

Звуковая система ПК

Звуковая система ПК в виде звуковой карты появилась в 1989 г., существенно расширив возможности ПК как технического средства информатизации.

Звуковая система ПК — комплекс программно-аппаратных средств, выполняющих следующие функции:

- ✓ запись звуковых сигналов, поступающих от внешних источников, например, микрофона или магнитофона, путем преобразования входных аналоговых звуковых сигналов в цифровые и последующего сохранения на жестком диске;
- ✓ воспроизведение записанных звуковых данных с помощью внешней акустической системы или головных телефонов (наушников);
- ✓ воспроизведение звуковых компакт-дисков;
- ✓ микширование (смешивание) при записи или воспроизведении сигналов от нескольких источников;
- ✓ одновременная запись и воспроизведение звуковых сигналов (режим *Full Duplex*);
- ✓ обработка звуковых сигналов: редактирование, объединение или разделение фрагментов сигнала, фильтрация, изменение его уровня;
- ✓ обработка звукового сигнала в соответствии с алгоритмами объемного (трехмерного — *3D-Sound*) звучания;
- ✓ генерирование с помощью синтезатора звучания музыкальных Инструментов, а также человеческой речи и других звуков;
- ✓ управление работой внешних электронных музыкальных инструментов через специальный интерфейс MIDI.

Звуковая система ПК конструктивно представляет собой звуковые карты, либо устанавливаемые в слот материнской платы, либо интегрированные на материнскую плату или карту расширения другой подсистемы ПК. Отдельные функциональные модули звуковой системы могут выполняться в виде дочерних плат, устанавливаемых в соответствующие разъемы звуковой карты или подключаться по USB.

Аппаратная часть типичная звуковая система ПК, как показано на рис.1

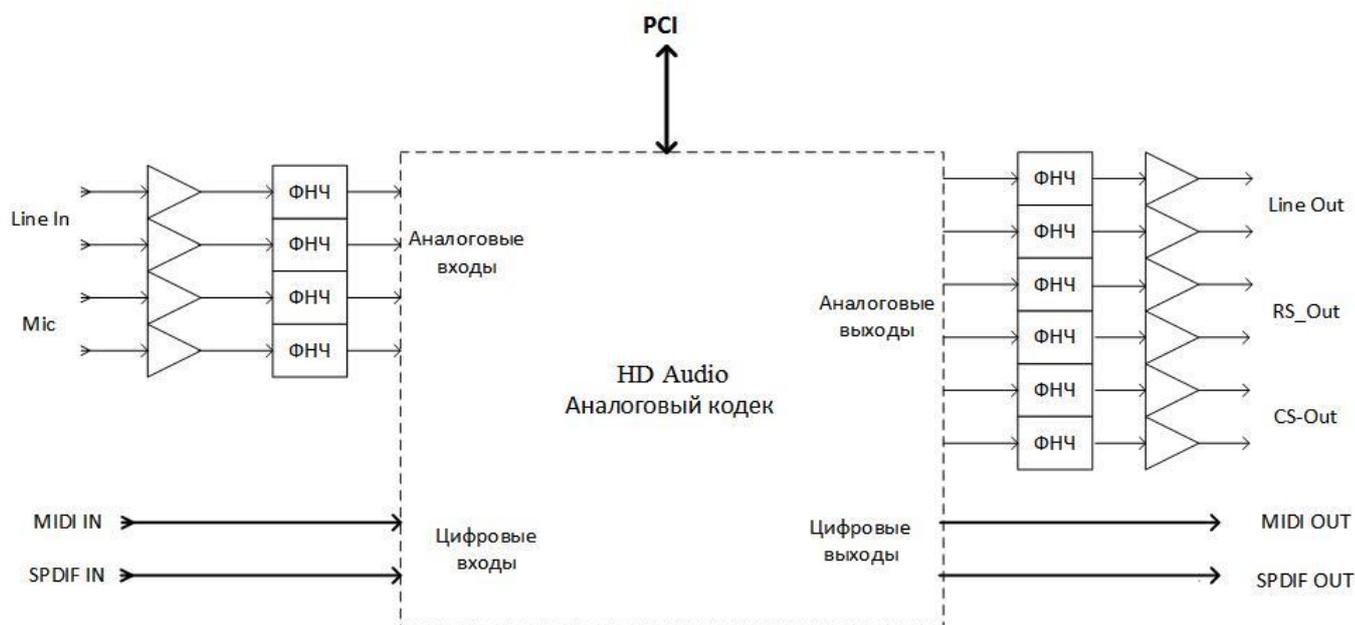


Рисунок 1. Аппаратная часть звуковой системы ПК

Ключевой элемент звуковой системы – аналоговый кодек, который осуществляет аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования звуковых сигналов, а также реализует прием и передачу звуковых сигналов по цифровым интерфейсам.

АС'97 (сокращенно от [англ. audio codec '97](#)) — это стандарт для аудиокодеков, разработанный подразделением [Intel Architecture Labs](#) компании [Intel](#) в 1997 г. АС'97 поддерживает частоту дискретизации 96 кГц при использовании 20-разрядного стереоразрешения и 48 кГц при использовании 20-разрядного стерео для многоканальной записи и воспроизведения.

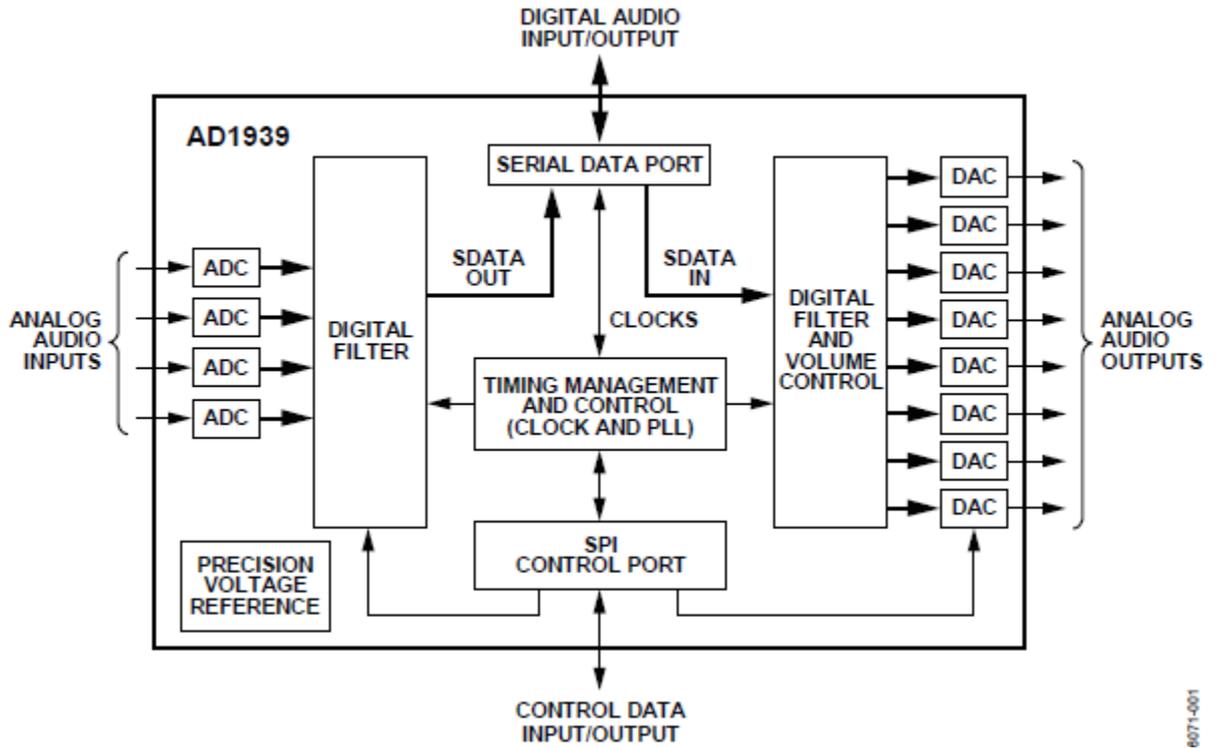
HD Audio (от [англ. high definition audio](#) — звук высокой чёткости) является эволюционным продолжением спецификации АС'97, предложенным компанией Intel в 2004 году, обеспечивающим воспроизведение большего количества каналов с более высоким качеством звука, чем при использовании интегрированных аудиокодеков АС'97. Аппаратные средства, основанные на HD Audio, поддерживают 24-разрядное качество звучания (до 192 кГц в стереорежиме, до 96 кГц в многоканальном режиме — до 8 каналов).

Формфактор кодеков и передачи информации между их элементами остался прежним. Изменилось только качество микросхем и подход к обработке звука.

Сравнение спецификаций

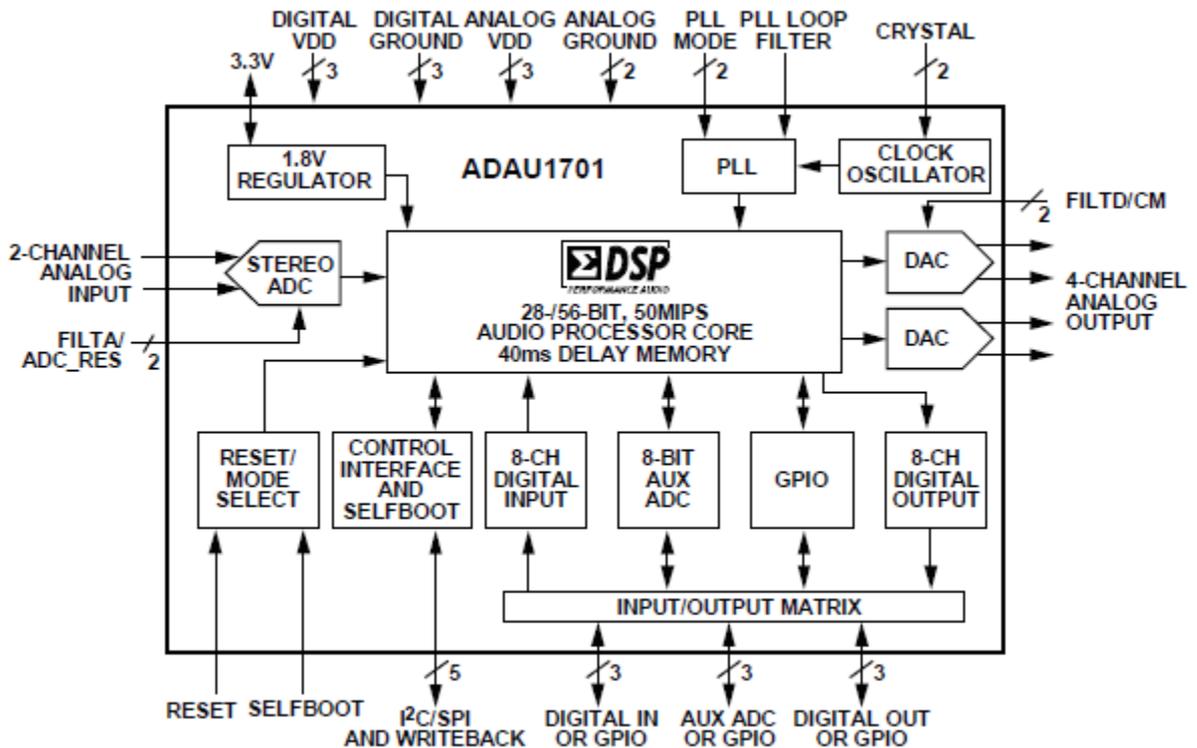
АС '97	HD Audio	Преимущество HD Audio
20 бит 96 кГц максимум	24 бит 192 кГц максимум	Полноценная поддержка новых форматов, таких, как DVD-Audio
2.0	5.1/7.1	Полноценная поддержка новых форматов, таких, как Dolby Digital Surround EX, DTS ES
Полоса пропускания 11,5 Мб/с	48 Мб/с выход, 24 Мб/с вход	Более широкая полоса пропускания позволяет использовать большее число каналов в более детальных форматах
Фиксированная полоса пропускания	Задаваемая полоса пропускания	Используются только необходимые ресурсы
Определённый канал DMA	DMA каналы общего назначения	Поддержка многопоточности и нескольких подобных устройств
Одно звуковое устройство в системе	Несколько логических звуковых устройств	Поддержка концепции Digital Home / Digital Office, вывод разных звуков на разные выходы для мультимедийных возможностей и отдельного голосового чата во время онлайн-игр
Опорная частота задаётся извне, основным кодеком	Опорная частота берётся от чипсета	Единый высококачественный задающий генератор для синхронизации
Стабильность работы зависит от стороннего ПО третьих фирм	Универсальная архитектура звукового драйвера от Microsoft	Единый драйвер для большей стабильности OS и базовой функциональности, не требуется специальная установка драйверов
Ограниченное автоопределение и переопределение	Полное автоопределение и переопределение	Полная поддержка Plug and Play
Стереомикрофон или 2 микрофона	Поддержка массива из 16 микрофонов, максимум	Более точные ввод и распознавание речи

Структура кодеков фирмы *Analog Devices* приведена ниже



**4 ADC/8 DAC with PLL,
192 kHz, 24-Bit Codec**

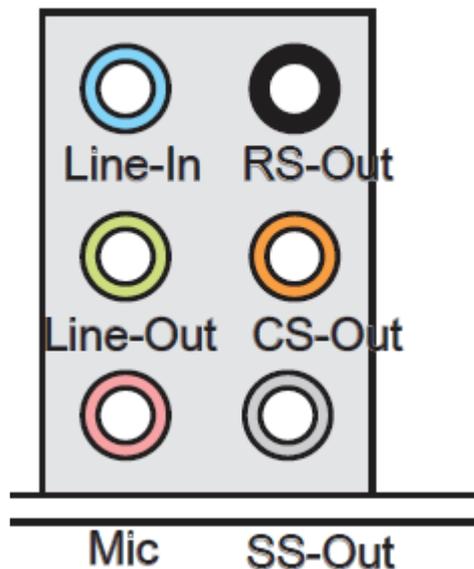
AD1939 -



ADAU1701

**SigmaDSP 28-/56-Bit Audio Processor
with Two ADCs and Four DACs**

Рассмотрим входы и выходы звуковой система ПК.



Line In (синий) - это **Линейный вход**, позволяющий вводить в звуковые сигналы стандартного уровня (около 250 милливольт или 0,25 Вольта). Это выходы микшера, синтезатора, магнитофона, CD-плеера и пр.

Mic (Розовый) – это **Микрофонный вход** звуковой карты, оснащенный микрофонным предусилителем. На выходе микрофона сигнал очень слабый, поэтому микрофон, подключенный к линейному входу мы не услышим. В некоторых микрофонах иногда встраивают предусилитель.

Line-Out (зеленый) - **Линейный выход**, позволяющий выводить из звуковой карты сигналы стандартного уровня (250 милливольт), используется для подключения наушников или колонки 2/4/6/8-канальном аудио режиме.

RS-Out (черный) - выход для тыльных колонок для 4/6/8-канального аудио режима.

CS-Out (Оранжевый) - выход для центральной колонки и сабвуфера для 6/8-канального аудио режима.

SS-Out (Черный) - выход для боковых колонок для 8-канального аудио режима

SPDIF - это цифровой вход или выход, позволяющий передавать/получать звук на/с записывающее устройство, другую звуковую карту, внешний ЦАП/АЦП, усилитель или ресивер без потерь качества;

SPDIF или **S/P-DIF** — расшифровывается как Sony/Philips Digital Interface (или Interconnect) Format (описано также как **IEC 958 type II** в международном стандарте IEC-60958). Является совокупностью спецификаций протокола низкого уровня и аппаратной реализации, описывающих передачу цифрового звука между различными компонентами аудиоаппаратуры. При описании S/PDIF необходимо описать как физическую часть (то есть, собственно, каким образом сигнал передаётся и по чему), так и программную часть (то есть используемый протокол).

S/PDIF первоначально применялся в CD-плеерах (и DVD-плеерах, проигрывающих компакт-диски), а затем стал общим способом соединения и передачи звука в других аудиокомпонентах. Он также приобрёл популярность в автомобильном звуке, где прежний беспорядок многочисленных проводов может быть заменён единственным волоконно-оптическим кабелем, который устойчив к электрическим помехам.

Другое применение интерфейс **S/PDIF** находит в передаче цифрового потока объёмного звука как определено стандартом IEC 61937. Этот режим используют, чтобы подключить выход DVD-плеера к входу AV-ресивера домашнего кинотеатра, который поддерживает форматы Dolby Digital или Digital Theatre System(DTS) объёмного звука.

Разъём RCA — наиболее распространённый разъём, используемый с интерфейсом S/PDIF и идентичный разъёму, применяемому в потребительской аудио продукции.



- RCA ("тюльпан") разъем SPDIF.

Кабель и оптический (FIBER) разъем SPDIF



Сейчас большую популярность приобрели разъёмы типа MiniTOSLINK -это разъём оптического кабеля в форм-факторе 3,5мм jack. Очень часто такие разъёмы встречаются в современных ноутбуках, где выход S/PDIF совмещён с выходом на наушники. Для соединения такого ноутбука с ресивером потребуется кабель MiniTOSLINK — TOSLINK, либо переходник для стандартного кабеля TOSLINK-TOSLINK.



Режимы SPDIF:

- **AES/EBU** - студийный профессиональный формат передачи цифрового звука;
- **PCM** - несжатый звуковой поток;
- **AC-3, DTS, Dolby Digital** - сжатый многоканальный звук. Термин pass-through (транзит) - означает, что звуковая плата без изменения пропускает через себя закодированный (AC-3, DTS, Dolby Digital) многоканальный саундтрек к фильму (в той же форме, в которой он записан на DVD) в ресивер. Декодирование саундтрека производится в ресивере.

Цифровой вход/выход **SPDIF** может использоваться для синхронизации нескольких аудиокарт. Это необходимо для наращивания количества каналов записи и/или воспроизведения.

MIDI вход и выход - это специальные разъемы для подключения MIDI-клавиатуры или синтезатора.



- **MIDI (МИДИ) вход и выход**

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) — цифровой интерфейс музыкальных инструментов) регламентируется специальным стандартом, содержащим спецификации на аппаратный интерфейс: типы каналов, кабели, порты, при помощи которых MIDI-устройства подключаются один к другому, а также описание порядка обмена данными — протокола обмена информацией между MIDI-устройствами. В частности, с помощью MIDI-команд можно управлять светотехнической аппаратурой, видеооборудованием в процессе выступления музыкальной группы на сцене. Устройства с MIDI-интерфейсом соединяются последовательно, образуя своеобразную MIDI-сеть, которая включает контроллер — управляющее устройство, в качестве которого может быть использован как ПК, так и музыкальный клавишный синтезатор, а также ведомые устройства (приемники), передающие информацию в контроллер по его запросу. Суммарная длина MIDI-цепочки не ограничена, но максимальная длина кабеля между двумя MIDI-Устройствами не должна превышать 15 метров.

Обычно подключение ПК в MIDI-сеть осуществляется с помощью специального MIDI-адаптера, который имеет три MIDI-порта: ввода, вывода и сквозной передачи данных, а также два разъема для Подключения джойстиков.

Система объёмного звука Dolby Digital

Существует несколько путей создания объёмного звука:

- многоканальная стереофония (в том числе системы Surround Sound)
- бинауральная стереофония

Первый и самый простейший метод — это использование микрофонных систем для пространственной звукозаписи и/или сведение объёмного звука для систем громкоговорителей, окружающих слушателя при воспроизведении звука с разных сторон.

Вторая технология — преобразование звука с учётом психоакустических методов локализации звука для моделирования двухмерного звукового поля при помощи наушников.

Dolby Digital (AC-3, ATSC A/52) - система пространственного звуковоспроизведения, разработанная фирмой "Dolby Laboratories, Inc." ("Dolby Labs"), руководителем которой является Рей Долби. Впервые технология **Dolby Digital** была продемонстрирована зрителям в июне 1992 года в фильме “Бэтмен возвращается” (“Batman Returns”) и с тех пор вышла уже не одна тысяча лент со звуком в этом формате. Более того, в настоящее время формат **Dolby Digital** в США принят в качестве звукового стандарта для телевидения высокой четкости (HDTV), используется для передачи по спутниковым и кабельным каналам.

Dolby Digital предоставляет в общей сложности **шесть** отдельных каналов звука. Она включает в себя левый, центральный и правый каналы во фронтальной части комнаты, левый и правый тыловые каналы объёмного звука для более точного определения местоположения звуков и более натуральной, реалистичной передачи атмосферы и фона. Пять основных каналов передают полный спектр частот (от 3 до 20000 Гц). Шестой канал - Low Frequency Effects Channel (канал для низкой частоты и эффектов) сильно ограничен сверху по частоте (от 3 до 120Гц), его иногда называют ".1" каналом. К этому каналу подключают низкочастотные динамики (сабвуферы). Если его добавляют к полным 5 каналам Dolby Digital, то про такие системы

говорят, как про имеющие "5.1" канала. Все 6 каналов звука закодированы в один файл, который распаковывается с помощью специального декодера и разводится на шесть аудиоколонок.

Dolby Digital Plus – использует 8 каналов ("7.1"). Структура и идентификация каналов приведена ниже.

Идентификация каналов согласно ANSI/CEA-863-A

Порядок каналов в многоканальном MP3/WAV/FLAC потоке	Порядок каналов в DTS/AAC потоке	Название канала	Цветовая маркировка на ресиверах и звуковых кабелях акустических систем
0	1	Фронтальный левый	Белый
1	2	Фронтальный правый	Красный
2	0	Центральный	Зелёный
3	5	Низкочастотный	Пурпурный
4	3	Окружной левый	Голубой
5	4	Окружной правый	Серый
6	6	Окружной тыловой левый	Коричневый
7	7	Окружной тыловой правый	Хаки

Конфигурации каналов звука (громкоговорителей)

Фронтальный левый	Центральный	Фронтальный правый
Окружной левый		Окружной правый
Окружной тыловой левый		Окружной тыловой правый
Низкочастотный		

Параметры оценки качества звукового тракта

Для оценки качества звукового тракта используется три параметра:

- диапазон рабочих частот;
- коэффициент нелинейных искажений;
- отношение сигнал/шум.
- динамический диапазон

Частотная характеристика (АЧХ) определяет тот диапазон частот, в котором уровень записываемых и воспроизводимых амплитуд остается постоянным. По сути, АЧХ показывает, насколько равномерно может воспроизводить частоты звуковая система. Считается, что человеческое ухо воспринимает частоты в интервале 20 Гц...20 кГц. И если аудиосистема воспроизводит частоты в том же диапазоне, то ее звучание будет наиболее естественным. Важен не только широкий диапазон воспроизведения частот, но и вид кривой АЧХ. Хорошо, если АЧХ представляет собой прямую линию в пределах достаточно широкого диапазона воспроизводимых частот. Для большинства звуковых плат этот диапазон составляет от 30 Гц до 20 кГц.

Коэффициент нелинейных искажений (THD). Если на вход звукового устройства подается идеальный синусоидальный сигнал (основная гармоника), то на выходе его форма уже будет отлична от первоначальной. Вот это искажение сигнала и характеризует **THD**.

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2}}{V_1}$$

где V_i -среднеквадратическое (действующее) значение (СКО) напряжения i -й гармоники. V_1 - СКО основной гармоники.

Каждый нелинейный элемент является причиной искажения. Чем меньше этот коэффициент, тем выше качество звука. Этот коэффициент может различаться для звуковых карт с одинаковым набором микросхем. Модели с дешевыми компонентами зачастую имеют значительные искажения, что ухудшает качество звука.

Какой уровень искажений можно считать приемлемым? Обычно высококачественная аппаратура имеет низкий коэффициент нелинейных искажений (менее 0.002%).

Если эта величина превышает 0,1 %, то помехи могут быть заметны на слух. Устройство с таким уровнем помех не может считаться высококачественным, В

недорогих акустических системах значение этого параметра на частоте 1 кГц может доходить до 10 % (0,1 дБ). Для непрофессиональных звуковых карт THD в пределах 0,004...0,02% можно считать приемлемым результатом.

Отношение сигнал/шум (SNR).

Вместе с воспроизводимым сигналом на выходе звукового устройства всегда присутствует шум. Чем меньше его амплитуда по отношению к основному сигналу, тем лучше. Особенно хорошо шум проявляется при прослушивании музыки в наушниках и не так заметен при удалении от акустических колонок. Отношение сигнал/шум вычисляется по формуле

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{S}{N}$$

где N -среднеквадратическое (действующее) значение (СКО) напряжения шума;

S - среднеквадратическое (действующее) значение (СКО) напряжения сигнала.

Погрешности, возникающие в результате замены аналогового сигнала рядом квантованных по уровню отсчетов, можно рассматривать как его искажения, вызванные воздействием помехи. Эту помеху принято образно называть **шумом квантования**.

Шум квантования (рис. 2, в) представляет собой разность соответствующих значений реального и квантованного по уровню (рис. 2, б) сигналов:

$$\varepsilon_{ш\text{ кв}}(t) = U_{\text{АИМ}}(t) - U_{\text{КВ}}(t)$$

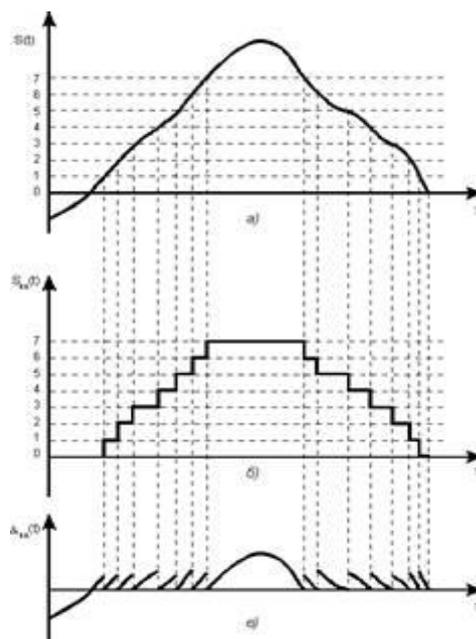


Рис. 2. Квантование сигнала по уровню

Относительная величина максимальной погрешности квантования равна $1/N$, где N — число уровней квантования. Этой же величиной, представленной в логарифмических единицах (децибелах), оценивается уровень шумов квантования АЦП звуковой карты. Уровень шумов квантования определяется по формуле: $D = 20\lg(1/N)$.

Для трехразрядного АЦП $N=8$, и $D = -18$ дБ;

для восьмиразрядного — $N=256$, $D = -48$ дБ;

для шестнадцатиразрядного — $N=65536$, $D = -96$ дБ;

для восемнадцатиразрядного АЦП $N=262144$, $D = -108$ дБ;

для двадцатиразрядного АЦП $N=1648576$, $D = -120$ дБ.

Эти цифры наглядно демонстрируют, что с ростом разрядности АЦП шум квантования уменьшается. Приемлемым считается 16-разрядное представление сигнала, являющееся в настоящее время стандартным для воспроизведения звука, записанного в цифровой форме.

Современные звуковые карты имеют SNR порядка —90...95 дБ. Хорошим можно считать величину SNR около —75 дБ. Ну, а если на выходе звуковой карты регистрируется SNR порядка —60 дБ, то это уже весьма и весьма посредственная карта.

Коэффициент нелинейных искажений + шум (THD+N). Этот показатель одновременно объединяет в себе характеристики нелинейных искажений и шума.

$$HD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + N^2}}{V_1}$$

Динамический диапазон (DR). Это разница между минимальным и максимальным уровнем звука, который может выдать звуковая система. Вследствие наличия шумов у звуковой карты эта разница меньше, чем естественный динамический диапазон записываемого звука. Динамический диапазон некоторого устройства обработки может быть определен выражением

$$DR = 20 \log_{10} \frac{S_{max}}{S_{min}}$$

где S_{max} и S_{min} — максимальное и минимальное значения сигнала.

Увеличение разрядности АЦП обусловлено еще одним фактором — стремлением расширить его динамический диапазон. Очевидно, минимальный сигнал не может

быть меньше, чем напряжение, соответствующее одному разряду, а максимальный — не должен превышать величины напряжения, соответствующего N разрядам. Поэтому выражение для динамического диапазона АЦП звуковой карты примет вид: $D=20\lg(N)$.

Так, динамический диапазон для 16-разрядного АЦП составляет 96 дБ, для 18-разрядного — 108 дБ, для 20-разрядного — 120 дБ. Иными словами, для записи звучания некоторого источника звука, динамический диапазон которого составляет 120 дБ, требуется двадцатиразрядный АЦП. Если такого нет, а имеется только шестнадцатиразрядный, то динамический диапазон звука должен быть сжат на 24 дБ: со 120 дБ до 96 дБ.

Так, естественный динамический диапазон симфонического оркестра определяется значением максимального звукового давления (110 дБ — самые громкие музыкальные звуки при игре всех инструментов) и значением минимального звукового давления (30 дБ — тихая игра, например, одного инструмента при исполнении сольной партии).

Наибольшей силе звука соответствует максимальное напряжение сигнала. Максимальное значение напряжения ограничивается нелинейными искажениями. Минимальное напряжение полезного, сигнала определяется уровнем собственных шумов звукового устройства.

Хорошим значением **DR** можно считать показатели от 50 дБ и выше.

Также стоит определиться с единицами, в которых обычно представлены параметры звука. Для этого используется относительная логарифмическая единица — децибел (дБ, dB). В технических описаниях можно встретить некоторый разнобой. Скажем, в одних документах значение SNR указывается со знаком «—», в других — без такового. В общем-то, сути это не меняет, нужно обращать внимание на модуль числа этого параметра. Знак «—» перед дБ обозначает ослабление, его указание было бы правильнее, но, по-видимому, считается не обязательным. Уровень звука также измеряется в дБ и тоже записывается со знаком «—». Максимальный уровень звука конкретного устройства принято считать равным 0 дБ, другие значения записываются с отрицательным знаком.