

# **Кодирование звуковой информации**

# ЗВУКОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Звуковые колебания (волны)** – механические колебания, частота которых лежит в пределах от 20 до 20 000 Гц.



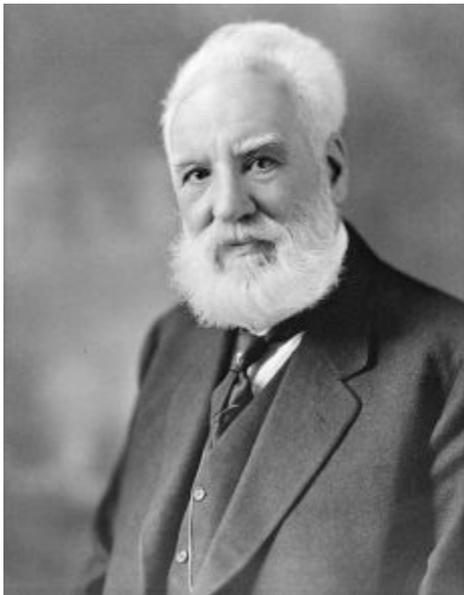
## Свойства:

- звук - продольная волна;
- распространяется в упругих средах (воздух, вода, различные металлы и т.д.);
- имеет конечную скорость.

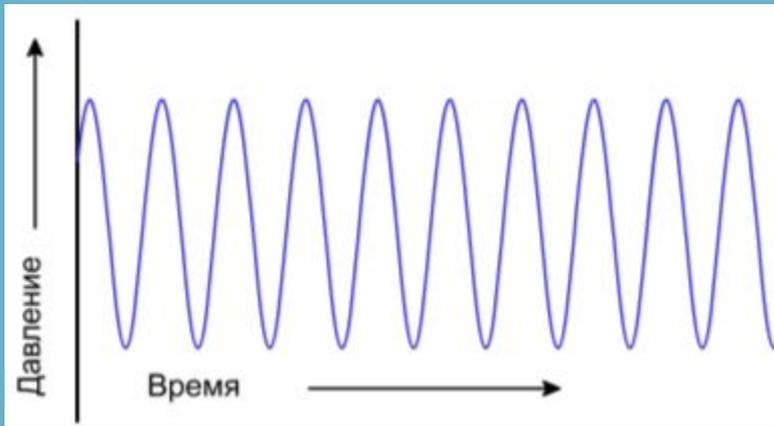
# ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКА

Единица  
громкости звука -  
**децибел** (дБ)  
(десятая часть  
бела).

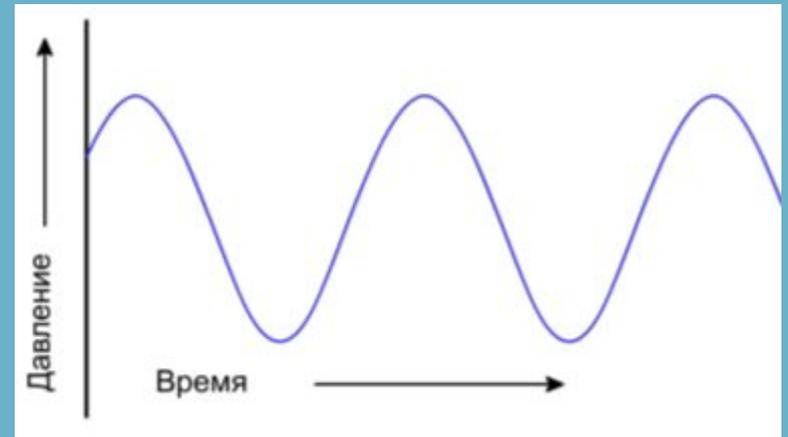
Названа в честь  
Александра Грэхема  
Белла, изобретателя  
телефона.



- **громкость звука** – зависит от амплитуды колебаний. Чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук. [sound\\_high\\_low.swf](#)
- **высота звука** – определяется частотой колебаний воздуха. [sound\\_quiet\\_aloud.swf](#)
- **скорость звука** – скорость распространения волн в среде.
- **тембр звука** – окраска звука, зависящая от источника звука (скрипка, рояль, гитара и т.д.).



fourth.swf



third.swf

Зависимость громкости и высоты тона звука от интенсивности и частоты звуковой волны

# УРОВНИ ГРОМКОСТИ ЗВУКА ОТ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Источник звука	Уровень (дБ)
Спокойное дыхание	Не воспринимается
Шёпот	10
Шелест листьев	17
Перелистывание газет	20
Обычный шум в доме	40
Прибой на берегу	40
Разговор средней громкости	50
Громкий разговор	70
Работающий пылесос	80
Поезд в метро	80
Концерт рок-музыки	100
Раскат грома	110
Реактивный двигатель	110
Выстрел из орудия	120
Болевой порог	120



- 1. Звуковая информация**
- 2. Временная дискретизация звука**
- 3. Частота дискретизации**
- 4. Глубина кодирования звука**
- 5. Качество оцифрованного звука**
- 6. Звуковые редакторы**

# СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗВУКА

## Аналоговый

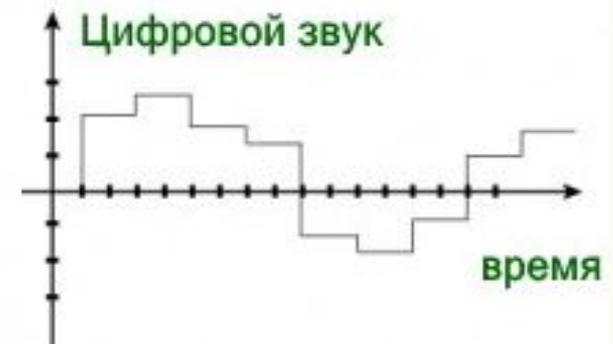
физическая величина принимает бесконечное множество значений, причем они изменяются непрерывно.



Виниловая пластинка  
(звуковая дорожка изменяет свою форму непрерывно)

## Дискретный

физическая величина принимает конечное множество значений, причем они изменяются скачкообразно.



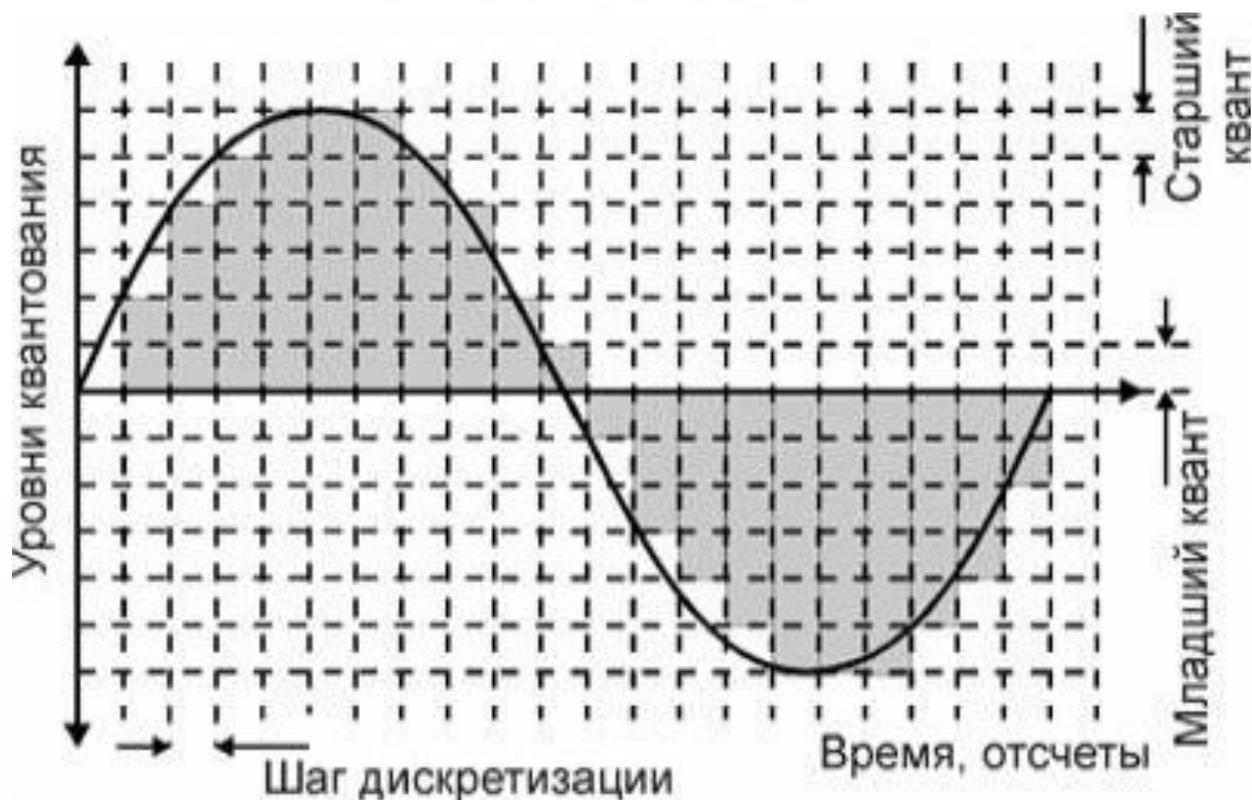
Аудиокомпакт-диск  
(звуковая дорожка содержит участки с разной отражающей способностью)

# ВРЕМЕННАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ЗВУКА

**Временная дискретизация** – это разбиение непрерывной звуковой волны на отдельные маленькие временные участки, причем для каждого участка устанавливается определенная величина амплитуды.

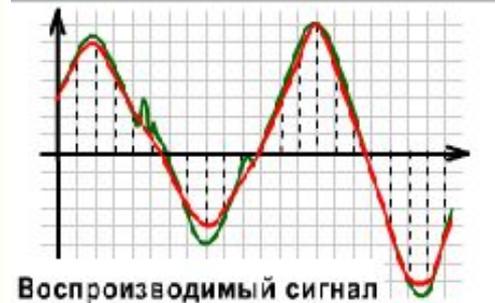
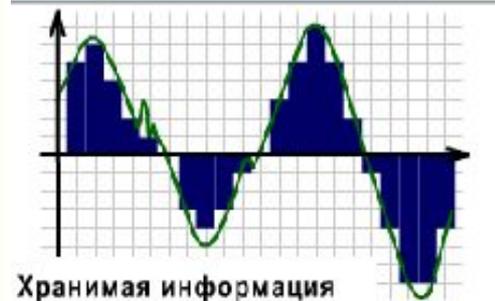
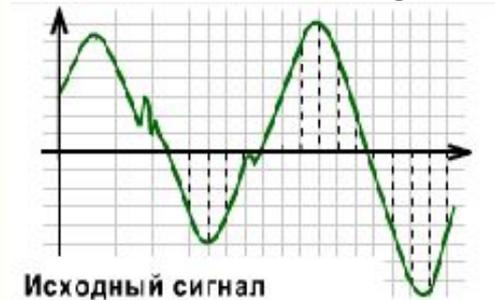


**КВАНТОВАНИЕ** - процесс замены реальных значений сигнала приближенными с определенной точностью.



**БИТРЭЙТ** (bitrate) - уровень квантования, объем информации в единицу времени (bits per second). То есть, какое количество информации о каждой секунде записи мы можем потратить. Измеряется в битах (bit).

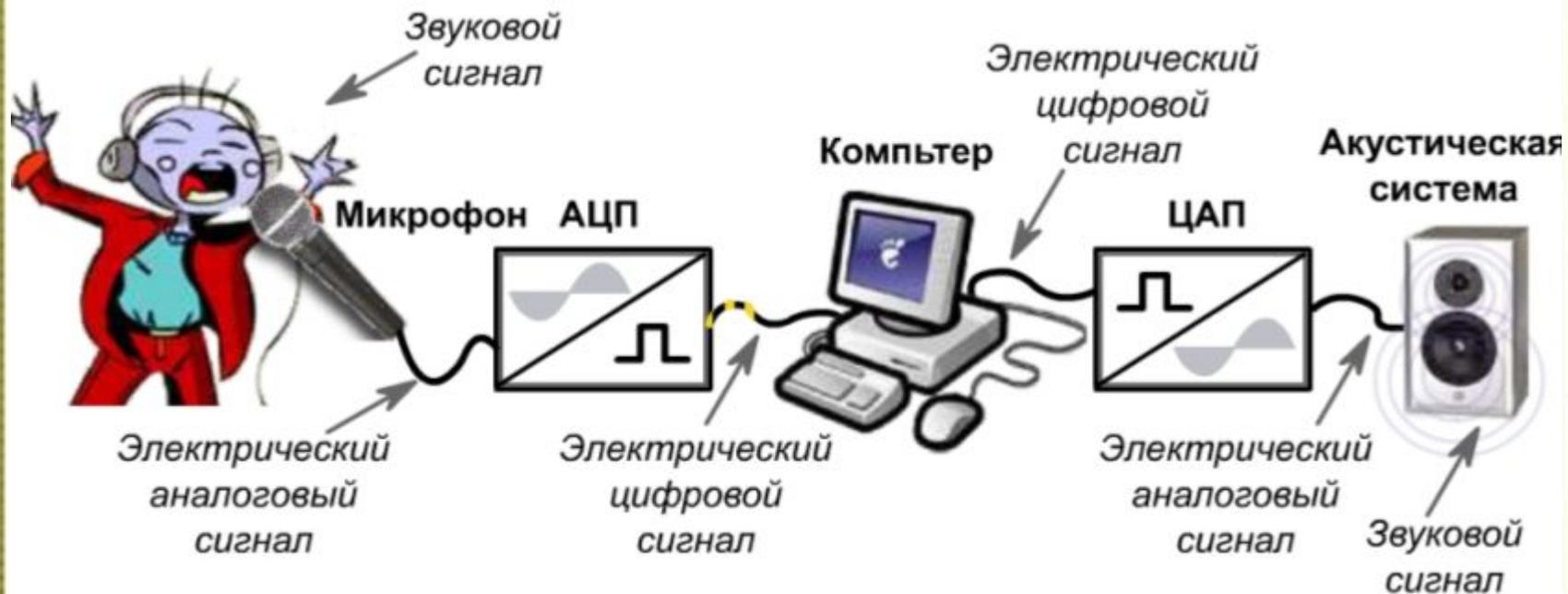
# МЕТОД ИМПУЛЬСНОГО КОДИРОВАНИЯ (PCM Pulse Code Modulation)



Звуковая информация хранится в виде значений амплитуды, взятых в определенные моменты времени (т. е. измерения проводятся «импульсами»).

# ОЦИФРОВКА ЗВУКА

Для оцифровки звука используются специальные устройства: **аналого-цифровой преобразователь (АЦП)** и **цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)**.



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦИФРОВАННОГО ЗВУКА

**ГЛУБИНА  
ДИСКРЕТИЗАЦИИ  
И ЗВУКА (I) –**  
это количество  
информации,  
которое  
необходимо  
для кодирования  
дискретных  
уровней  
громкости  
цифрового звука.

$$N = 2^i$$

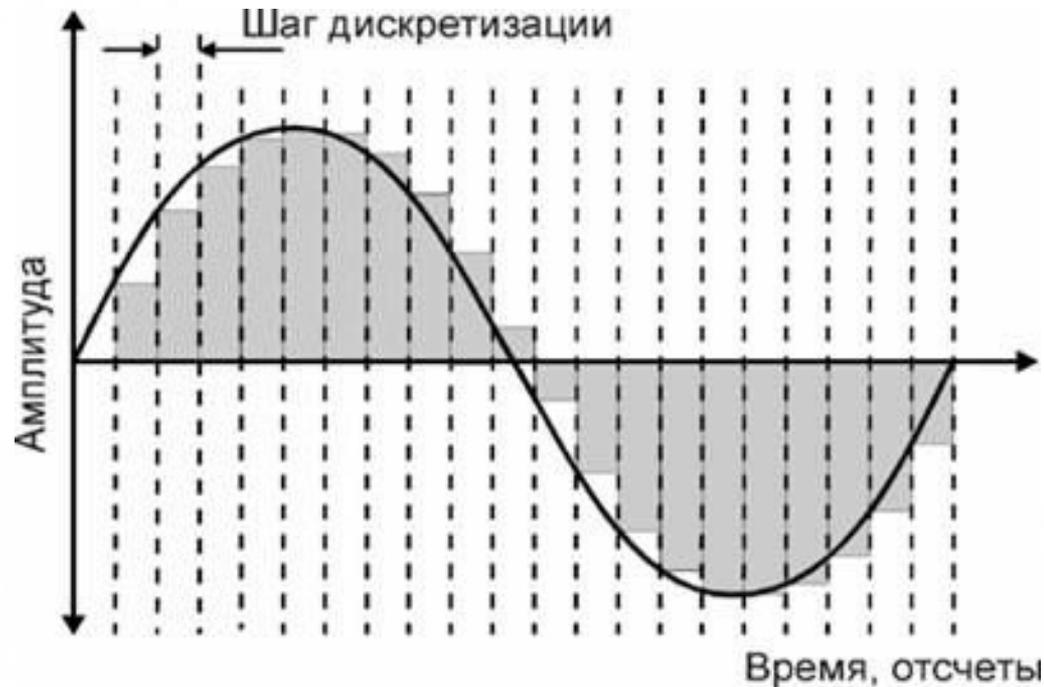
**N** – количество уровней громкости  
**I** – глубина кодирования

- Пусть глубина кодирования звука составляет 16 битов, тогда количество уровней громкости звука равно:

$$N = 2^I = 2^{16} = 65\ 536$$

- В процессе кодирования каждому уровню громкости звука присваивается свой 16-битовый двоичный код, наименьшему уровню звука будет соответствовать код 0000000000000000, а наибольшему - 1111111111111111.

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦИФРОВАННОГО ЗВУКА



## ЧАСТОТА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ЗВУКА –

это количество  
измерений  
громкости звука  
за одну секунду.

$$1 \text{ Гц} = 1/\text{с}$$

$$1 \text{ кГц} = 1000 / \text{с}$$

**Сэмплрейт (samplerate)** - частота дискретизации (или частота сэмплирования) - частота взятия отсчетов непрерывного во времени сигнала при его дискретизации (в частности, аналого-цифровым преобразователем - АЦП).

sound\_frequency.swf

# КАЧЕСТВО ОЦИФРОВАННОГО ЗВУКА

Параметр	Глубина кодирования	Частота дискретизации
Телефонная связь	8 бит	до 8 кГц
Среднее качество	8 бит или 16 бит	8-48 кГц
Звучание CD-диска	16 бит	до 48 кГц

**!** Чем выше качество цифрового звука, тем больше информационный объем звукового файла.

# ОБЪЕМ АУДИОФАЙЛА

$$V = I * M * t * k$$

**V** - объем звукового файла,

**I** - глубина кодирования звука,

**M** - частота дискретизации звука,

**t** - длительность звучания файла,

**k** - количество каналов звучания

(режим моно  $k=1$ , стерео  $k=2$ )

**Пример.** Оцените информационный объем высококачественного стереоаудиофайла длительностью звучания 1 минута, если "глубина" кодирования 16 бит, а частота дискретизации 48 кГц.

Информационный объем звукового файла длительностью в 1 секунду равен:

$$16 \text{ бит} * 48\,000 * 2 = 1\,536\,000 \text{ бит} = 187,5 \text{ Кбайт}$$

Это значит, что **битрейт** или скорость воспроизведения должна быть равна 187,5 килобайт в секунду.

Информационный объем звукового файла длительностью 1 минута равен:

$$187,5 \text{ Кбайт/с} * 60 \text{ с} = 11 \text{ Мбайт}$$

# РЕДАКТИРОВАНИЕ ЗВУКА

**Редактирование звука** - это любое это преобразование.

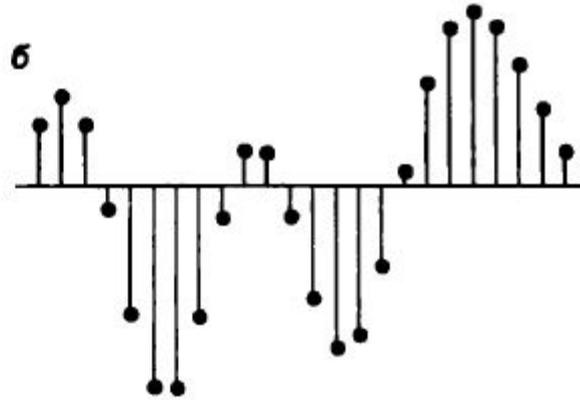
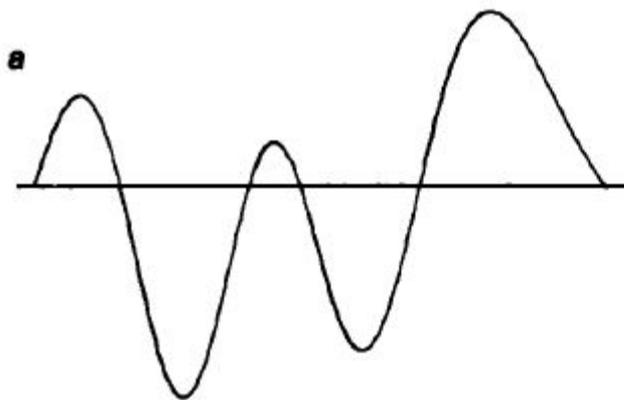
- Очистка от шумов
- Разделение стерео-записи на два различных файла:
- Микширование звука
- Наложение эффектов

# ЗВУКОВЫЕ РЕДАКТОРЫ

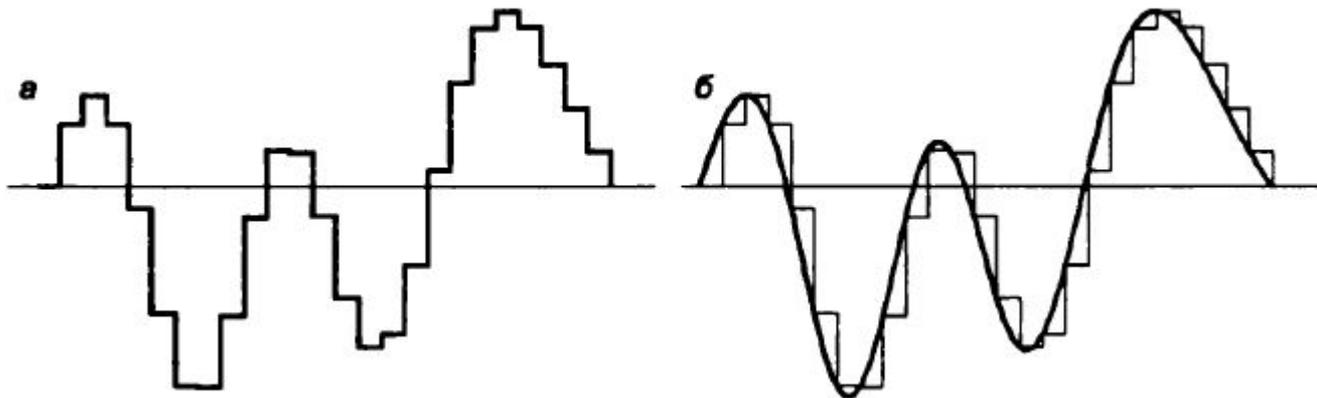
- Звуковые редакторы позволяют изменять качество цифрового звука и объем звукового файла путем изменения частоты дискретизации и глубины кодирования.
- Оцифрованный звук можно сохранять без сжатия в звуковых файлах в универсальном формате WAV или в формате со сжатием MP3.
- При сохранении звука в форматах со сжатием отбрасываются "избыточные" для человеческого восприятия звуковые частоты с малой интенсивностью, совпадающие по времени со звуковыми частотами с большой интенсивностью. Применение такого формата позволяет сжимать звуковые файлы в десятки раз, однако приводит к необратимой потере информации (файлы не могут быть восстановлены в первоначальном виде).

# Существуют различные методы кодирования звуковой информации двоичным кодом, среди которых можно выделить два основных направления: метод FM и метод Wave-Table.

- **Метод FM** (*Frequency Modulation*) основан на том, что теоретически любой сложный звук можно разложить на последовательность простейших гармонических сигналов разных частот, каждый из которых представляет собой правильную синусоиду, и, следовательно, может быть описан кодом. Разложение звуковых сигналов в гармонические ряды и представление в виде дискретных цифровых сигналов выполняют специальные устройства — **аналогово-цифровые преобразователи (АЦП)**.



- Преобразование звукового сигнала в дискретный сигнал: **а** — звуковой сигнал на входе АЦП;
- **б** — дискретный сигнал на выходе **АЦП**.
- Обратное преобразование для воспроизведения звука, закодированного числовым кодом, выполняют **цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП)**.  
Процесс преобразования звука представлен на рис. ниже. Данный метод кодирования не даёт хорошего качества звучания, но обеспечивает компактный код.
- Преобразование дискретного сигнала в звуковой сигнал: **а** — дискретный сигнал на входе ЦАП;
- **б** — звуковой сигнал на выходе **ЦАП**.



**Таблично-волновой метод** (*Wave-Table*) основан на том, что в заранее подготовленных таблицах хранятся образцы звуков окружающего мира, музыкальных инструментов и т. д. Числовые коды выражают высоту тона, продолжительность и интенсивность звука и прочие параметры, характеризующие особенности звука. Поскольку в качестве образцов используются «реальные» звуки, качество звука, полученного в результате синтеза, получается очень высоким и приближается к качеству звучания реальных музыкальных инструментов.

Звуковые файлы имеют несколько форматов.  
Наиболее популярные из них MIDI, WAV, MP3.

# ФОРМАТЫ ЗВУКОВЫХ ФАЙЛОВ

**WAVE (.wav)** (*waveform*) представляет произвольный звук в виде цифрового представления исходного звукового колебания или звуковой волны. Все стандартные звуки Windows имеют расширение WAV. Широко распространенный формат.

**MPEG-3 (.mp3)** (*MPEG-1 Audio Layer 3*) — один из цифровых форматов хранения звуковой информации. Он обеспечивает более высокое качество кодирования. Наиболее популярный на сегодняшний день формат звуковых файлов.

**MIDI (.mid)** (*Musical Instrument Digital Interface*) изначально был предназначен для управления музыкальными инструментами. В настоящее время используется в области электронных музыкальных инструментов и компьютерных модулей синтеза.

Содержат не сам звук, а только команды для воспроизведения звука. Звук синтезируется с помощью FM- или WT-синтеза.

**Real Audio (.ra, .ram)** - разработан для воспроизведения звука в Internet в режиме реального времени.

**MOD (.mod)** - музыкальный формат, в нем хранятся образцы оцифрованного звука, которые можно затем использовать как шаблоны для индивидуальных нот.

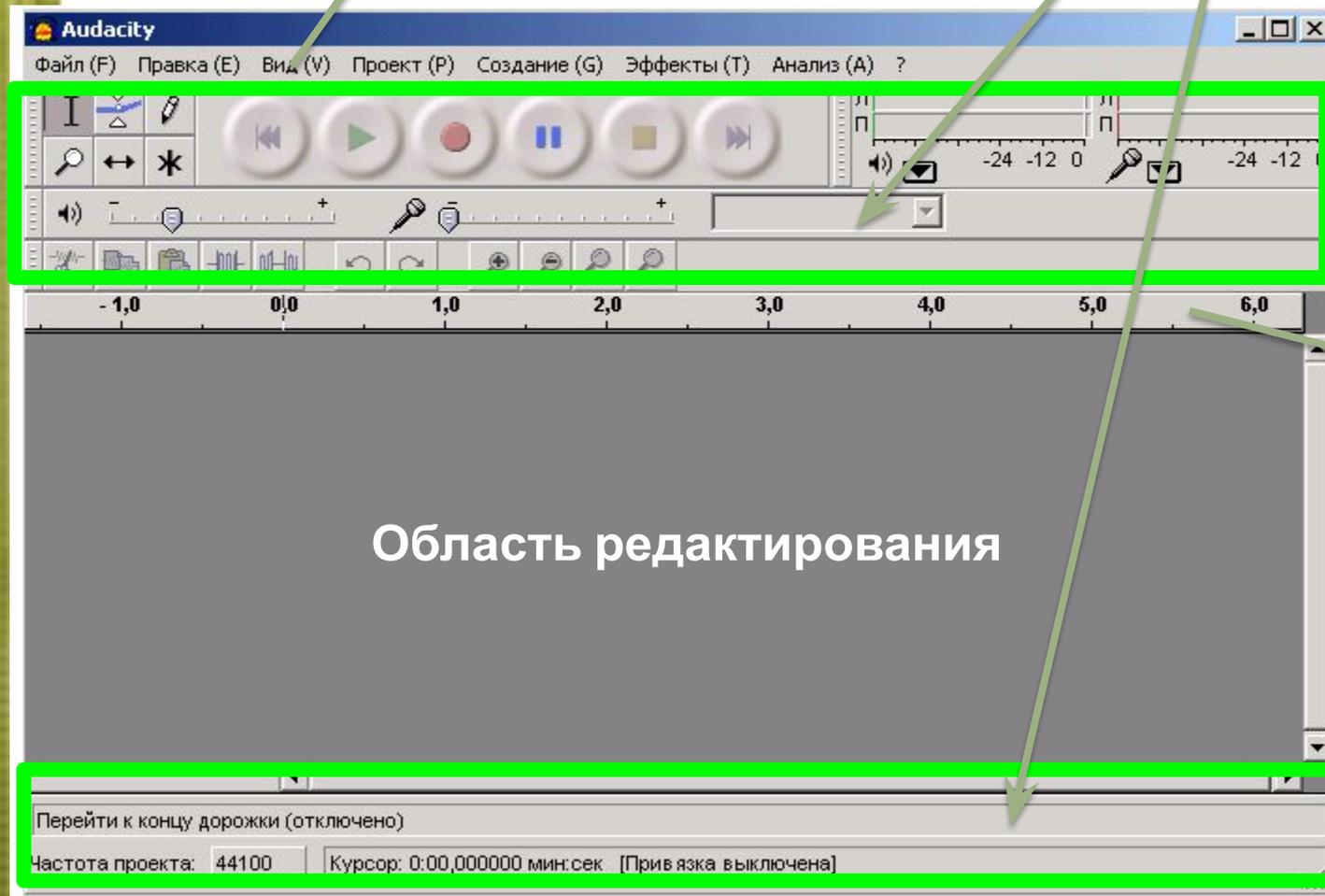
## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10**

**«Создание и редактирование  
оцифрованного звука»**

# ЗВУКОВОЙ РЕДАКТОР Audacity

Главное меню

Панели инструментов



Временная шкала

Область редактирования

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

**Выучить конспект, решить задачи в тетради.**

## Задачи

### «Кодирование звуковой информации»

#### Уровень «5»

Определите длительность звукового файла, который уместится на гибкой дискете 3,5". Учтите, что для хранения данных на такой дискете выделяется 2847 секторов объемом 512 байт.

- а) при низком качестве звука: моно, 8 бит, 8 кГц;
- б) при высоком качестве звука: стерео, 16 бит, 48 кГц.

#### Уровень «4»

В распоряжении пользователя имеется память объемом 2,6 Мб. Необходимо записать цифровой аудиофайл с длительностью звучания 1 минута. Какой должна быть частота дискретизации и разрядность?

#### Уровень «3»

Определить объем памяти для хранения цифрового аудиофайла, время звучания которого составляет две минуты при частоте дискретизации 44,1 кГц и разрешении 16 бит.