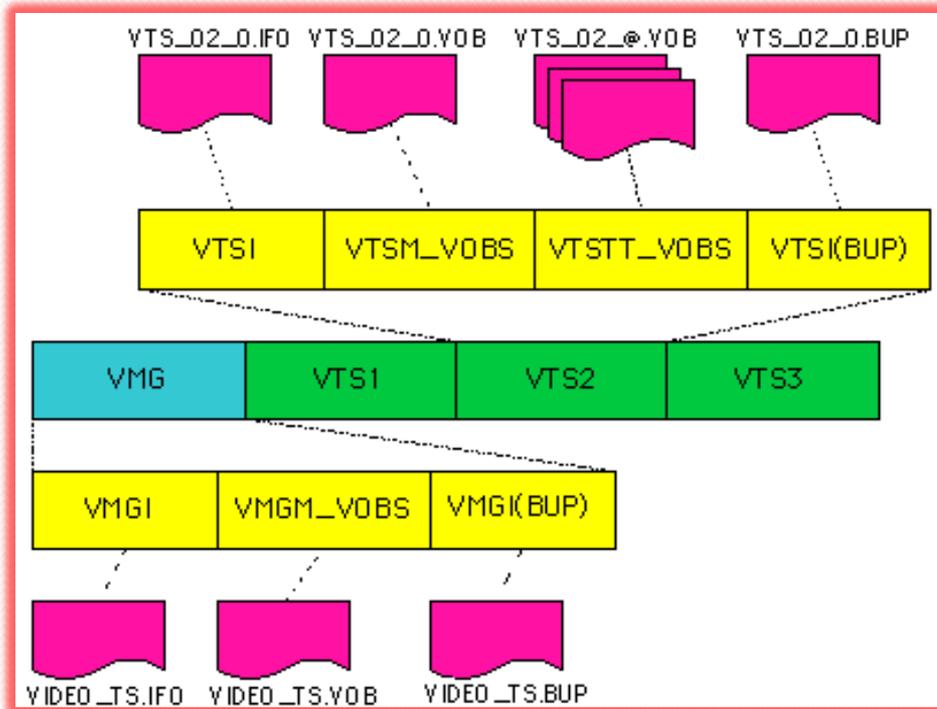
- Файлы, используемые для DVD-Video и DVD-Audio, размещаются соответственно в каталогах VIDEO_TS и AUDIO_TS. Файлы в этих каталогах имеют predetermined имена и расширения. В файлах с расширением .IFO содержится информация для программы, воспроизводящей содержимое диска. Для каждого IFO-файла всегда имеется резервная копия с тем же именем и расширением BUP. Собственно звук или видео содержатся в файлах с расширением VOB.

Глава 4. Видеоформат

4.1 Обзор видеоформата

- Диски формата DVD-Video содержат не только собственно видео- и аудиоданные, но и много другой информации, позволяющей реализовать мощные функции, присущие только этому формату: просмотр эпизода с разных точек, запрет просмотра детьми нежелательных сцен («родительская защита»), воспроизведение в произвольном порядке и т.п. Эта информация также обеспечивает поддержку специальных режимов воспроизведения, например, ускоренной прямой и обратной прокрутки. В этой главе мы будем называть содержащиеся на диске видео- и аудиоданные «презентационными данными», а дополнительную информацию «навигационными данными».

4.2 VMG и VTS



- Зона DVD-Video содержит все файлы, необходимые для воспроизведения DVD-Video, и построена из одного видеоменеджера (VMG, Video Manager), и нескольких наборов видеозаголовков (VTS, Video Title Sets). VMG состоит из информации видеоменеджера (VMGI, Video Manager Information), набора видеообъектов для меню VMG (VMGM_VOBS, Video Object Set for VMG Menu,) и резервной VMGI (BUP).
- VMGI содержит управляющую информацию для всей зоны DVD-Video, и состоит из одного файла с именем VIDEO_TS.IFO.

- В VMGM_VOBS, состоящем из одного файла с именем VIDEO_TS.VOB находится содержимое меню выбора заголовка.
- VMGI(BUP) представляет собой полную копию VMGI, и состоит из одного файла с именем VIDEO_TS.BUP.
- VMGM_VOB может отсутствовать, но наличие двух остальных типов информации обязательно.
- Каждый VTS состоит из информации о комплекте видеозаголовков (VTSI, Video Title Set Information), набора видеообъектов для меню VTS (VTSM_VOBS, Video Object Set for the VTS Menu), набора видеообъектов для заголовков в VTS (VTSTT_VOBS, Video Object Set for Titles in a VTS), и резервной VTSI(BUP).

- VTSI – это управляющая информация для VTS, содержащаяся в одном файле с именем VTS_##_о.IFO.
- В VTSM_VOBS находятся данные для всех типов меню из VTS, они содержатся в одном файле с именем VTS_##_о.VOB.
- В VTSTT_VOBS находятся данные, необходимые для воспроизведения видеопрограммы, этот набор состоит из нескольких файлов с именами VTS_##_@.VOB.
- VTSI(BUP) – полная копия VTSI, состоит из одного файла VTS_##_о.BUP. VTSM_VOBS может и не существовать, но наличие остальных трех типов данных обязательно. В именах файлов ## представляет собой двузначное число от 01 до 99, @ – число от 1 до 9.

4.3 Презентационные данные

- В соответствии со спецификацией потока программы MPEG-2 видео, звук и данные элементов субграфики из презентационных данных мультиплексируются с частью навигационных данных.
- Структура блока и пакета соответствует этой спецификации, каждый блок содержит 2048 байт.
- Скорость мультиплексирования (mux_rate) составляет 10,08 Мбит/с.

4.3.1 Видео

метод сжатия данных	MPEG2, MPEG1
скорость передачи данных	скорость передачи данных максимум 9,8 Мбит/с (MPEG-2) максимум 1,856 Мбит/с (MPEG-1)
размер GOP	максимум 36 полей
экранное представление	
телевизионные системы	525/60, 625/50
форматное соотношение	4:3, 16:9
режимы	с обрезкой части изображения («pan & scan»); с полями сверху и снизу («letterbox»)
пользовательские данные	субтитры

- Видеоданные существуют в виде одного потока данных, сжатого в соответствии с требованиями видеоформата MPEG-2. Для обеспечения высокого качества изображения поток поддерживает переменную скорость передачи данных с максимальным значением 9,8 Мбит/с.
- Формат DVD-Video совместим со стандартами NTSC и PAL, и поддерживает форматное соотношение 4:3 и 16:9. Для демонстрации видеопрограммы с форматным соотношением 4:3 на экране 16:9 создатель диска может выбрать режим «pan & scan» (обрезка части изображения) или «letterbox» (демонстрация всего изображения с черными полосами сверху и снизу).

4.3.2 Звук

	Линейная ИКМ	Dolby Digital*	MPEG Audio
Fs	48 кГц, 96 кГц	48 кГц	48 кГц
Qb	16 / 20 / 24 бит	Использует сжатие	Использует сжатие
Скорость передачи данных (в 1 потоке)	максимум 6,144 Мбит/с	максимум 448 кбит/с	максимум 912 кбит/с

Спецификацией DVD определены три формата звука: линейная импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), Dolby Digital, и MPEG audio. Каждая видеопрограмма может иметь до восьми видеопотоков, которые могут характеризоваться различными атрибутами, например, языком. Каждый поток состоит из нескольких каналов. Например, формат Dolby Digital поддерживает 5+1 канал.

Philips' provided three practical scenarios for audio.

Use	Channels	kbits/sec
Case 1: One mono language channel to be mixed with the Center multichannel set.		
Multichannel music & effects	5.1 or 7.1	384
Mono English dialogue	1	64
Mono French dialogue	1	64
Mono German dialogue	1	64
Case 2: One of the stereo lingual signals mixed with the L & R channel of the playback multichannel set.		
Multichannel music & effects	5.1 or 7.1	384
Mono English dialogue	2	128
Mono French dialogue	2	128
Mono German dialogue	2	128
Case 3: One to be selected for playback.		
Multichannel with English dialogue	5.1 or 7.1	384
Multichannel with French dialogue	5.1 or 7.1	384
Multichannel with German dialogue	5.1 or 7.1	384

Dolby AC-3 parameters

Sampling frequency	48 kHz
bitrate	64 kbits/sec to 448 kbits/sec per stream
Audio coding mode	1/0, 2/0, 3/0, 2/1, 2/2, 3/1, and 3/2 (acmod)
Characteristics	<ul style="list-style-type: none">• dialog normalization• dynamic range compression• downmixing (5.1 -> 2 channel) capability• Dolby Pro-Logic Encoding (5.1 -> 2 channel)• Karaoke mode (voice overlay)

MPEG Audio parameters

Sampling frequency	48 kHz
MPEG-1:	Layer II only Mono (32 to 192 kb/s) and Stereo (64 to 384 kb/s)
MPEG-2	<ul style="list-style-type: none">• main stream (same as MPEG-1)• extension stream (up to 528 kbit/sec)• sum of main and extension stream up to 912 kb/s• unmatrix mode excluded (always MPEG-1 compatible)

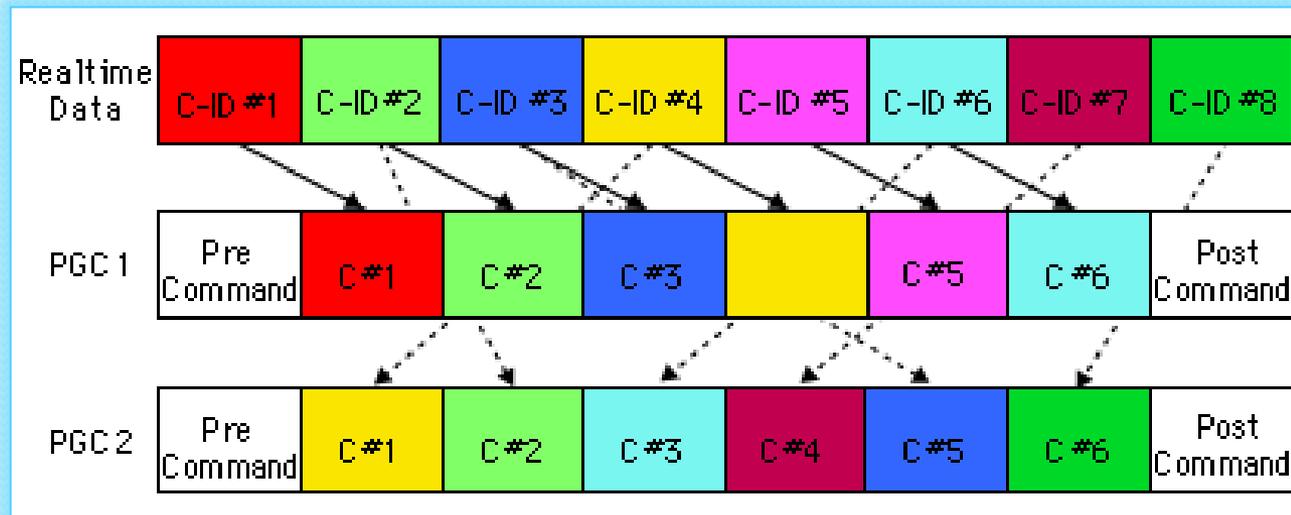
4.3.3 Элементы субграфики

формат данных в изображении	кодирование длин серий, два бита на пиксел
объем данных на одно изображение	не более 52 КБ
разрешение	720x480 (525/60) 720x576 (625/50)
цвета отображения	16 цветов (определяемых для программной последовательности)
управление отображением	изменение контраста и цвета пикселов; смена области отображения (перемещение); смена отображаемых данных (прокрутка); принудительное отображение

- Элементы субграфики – это особенность DVD, позволяющая задать какие-либо данные (например, субтитры, меню, тексты караоке), которые затем будут демонстрироваться в виде растровой картинке поверх основного видеосюжета.
- Данные сжаты с использованием кодирования длины повторения. Для каждой видеопрограммы может быть до 32 потоков элементов субграфики.

4.4 Навигационные данные

4.4.1 Ячейки и PGCs



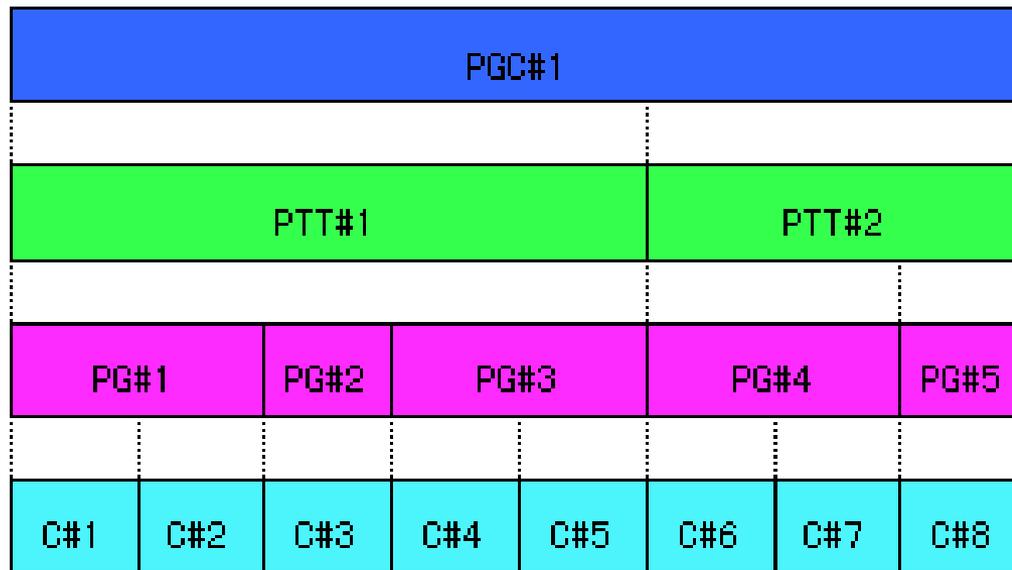
- Ячейка (cell) представляет собой элементарную единицу воспроизведения данных в реальном времени, и имеет свой постоянный идентификационный номер (ID).

- Программная последовательность (PGC, Program Chain) определяет порядок воспроизведения ячеек. Видеопрограмма состоит из одной или более связанных PGC.
- У обычного фильма, где одна видеопрограмма состоит из одной PGC, ячейки записаны на диск и воспроизводятся друг за другом, при этом порядковый номер ячейки и ее ID совпадают.
- Если на диске несколько видеопрограмм, каждая из которых определяется собственной PGC, то такого совпадения не будет.

- Спецификация DVD с ячейками и программными последовательностями по самой своей сути предназначена для воспроизведения данных в реальном времени в произвольном порядке.
- Таковую структуру можно использовать для реализации различных режимов воспроизведения, например, выбора уровня доступа к определенным сценам (родительская защита), выбор просмотра эпизода фильма с другой камеры, и просмотра фильма в другой редакции режиссера (story selection).

- В каждой PGC также может быть команда инициализации (pre-command), исполняемая перед воспроизведением первой ячейки, и команда завершения (post-command), которая выполняется после воспроизведения последней ячейки.
- Также PGC может содержать экранные кнопки или команды ячейки, которые исполняются при ее воспроизведении.
- С помощью этих команд и действий пользователя одна PGC может разветвляться на несколько, несколько PGC вести к одной и той же PGC, и т.п.
- Этим обеспечивается разнообразная интерактивность воспроизведения.

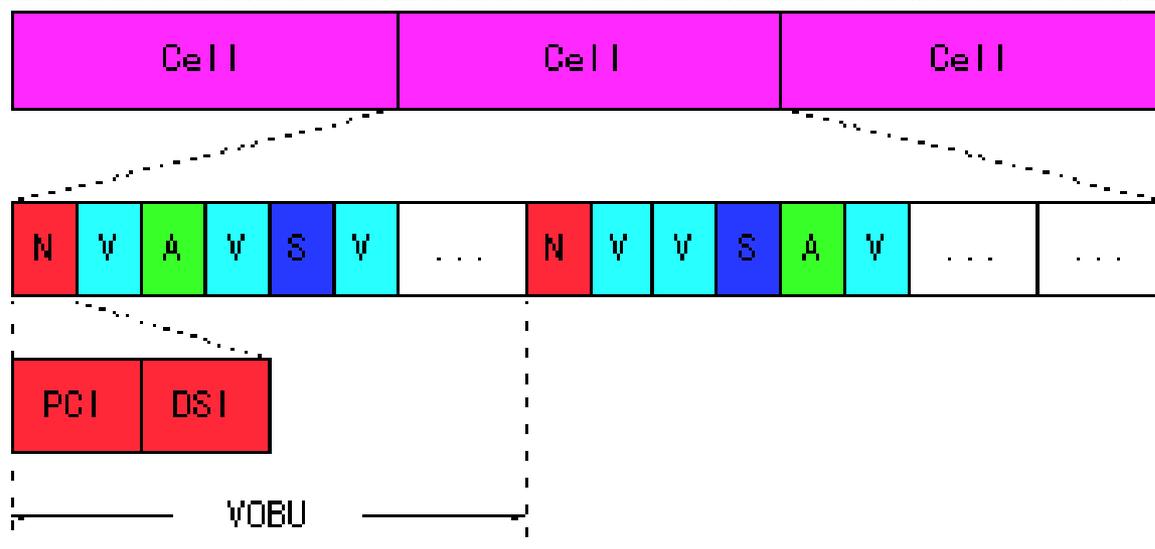
4.4.2 Программы и РТТ



- Серию из одной или нескольких ячеек с последовательно идущими номерами, относящихся к одной PGC, называется программой.

- Программы могут быть использованы как фрагменты для воспроизведения в произвольном порядке, также к ним можно организовать доступ через команды.
- Серия из одной или нескольких программ с последовательно идущими номерами в пределах одной PGC называется PTT.
- PTT соответствуют разделам видеопрограммы, и представляют собой единицы доступа на уровне пользователя.

4.4.3 PCI и DSI



- Ячейка состоит из одного или более видеообъектов (VOBU, Video Object Units). Каждый VOBU содержит данные для воспроизведения длительностью от 0,4 до 1 секунды.

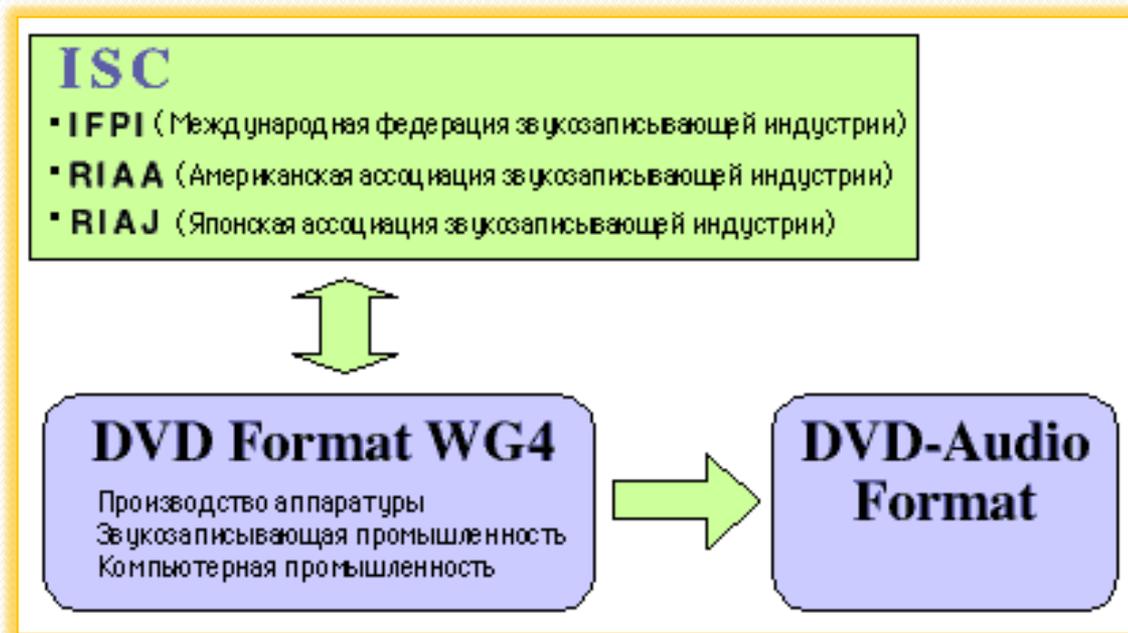
- VOBU начинается с навигационного блока (NV_PCK, Navigation Pack), за которым идут несколько групп изображений (GOP, Group Of Pictures) – структур, содержащих видео, звук, элементы субграфики и другие данные в пакетном представлении с разделением по времени.
- VOBU не обязан содержать каких-либо данных, кроме NV_PCK, и поэтому длительность содержимого VOBU может быть меньше, чем время воспроизведения самого VOBU.

- Число кадров в GOP не фиксировано, и если она заканчивается кодом окончания MPEG-последовательности, то воспроизведение будет остановлено на последнем кадре GOP.
- Это дает возможность включения неподвижных изображений произвольной длины в любое место видеопрограммы вместе со звуковым сопровождением.
- NV_PCK состоит из двух пакетов, называемых управляющей информацией презентации (PCI, Presentation Control Information), и информацией для поиска данных (DSI, Data Search Information).

- Чтобы DVD-проигрыватели могли обеспечить непрерывность воспроизведения, а также воспроизводить данные с переменным коэффициентом сжатия, между считывающим устройством и декодером находится значительный объем памяти – буфер дорожки.
- В результате возникает задержка по времени между считыванием сигнала и декодированием и воспроизведением видео- и аудиоданных.
- Поэтому управляющая информация в реальном времени делится и хранится в PCI и DSI пакетах, и проигрыватель проверяет и использует эту информацию до и после того, как ячейка пройдет через буфер дорожки.

Глава 5. Звуковой формат DVD

5.1 Введение



- В феврале 1999 года Форум DVD официально одобрил выход DVD-Audio версии 1.0 как звукового формата нового поколения.

- Это стало итогом трех лет работы четвертой рабочей группы Форума DVD, состоявшей из большого числа представителей электронной промышленности, музыкального и компьютерного бизнеса, а также ISC (International Steering Committee, Международного руководящего комитета), состоящего из представителей мировой музыкальной индустрии IFPI, RIAA, и RIAJ).

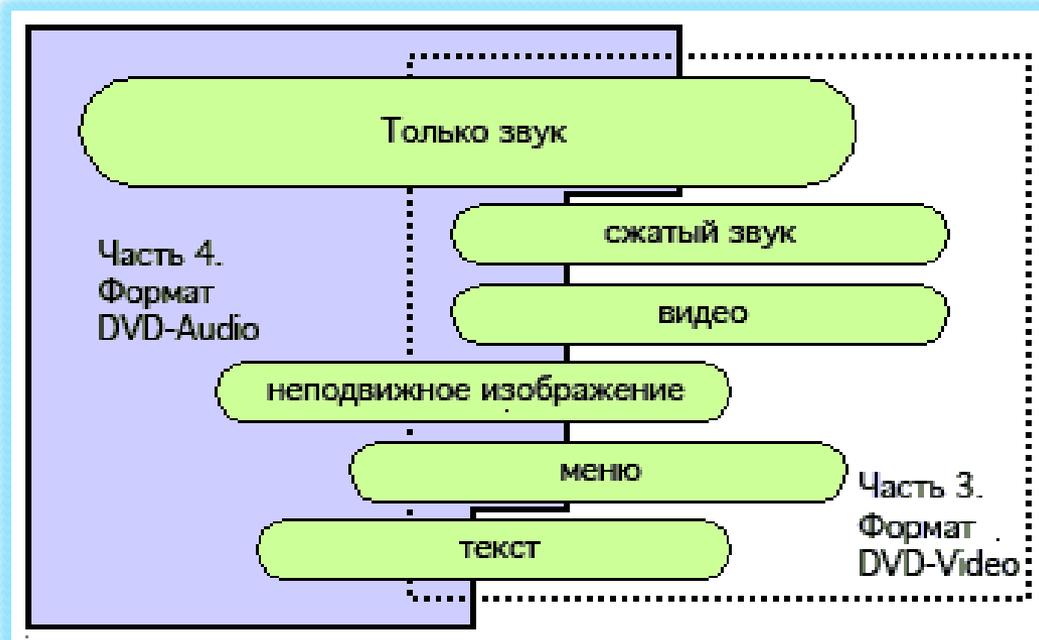
5.2 Обзор спецификации DVD-Audio

- Аудио сигнал записывается в формате PCM (ИКМ - импульсно-кодовая модуляция).
- Частота дискретизации может быть от 44 до 96 кГц (для стерео - до 192 кГц), разрядность данных от 16 до 24 бит. Воспроизводимый частотный диапазон - от 5 до 48000 Гц (до 96000 Гц для стереосигнала), динамический диапазон - до 144 dB.
- Объём данных - 4.7 Гб для однослойного диска.
- Использованием алгоритм сжатия звука без потерь MLP(5) (Meridian Lossless Packing), обеспечивающий примерно двукратное сжатие аудио данных.

- Совместимость с форматом DVD-Video.
- Много новых возможностей
 - неподвижные изображения,
 - видео (подмножество формата DVD-Video),
 - общий текст, текст в реальном времени.
- Способ доступа, пригодный для аудиосистем-
вложенные единицы доступа, привычные по
обычным альбомам записей: альбом (диск), группа
(группа произведений), дорожка (песня), индекс
(ячейка);
 - развитие базовой концепции DVD-Video
 - доступ с помощью таблицы содержания для
двухканального стерео

	16-, 20- или 24-битное квантование					
	44,1 кГц	48 кГц	88,2 кГц	96 кГц	176,4 кГц	192 кГц
Моно (1.0)	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Стерео (2.0)	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Стерео (2.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Стерео + канал окружения (3.0 или 3.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Квадрофония(4.0 или 4.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
3-Стерео (3.0 или 3.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
3-Стерео + канал окружения (4.0 или 4.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
Объёмный звук (5.0 или 5.1)	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет

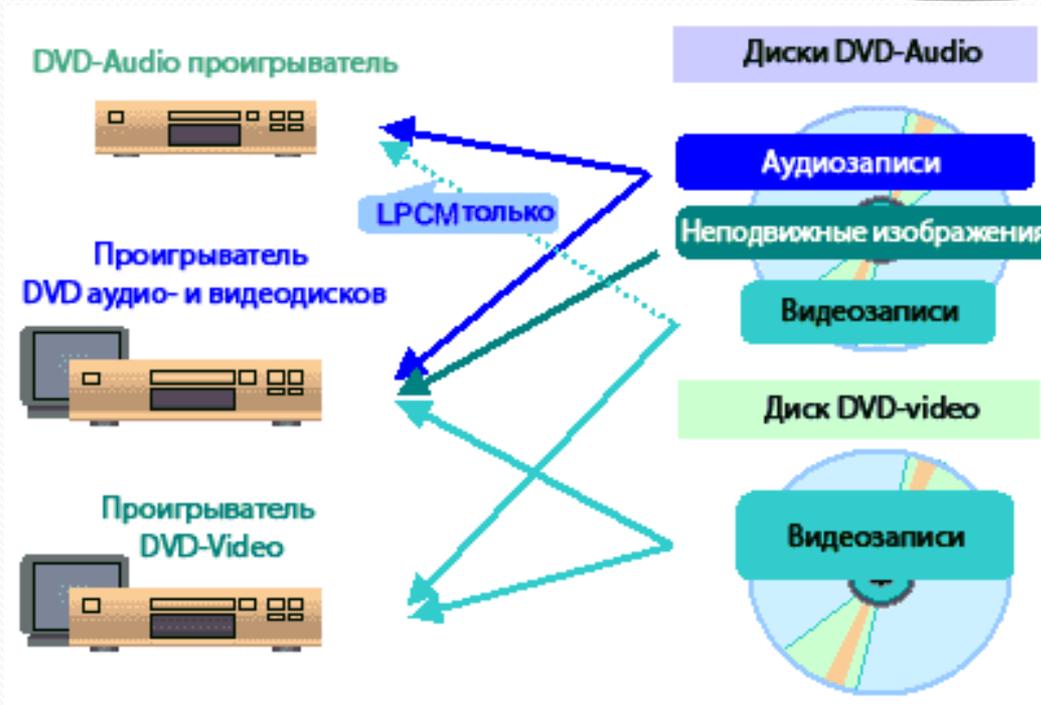
5.2.1 Форматы DVD-Audio и DVD-Video



- Спецификация DVD-Audio была вторым форматом применений для ROM в семействе DVD.

- При формулировании принципов, положенных в основу разработки, вместе с задачей создания нового поколения аудиодисков наивысшим приоритетом обладало обеспечение совместимости со спецификацией DVD-Video.
- С этой целью физический формат и формат файлов были сделаны одинаковыми с DVD-Video, но это не все: в задачу спецификации DVD-Audio также входила общность с DVD-Video с точки зрения формата применений.

- В спецификации для аудиоданных – основных данных, воспроизводимых в DVD-Audio, – есть разделы, соответствующие требованиям спецификации DVD-Video, разделы, представляющие собой развитие этой спецификации, и разделы, созданные специально для DVD-Audio.
- Спецификации для сжатых аудио- и видеоданных представляют собой подмножество DVD-Video и соответствуют ее требованиям, но для полной совместимости данных введены некоторые дополнительные ограничения.
- Отдельные разделы спецификации (для неподвижных изображений, меню, и текстовых данных) повторяют спецификацию DVD-Video, но большинство разделов создано заново специально для аудиодисков.



- С появлением спецификации DVD-Audio предполагалось, что на рынке произойдет слияние проигрывателей DVD-Video с чисто звуковыми проигрывателями, целью которых является звук наивысшего качества; появятся комбинированные проигрыватели, воспроизводящие диски, как DVD-Audio, так и DVD-Video.

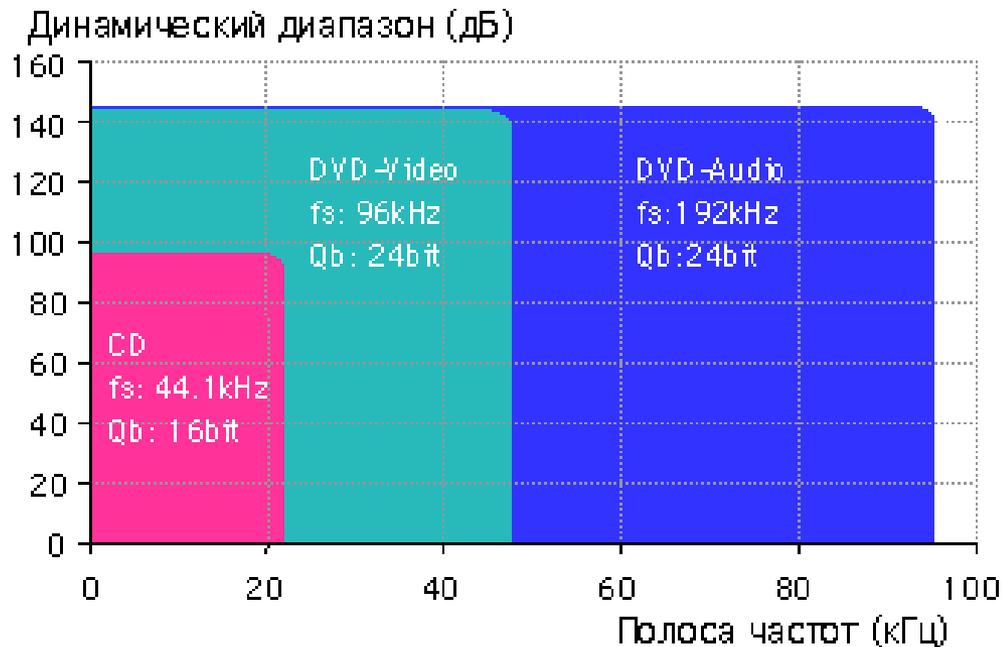
- Спецификация DVD-Audio позволяет записывать на диск не только звук, но и сопровождать его видеофрагментами или неподвижными изображениями, демонстрируемыми во время прослушивания.
- Аудиосодержание таких дисков можно прослушивать отдельно на чисто звуковом проигрывателе, а видеосодержание просматривать на проигрывателях DVD-Video более ранней разработки.

5.3 Параметры звуковых данных

Основные свойства

- Масштабируемая многоканальность
- Преобразование многоканального звука в двухканальный различными способами
- Возможность битового сдвига
- Выбор звукового произведения
- Атрибуты, устанавливаемые для отдельной дорожки (песни)

5.3.1 Hi-Fi стереозвук



- Для кодирования основного звукового содержания дисков была выбрана линейная импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).
- Полоса частот 96 кГц и динамический диапазон 144 дБ.

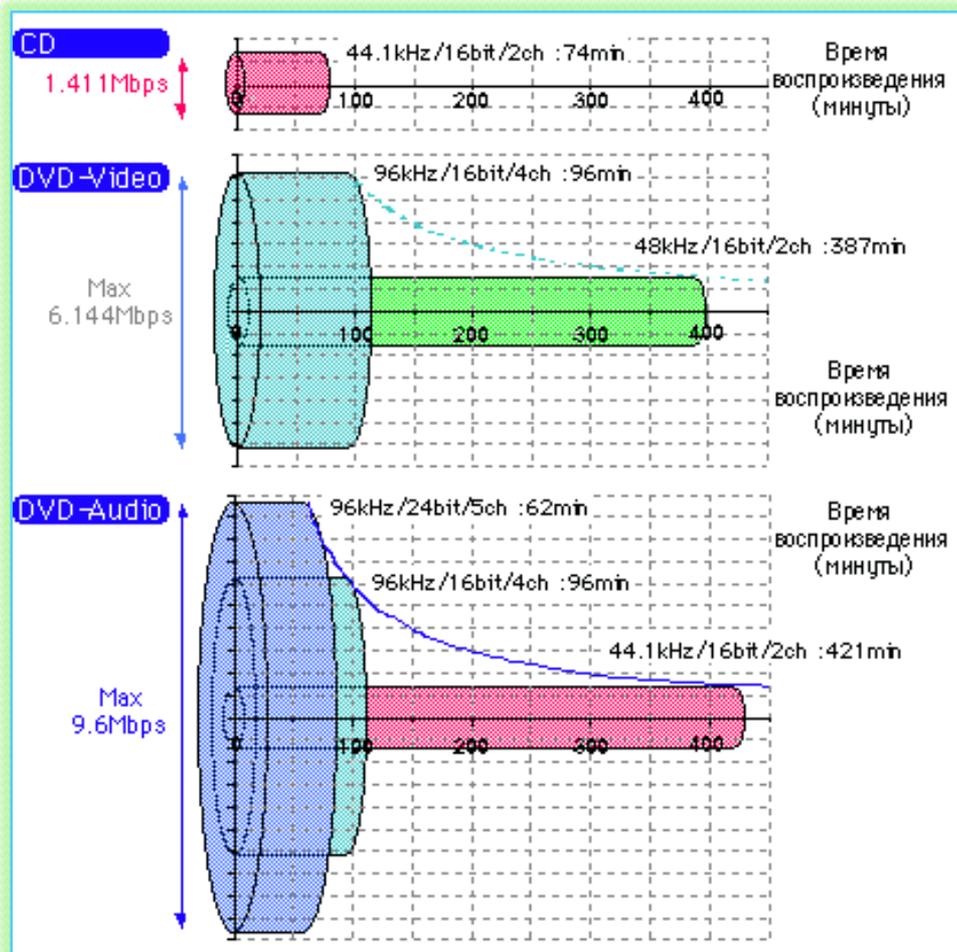
5.3.2 Звуковые параметры

	Аудиообъекты	Видеообъекты
Способы кодирования (обязательные)	- линейная ИКМ (с возможностью масштабирования) - ИКМ со сжатием (кодирование без потерь)	-линейная ИКМ -Dolby AC3
Способы кодирования (необязательные)	нет	-MPEG Audio -DTS -SDDS
Характеристики кодирования		
Частота дискретизации fs	48/96/192 кГц 44.1/88.2/176,4 кГц	48/96 кГц
Разрядность дискретизации	16/20/24 бит	16/20/24 бит
Максимальное количество каналов	6 (fs: 48/96/44.1/88,2 кГц) или 2 (fs: 192/176,4 кГц)	8 (2 для стерео + 6 для многоканальности)
Максимальная скорость передачи данных	9,6 Мбит/с (линейная ИКМ / ИКМ со сжатием)	6,144 Мбит/с (линейная ИКМ)
Частота смены кадров	1200 Гц (fs: 48/96/192 кГц) 1102,5 Гц (fs: 44,1/88,2/176,4 кГц)	600 Гц (fs: 48/96 кГц)

- Аудиоданные в DVD-Audio комбинируются с заголовком и управляющей информацией, образуя пакеты, которые затем объединяются в 2048-байтные блоки.
- Блоки мультиплексируются и формируют объекты, записываемые на диск.
- В DVD-Audio имеется два типа объектов. Аудиообъекты (АОВ, Audio Objects) предназначены для основного звукового содержания, а видеообъекты (VOB, Video Objects) – для изображений и видео.
- Методы кодирования для этих объектов различаются: в VOB он идентичен спецификации DVD-Video для обеспечения совместимости с этим форматом, а в АОВ для более высокого качества звука используются линейная ИКМ (с возможностью масштабирования) и ИКМ со сжатием.

- Частоты дискретизации, кратные 44,1 кГц, позволяют перенести на новый формат уже записанные произведения без ухудшения качества и без дополнительной обработки.
- Частоты 196 кГц и 176,4 кГц добавлены для удовлетворения требований о сверхширокой частотной полосе для нового поколения аудиодисков.
- Для обеспечения такой полосы, а также для поддержки многоканального звука скорость передачи данных была увеличена до 9,6 Мбит/с.
- Чтобы обеспечить возможность 6-канальной записи с дискретизацией 96 кГц и 24 бит (13,824 Мбит/с), и длительность записи более 74 минут, в спецификацию включено сжатие без потерь (ИКМ со сжатием).

5.3.3 Скорость передачи данных и время записи

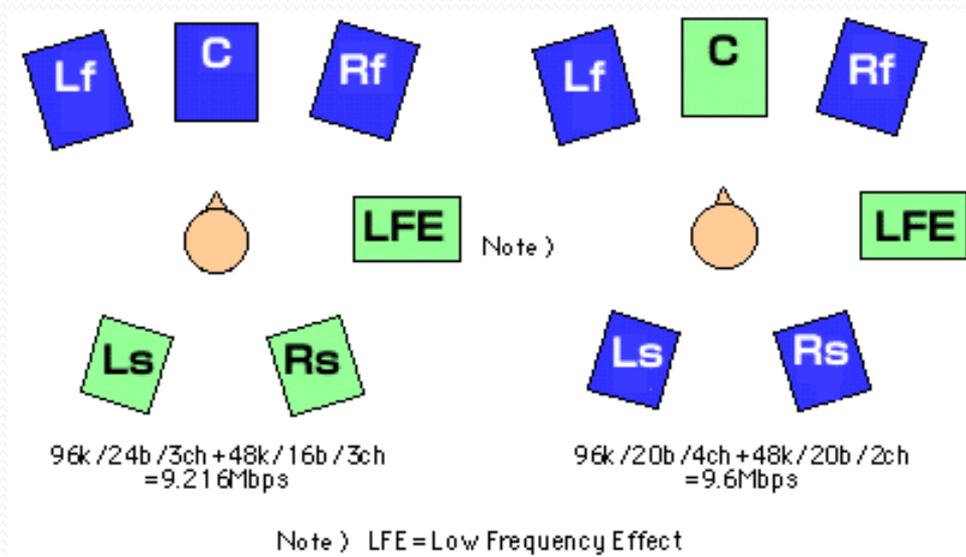


- Формат DVD-Audio также позволяет записать более 400 минут звука с качеством обычного CD.
- Использование сжатия без потерь увеличивает длительность записи и эффективную скорость передачи данных (до максимального значения 13,842 Мбит/с до сжатия).

5.3.4 Масштабируемая многоканальность

- Одним существенным преимуществом кодирования с помощью линейной ИКМ, используемого в формате DVD-Audio, является масштабируемость.
- Даже в реальной многоканальной записи сигнал тыловых каналов, состоящий в основном из эхо, как правило, имеет значительно более низкий уровень, чем сигнал передних каналов, и ему требуется меньшая частотная полоса.
- В таких случаях существует возможность повышения эффективности посредством уменьшения частоты и разрядности дискретизации.

- Масштабируемость – это возможность объединения каналов в несколько групп в соответствии с различными параметрами исходных данных, и установки оптимальной частоты и разрядности дискретизации для каждой группы каналов.



- Группа каналов – это просто несколько каналов, в которых кодирование выполнено с одинаковой частотой и разрядностью дискретизации.
- Например, три передних канала могут быть кодированы на 96 кГц, 24 бит, а два задних и канал низкочастотного эффекта (LFE, Low Frequency Effect) – на 48 кГц и 16 бит. Другой возможный вариант – 96 кГц, 20 бит для правого и левого передних каналов и задних каналов, и 48 кГц, 20 бит для переднего центрального и низкочастотного каналов.

Спецификацией DVD-Audio установлены следующие ограничения на масштабируемость:

- Может существовать не более двух групп каналов;
- При масштабировании нельзя использовать частоты дискретизации 192 кГц и 176,4 кГц;
- Частоты дискретизации должны иметь общие множители.
- Частота и разрядность дискретизации для группы 2 не должны быть больше соответствующих параметров группы 1.

Звуковые параметры для групп каналов

	Группа каналов 1	Группа каналов 2
Число каналов	Максимум 6 каналов	
моно	1	0
стерео, многоканальность	2~4 (примечание 1)	0~4
Частота дискретизации	48 кГц	48 кГц
	96 кГц	96 кГц или 48 кГц
	192 кГц (примечание 2)	Не может использоваться
	44.1 кГц	44.1 кГц
	88.2 кГц	88.2 кГц или 44.1 кГц
	176.4 кГц (примечание 2)	Не может использоваться
Фаза дискретизации	дискретизация должна быть синхронной во всех каналах (примечание 3)	
Разрешение	16 бит	16 бит
	20 бит	20 бит, 16 бит
	24 бит	24 бит, 20 бит, 16 бит
Скорость передачи данных	В целом не более 9.6 Мбит/с	

- Примечание 1: должна включать левый и правый передние каналы
- Примечание 2: только группа 1, не более двух каналов
- Примечание 3: если частота дискретизации в группах различается, частота выборки должна быть синхронизирована по каналу с меньшей частотой
- Для источников аудиосигнала с линейной ИКМ.
 - Максимум две группы (9.6 Мбит/с)
 - Частота и разрядность дискретизации группы 1 больше или равны соответствующим параметрам группы 2
 - Настройки могут быть своими для каждой дорожки (песни)

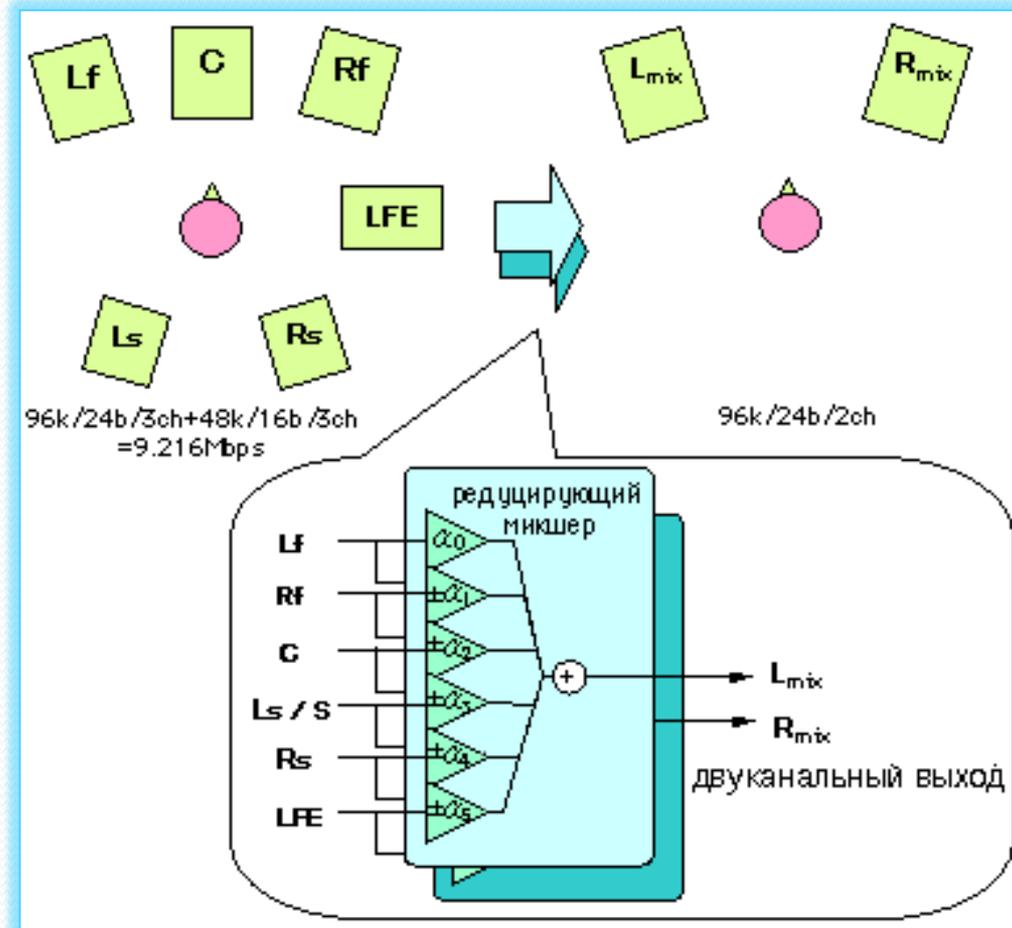
- 
- Существует 21 допустимое распределение каналов по группам, с учетом взаимосвязи между каналами, группами и размещением громкоговорителей.
 - При наличии трех и более каналов они должны быть разбиты на две группы, даже если их частота и разрядность дискретизации одинаковы.

Стратегии масштабирования

	ch0	ch1	ch2	ch3	ch4	ch6
Акцент на левый и правый каналы	1	C				
	2	L	R			
	3	L	R	S		
	4	L	R	Ls	Rs	
	5	L	R	Lfe		
	6	L	R	Lfe	S	
	7	L	R	Lfe	Ls	Rs
	8	L	R	C		
	9	L	R	C	S	
	10	L	R	C	Ls	Rs
	11	L	R	C	Lfe	
	12	L	R	C	Lfe	S
	13	L	R	C	Lfe	Ls
Акцент на левый, правый и центральный каналы	14	L	R	C	S	
	15	L	R	C	Ls	Rs
	16	L	R	C	Lfe	
	17	L	R	C	Lfe	S
	18	L	R	C	Lfe	Ls
Акцент на углы	19	L	R	Ls	Rs	Lfe
	20	L	R	Ls	Rs	C
	21	L	R	Ls	Rs	C
Note: S = Surround		Group1			Group2	

5.3.5 Редуцирующее микширование

- В дополнение к воспроизведению обычного стерео, DVD-Audio также поддерживает многоканальный звук.
- DVD-Audio разработана так, что обеспечивает эффективную поддержку как многоканального, так и двухканального стереофонического звука, и дает, тем самым, возможность различными способами воспроизводить многоканальный звук на двухканальном оборудовании.



- Один из этих способов называется редуцирующим микшированием (downmixing).

- На диске с многоканальным звуком может быть записан закон преобразования сигнала отдельных каналов в сигналы левого и правого каналов (L_{mix} and R_{mix}) для стереофонического воспроизведения.

- При проигрывании такого диска проигрыватель выполняет редукцию в соответствии с формулами:

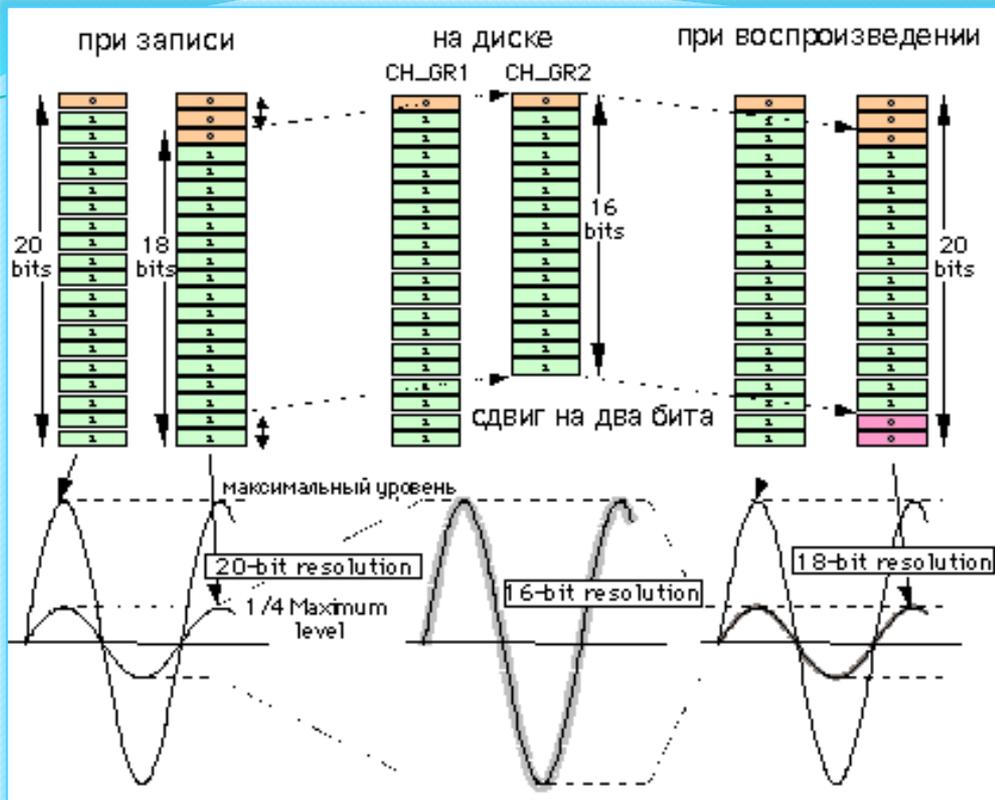
$$L_{mix} = a_0L_f \pm a_1R_f \pm a_2C \pm a_3L_s \pm a_4R_s \pm a_5LFE$$
$$R_{mix} = b_0L_f \pm b_1R_f \pm b_2C \pm b_3L_s \pm b_4R_s \pm b_5LFE$$

Знак \pm определяет фазу ($\pm 180^\circ$)

- Коэффициенты редуцирующего микширования **a** и **b** могут быть установлены в АОВ только для данных, кодированных с использованием линейной ИКМ, их значения для каждой дорожки могут быть различными. Коэффициенты можно подстраивать очень тонко, минимальный шаг составляет 0,2 дБ.

5.3.6 БИТОВЫЙ СДВИГ

- Когда разрядность преобразования в группах каналов многоканального аудиопотока различна, проигрыватель принимает максимальные значения сигналов обоих каналов за один и тот же уровень.
- В результате при воспроизведении в каналах с меньшей разрядностью относительная величина шума квантования будет больше, и окажет большее влияние на полный динамический диапазон.
- Для его уменьшения в спецификации DVD-Audio предусмотрен метод, называемый **БИТОВЫМ СДВИГОМ**.



Например, если максимальный уровень сигнала для группы каналов 2 менее -12 дБ, то три старших бита всегда будут иметь то же значение, что и старший значащий.

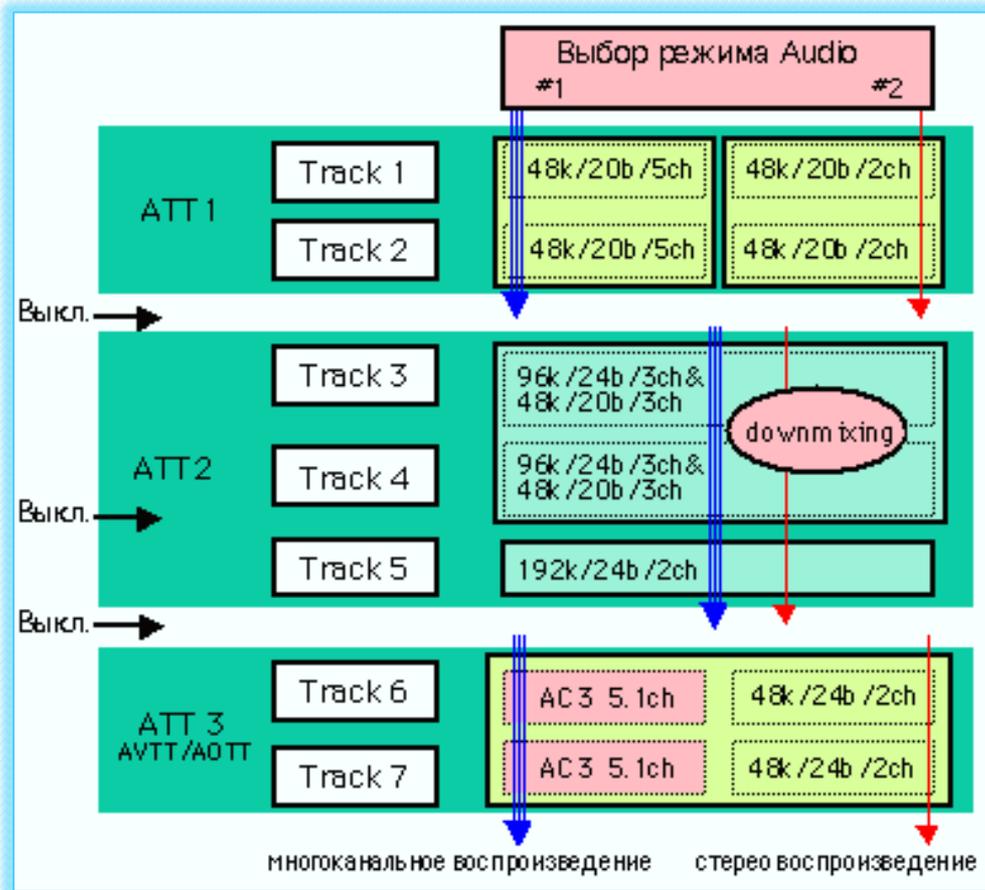
- Это означает, что сигнал можно сдвинуть вверх на два разряда, что позволит с 18 бит данных иметь оригинальные 20 бит точности.
- После сдвига сигналов группы 2 вверх данные группы каналов 1 записываются на диск с разрядностью 20 бит на отсчет, а четыре младших бита сигналов группы каналов 2 отсекаются, и сигналы записываются с разрядностью 16 бит.
- При этом на диск записывается также информация о том, что в группе каналов 2 присутствует двухбитовый сдвиг.

- Во время воспроизведения сигналы группы каналов 2 будут сдвинуты вниз на 2 бита, то есть старший значащий бит 16-разрядных данных наращивается добавлением двух битов высшего порядка с тем же весом, что и у него.
- При этом два нулевых бита добавляются с младшей стороны отсчета, образуя 20-битный отсчет для воспроизведения.
- Это позволяет сохранить точность 18-разрядного отсчета, увеличивая тем самым динамический диапазон на 12 дБ по сравнению с тем, который получился бы при простом усечении сигналов группы 2 до 16 бит, и уменьшая общий уровень шума.
- Такой битовый сдвиг выполняется для увеличения эффективности использования разрядности отсчета и расширения динамического диапазона многоканального звука.

- Он применяется только к сигналам группы каналов 2 с кодированием линейной ИКМ, и неприменим при использовании ИКМ со сжатием.
- Может использоваться сдвиг от одного до четырех бит, величина сдвига может задаваться для каждой дорожки отдельно.
- Битовый сдвиг нельзя использовать, если в обеих группах каналов разрядность дискретизации одинакова.
- В сочетании с масштабируемостью, битовый сдвиг обеспечивает эффективную передачу данных при сохранении максимального разрешения для сигналов группы каналов 2.

5.3.7 Выбор аудио режима

- В спецификации DVD-Audio определена функция выбора режима воспроизведения звука (Audio Selection), которая позволяет на одну дорожку записывать данные в двух различных аудиоформатах.
- Пользователь вначале устанавливает свойства своей системы в соответствии с ее возможностями, а проигрыватель затем сможет выбрать подходящий для воспроизведения формат. Пользователь также может выбрать желаемый формат во время воспроизведения.



Пример выбора режима аудио воспроизведения

Примечания:

AVTT = Audio Video Title
(аудиопрограмма, записанная в видеоформате)

AOTT = Audio Only Title
(аудиопрограмма, записанная в аудиоформате; линейная ИКМ, ИКМ со сжатием)

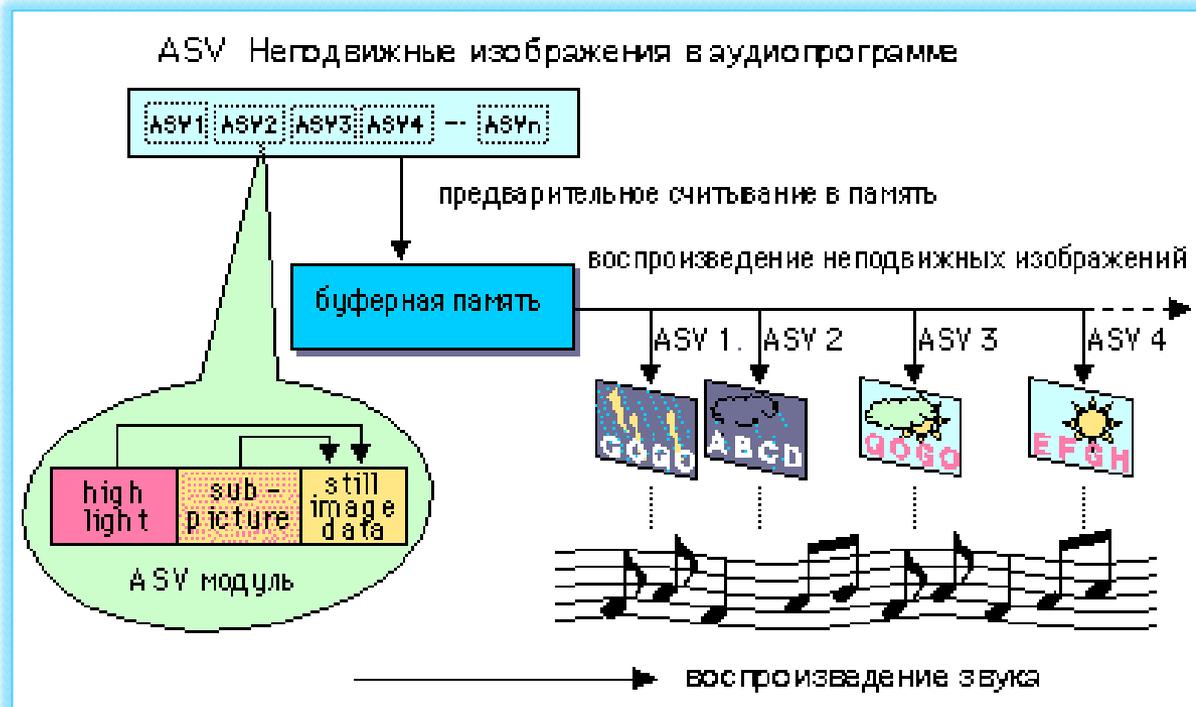
- 
- Выбор режима воспроизведения применим к следующим комбинациям двух типов данных (объектов и потоков). Комбинация различного количества каналов (стерео, многоканальность);
 - Комбинация различных способов кодирования;
 - Комбинация различного количества каналов и способов кодирования.

5.4 Дополнительная информация

- Спецификация DVD-Audio позволяет воспроизводить звук в множестве различных форматов, от Super Hi-Fi stereo до многоканального звука (5+1 канал), который обеспечивает впечатление реального концертного зала, но это не все.
- В DVD-Audio также определены различные типы дополнительной информации, переводящие мир звукозаписи на новый уровень, что, в самом деле, делает эту спецификацию «аудиодиском нового поколения».
- В DVD-Audio определены три основных типа дополнительной информации:
 - 1) неподвижные изображения
 - 2) видео и
 - 3) текст.

5.4.1 Неподвижные изображения

- Неподвижные изображения (в том смысле, в каком этот термин используется в DVD-Audio) – это функция, обеспечивающая запись изображений на диск формата DVD-Audio, и последующий их показ на дисплее какого-либо типа во время воспроизведения звука в соответствии с управляющей информацией, содержащейся в навигационных данных.



При воспроизведении аудиопрограммы, в которую входят неподвижные изображения, в первую очередь считывается с диска и сохраняется в буферной памяти содержащая их структура данных ASVU (Audio Still Video Unit), после чего начинается воспроизведение звука.

- Пока воспроизводится звук из зоны действия ASVU (части содержимого диска, охватываемой одной ASVU в буфере), система гарантирует непрерывность воспроизведения. Иными словами, нет необходимости прерывать звук для считывания изображения с диска.
- Спецификация устанавливает несколько различных режимов воспроизведения, расширяющих возможности использования неподвижных изображений.
- Для наиболее эффектного представления содержания диска его создатель может задать (1) способ смены изображения, (2) установить порядок показа, (3) использовать различные визуальные эффекты.

(1) Способ смены изображений

- а. Режим слайд-шоу (изображения демонстрируются во время воспроизведения звука одно за другим с интервалом, определенным при создании диска);
- б. Режим, управляемый пользователем (демонстрация изображений не связана с воспроизведением звука, продолжительностью показа управляет пользователь)

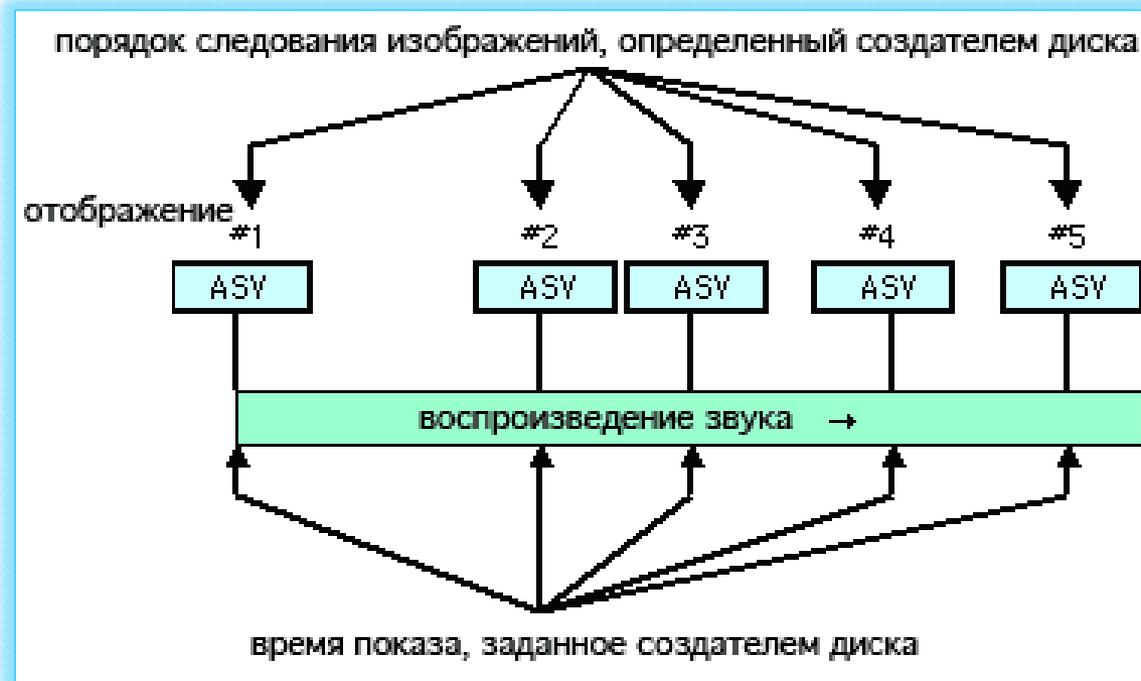
(2) Порядок показа изображений

- а. Последовательный режим (изображения демонстрируются друг за другом в порядке, определенном при создании диска);
- б. Случайный режим (изображения демонстрируются в случайном порядке)

(3) Необязательные визуальные эффекты при смене изображений

- а. «врезка»
- б. «проявление/угасание»
- с. «растворение»
- д. «стирание»

5.4.1.1 Последовательное слайд-шоу



Показан режим последовательного слайд-шоу, представляющего собой комбинацию режима слайд-шоу и последовательного режима. В этом режиме изображения демонстрируются последовательно с точным соответствием воспроизводимому звуку (соответствие определяется при создании диска).

5.5 Видеоинформация

Подмножество формата DVD-Video

Параметры видео

- MPEG-1, MPEG-2
- 525/60 (NTSC), 625/50 (PAL, SECAM): один и тот же формат для всего диска
- 16:9 / 4:3
- Режимы отображения с обрезкой масштаба изображения («pan & scan»), с полосами сверху и снизу («letterbox»)
- Субтитры
- Элементы субграфики

Параметры звука

- Только линейная ИКМ (только 48 или 96 кГц; новые функции (масштабируемость) не поддерживаются)
- Запись сжатого аудиосигнала возможна как опция
- Максимум два потока

Ограничения

- Нет блокировки нежелательных сцен, областей и интерактивных команд
- Переход на другую камеру без разрыва изображения на экране может быть записан только для аудиопрограммы, определенной как единственная AVTT (Audio Video Title – аудиопрограмма, записанная в видеоформате).

Примечание: подробности по формату DVD-Video см. в главе 4.

5.6 Текстовая информация

Два типа текстовой информации

Общие данные: статическая текстовая информация

- Если записывается текстовая информация, то она должна включать название альбома, название группы, и названия дорожек
- Может быть записана и другая информация, например, дата выхода, имена исполнителей и т.п.
- Легко позволяет вести поиск по содержанию, jacket-like текстовое меню в виде заставки
- Нет ограничений по языкам

Реальное время: динамическая текстовая информация

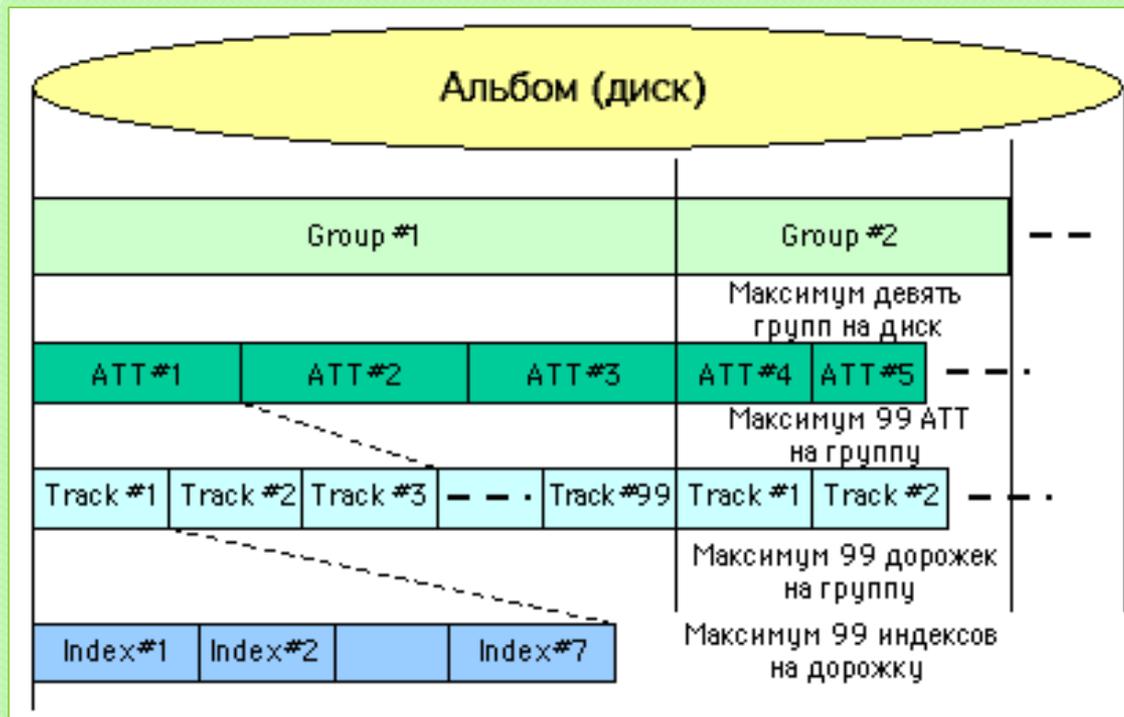
- Записана в той же зоне, что и аудиоданные
- Отображается одновременно с воспроизведением, минимальный интервал смены составляет одну секунду
- Используется в основном для отображения стихов песен, нот
- До восьми языков, определенных при записи общих данных, и ограниченных языками, содержащимися в них

Кодировка символов

- ISO8859-1 (Латинский алфавит), Music Shift JIS (Японский)

5.7 Система доступа

- Спецификация DVD-Audio определяет иерархическую структуру и единицы доступа таким образом, чтобы сохранить стиль работы, сложившийся с уже привычными звуковыми компакт-дисками. Как и раньше, одна дорожка соответствует одному музыкальному произведению (песне), однако поскольку на один 12-сантиметровый однослойный диск помещается 4,7 Гб, то есть несколько CD-альбомов, на одном DVD оказывается очень много дорожек.



- Для упрощения доступа в спецификацию DVD-Audio введены новые единицы, называемые группами, представляющие собой набор дорожек для последовательного воспроизведения.

- Группа является логической единицей доступа, и может быть крупной структурой из одного или более последовательно идущих произведений (АТТ, Audio Titles). Запустить проигрывание этой логической единицы можно одной командой.
- Произведение (Audio Title) представляет собой логическую структуру, эквивалентную программе (Title) в DVD-Video, и состоящую из воспроизводимых презентационных данных, и навигационных данных для управления последовательностью воспроизведения.

- В DVD-Audio не допускаются сложные очереди для воспроизведения, однако введение в этот формат произведения и группы, как логической структуры, позволяет создавать крупные проекты, содержащие множество содержательных единиц с отличающимися друг от друга параметрами: способом кодирования (линейная ИКМ или ИКМ со сжатием), частотой и разрядностью дискретизации, с включением видео или без него, и т.п.
- На одном диске может быть до девяти групп, в каждой группе может содержаться до 99 АТТ. Однако общее число АТТ на диске также ограничено 99.