

---

# Кодирование звука

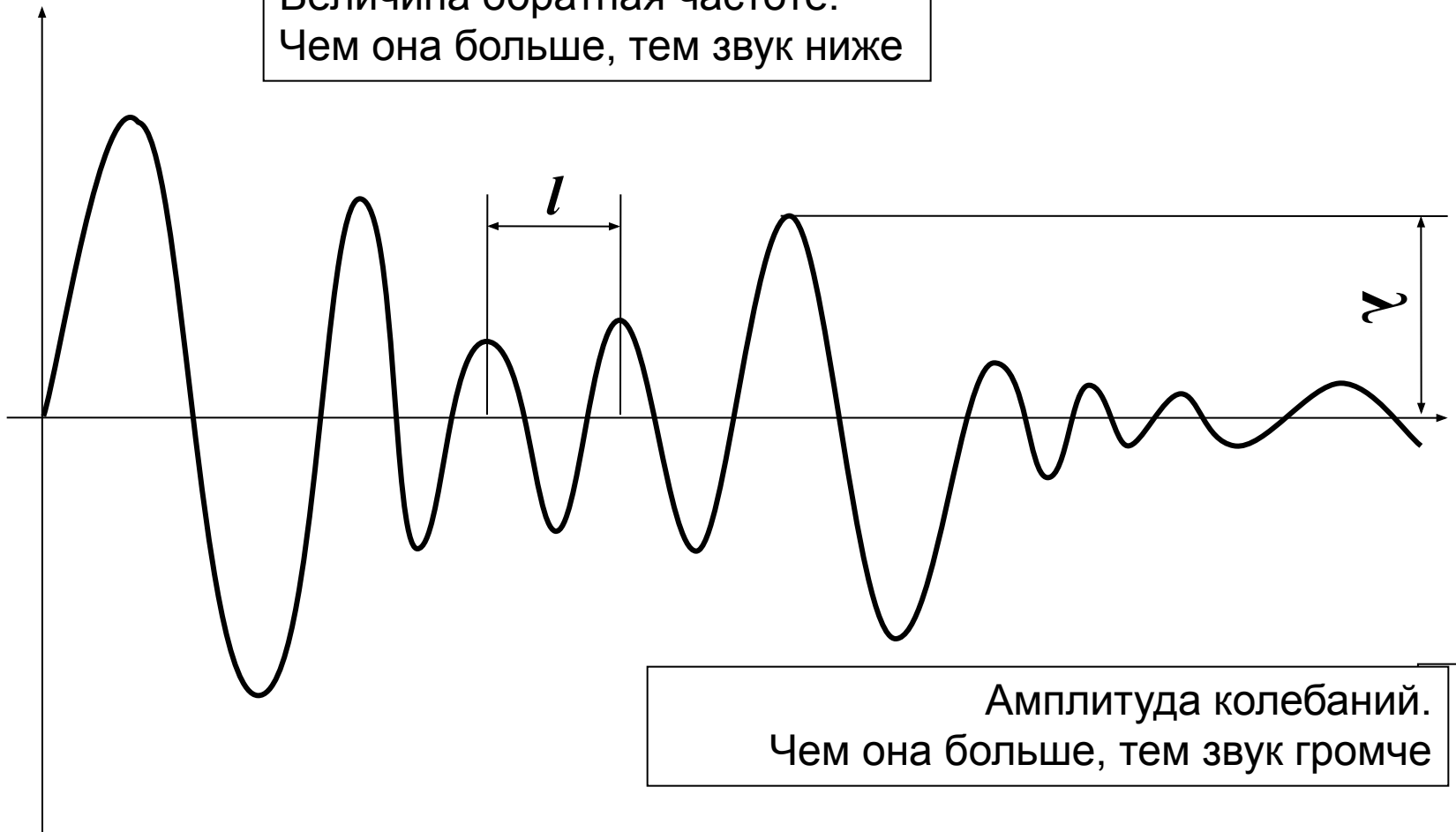
---

## Временная дискретизация

<http://www.uchportal.ru/load/18-1-0-22914>

# Непрерывная звуковая волна

Длина волны.  
Величина обратная частоте.  
Чем она больше, тем звук ниже



Амплитуда колебаний.  
Чем она больше, тем звук громче

# Основные характеристики звука

- Длина волны и частота:

$$l = 1/\nu$$

Чем больше длина волны, тем меньше частота.  
Измеряется в количестве колебаний в секунду  
(1/сек)

- Амплитуда колебаний.

Соответствует громкости звука.

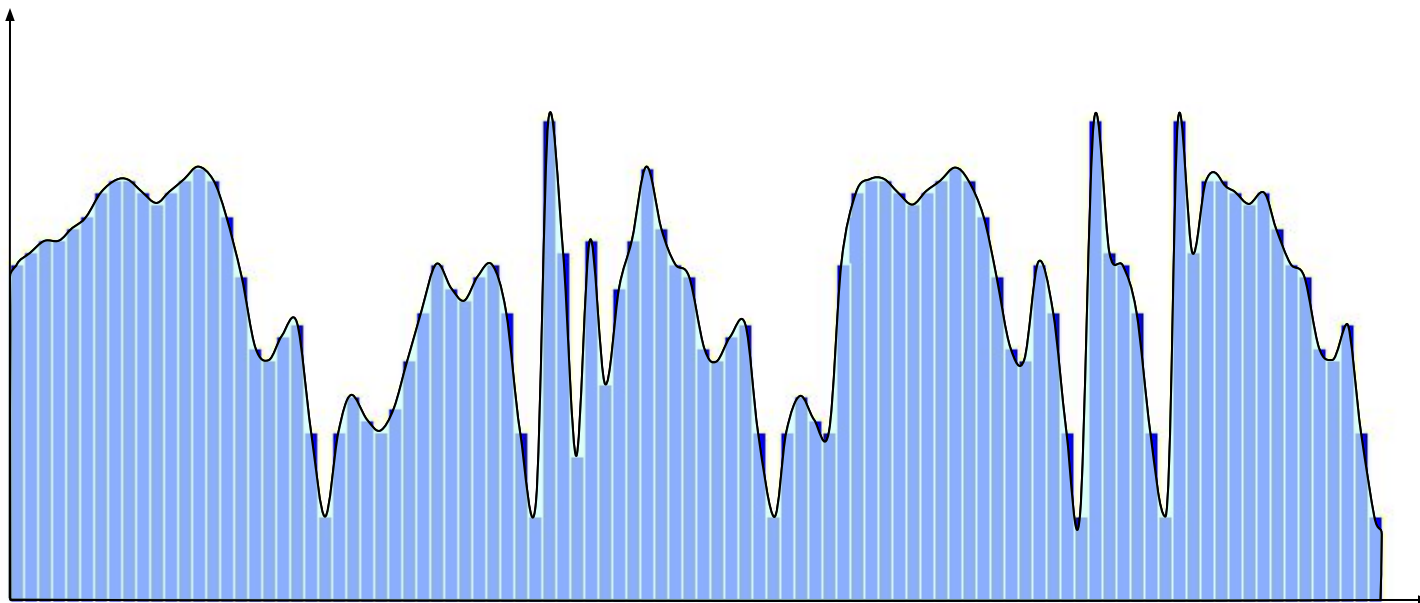
Громкость измеряется в *децибелах (дБ)*

# Громкость звука

<b>Звук</b>	<b>Громкость</b>
Нижний предел чувствительности человеческого уха	0 дБ
Шорох листьев	10 дБ
Разговор	60 дБ
Гудок автомобиля	90 дБ
Реактивный двигатель	120 дБ
Болевой порог	140 дБ

# Временная дискретизация звука

Процесс разбиения непрерывной звуковой волны на отдельные (дискретные) временные участки, для которых может быть установлены различные уровни громкости



# Частота дискретизации

- Для записи аналогового сигнала и его преобразования в цифровую форму используется микрофон, подключенный к звуковой карте
- Качество звука зависит от количества измерений уровня звука в секунду
- Количество измерений уровня звука в единицу времени называется **частотой дискретизации**
- Частота дискретизации лежит в диапазоне от 8 000 до 48 000 измерений в секунду

# Глубина дискретизации

- Каждому дискретному временному отрезку – каждой «ступеньке» – присваивается определенный уровень громкости ( $N$ ), для кодирования которых требуется определенный объем информации ( $I$ )

**Глубина кодирования звука** – количество информации, необходимое для кодирования дискретных уровней громкости цифрового звука

$$N = 2^I$$

# Пример

- Известна глубина кодирования – 16 бит (I).  
Рассчитать количество возможных уровней громкости внутри одного измерения звука (N)
- По формуле  $N = 2^I$  находим:

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

- Каждому уровню громкости присваивается одно из 65 536 значений, которое кодируется двоичными числами от  
0000 0000 0000 0000 (минимальный уровень) до  
1111 1111 1111 1111 (максимальный уровень)



---

## Вопрос: назовите основные характеристики аналогового звука

### ■ Частота

(количество вершин на единицу длины оси абсцисс)

От нее зависит высота тона звука.

Измеряется в 1/сек

### ■ Амплитуда

(высота вершин на графике – координаты по оси ординат)

От нее зависит громкость звука

Измеряется в децибелах

---

---

## Вопрос: назовите основные характеристики цифрового звука

- **Частота дискретизации**

(количество «ступенек» на единицу длины оси абсцисс)

Определяет высоту тона звука

Измеряется в 1/сек

- **Глубина дискретизации**

(на сколько частей может быть разбита одна «ступенька» на графике в высоту)

Определяет громкость звука

Измеряется в битах

---

---

# Качество оцифрованного звука

Совокупная характеристика качества цифрового звука – профессиональный термин звукорежиссеров и DJ'ев – ***битрейт***, представляет собой произведение количества каналов на частоту и на глубину дискретизации .

Измеряется:  $\text{бит} \times 1/\text{сек} = \text{бит/сек}$

---

# Качество оцифрованного звука

Самое низкое качество цифрового звука  
(качество телефонной связи)  
соответствует:

- 8 000 измерений в секунду (1/сек)
- 8 бит глубины звука
- Один канал (моно)

Битрейт:

- $1 \times 8 \times 8000 = 64000 = 62,5$  кбит/сек

---

## Качество оцифрованного звука

Самое высокое качество цифрового звука (аудио-CD) соответствует:

- 48 000 измерений в секунду (1/сек)
- 16 бит глубины звука
- Два канала (стерео)

Битрейт:

- $48\,000 \times 16 \times 2 = 1\,536\,000 \approx 1,5$  Мбит/сек

Современные аудиосистемы кроме стерео поддерживают т.н. **квадрозвук** – 4 канала

---

---

# Информационный объем звукового файла

- Чем выше качество звука, тем больше требуется дискового пространства для его хранения и оперативной памяти для его обработки.
  - Информационный объем определяется как произведение глубины и частоты дискретизации на длительность воспроизведения и на количество каналов  
*(или произведение битрейта на длительность)*
-

# Пример

Определить информационный объем 5-секундной стереозвуковой дорожки с глубиной кодирования 16 бит и частотой дискретизации 24 000 1/с

■ **Решение:**

$$\begin{aligned} & \mathbf{16 \text{ бит} \times 24\ 000 \text{ 1/сек} \times 5 \text{ сек} \times 2 \text{ (канала)} =} \\ & \mathbf{= 3\ 840\ 000 \text{ бит} = 468,75 \text{ кБ}} \end{aligned}$$

---

# Программное обеспечение для работы со звуком

Различают:

- Средства записи звука
  - Звуковые редакторы
  - Плееры
-



---

# Хранение цифрового звука

- В виде ***аудиотреков*** на аудио-CD
  - В виде звуковых файлов
-

---

# Хранение цифрового звука.

## Audio Track

- Аудиотрек представляет собой формат записи звука в виде непрерывного цифрового потока.  
Аналогично звуковым дорожкам на виниловых дисках.
  - Звук хранится без сжатия.
  - Аудиодорожка воспринимается компьютером, как файл с расширением \*.cda (Compact Disk Audio). Он хорошо воспроизводится плеером, но его нельзя скопировать.
-

---

# Хранение цифрового звука.

## Звуковые файлы

Наиболее распространенные форматы звуковых файлов:

- wav (wave)
- wma (Windows Media Audio)
- mid (midi)
- mp3
- и др.

Из них только wav хранит несжатый звук, все остальные используют сжатие

---

---

# Сжатие звуковой информации

- При сохранении звука в форматах со сжатием происходит отбрасывание не воспринимаемых человеческим ухом частот с малой амплитудой.
  - Сжатие до десятков раз
  - Потеря информации, что может привести к ухудшению качества звука
-

---

# Работа со сжатым звуком

- При работе со сжатым звуком файл сначала распаковывается и только потом поступает на обработку плеером или редактором.
  - Для распаковки/сжатия аудио применяются специальные программы *аудиокодеки* (Audio **C**oder/**D**ecoder)
-

# Задание 1

Звуковая плата производит кодирование аналогового звукового сигнала. Какое количество информации необходимо для кодирования каждого из 65 536 возможных уровней громкости сигнала?

**Решение:**

$$2^i = 65\ 536$$

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

$$i = 16$$

## Задание 2

Определить информационный объем  
10-секундной звуковой дорожки при:

- a. Моно, 8 бит, 8 000 измерений
- b. Стерео, 16 бит, 48 000 измерений

### **Решение:**

- a.  $1 \times 8 \times 8\,000 \times 10 = 640\,000 = 78,1 \text{ (кБ)}$
- b.  $2 \times 16 \times 48\,000 \times 10 = 15\,360\,000 = 1,83 \text{ (МБ)}$

---

## \*Задание 3

Определить длительность звукового файла, который может уместиться на дискете 3,5”.

Учесть, что для хранения данных на дискете доступно 2 847 секторов, объемом 512 байт каждый.

- a. Моно, 8 бит, 8 000 измерений
  - b. Стерео, 16 бит, 48 000 измерений
-



## \*Задание 3. Решение

Секторов	Объем сектора	Вместимость дискеты, бит
2 847	512	$2\,847 \times 512 \times 8 = 11\,661\,312$

	Каналов	Глубина	Частота	Битрейт	Длит-ть, сек
a)	1	8	8 000	64 000	182,2
b)	2	16	48 000	1 536 000	7,6

## Задание 4

Подсчитать, сколько места будет занимать одна минута цифрового стереозвука с частотой 44.1 кГц и разрядностью 16 бит

Решение.

**Число каналов:** 2

**Длительность звучания:**  
60 сек

**Частота дискретизации:**  
 $44,1 * 1\ 000 = 44\ 100$  Гц (44 100 1/сек)

**Разрядность:** 16 бит

**Информационный объем:**  
 $2 * 60 * 44\ 100 * 16 =$   
 $= 84\ 672\ 000$  бит =  
 $= 10\ 584$ байт  $\approx 10$  Мб

## Задание 5

Подсчитать, сколько места будет занимать две минуты цифрового стереозвука с частотой 11 кГц и разрядностью 16 бит

Решение.

**Число каналов:** 2

**Длительность звучания:**

$$2 * 60 = 120 \text{ сек}$$

**Частота дискретизации:**

$$11 * 1\,000 =$$

$$= 11\,000 \text{ Гц (11\,000 1/сек)}$$

**Разрядность:** 16 бит

**Информационный объем:**

$$2 * 120 * 11\,000 * 16 =$$

$$= 42\,240\,000 \text{ бит} =$$

$$= 5\,280\,000 \text{ байт} \approx 5 \text{ Мб}$$

## Задание 6

Подсчитать, сколько  
места будет  
занимать семь  
минут цифрового  
монозвука с  
частотой 22 кГц и  
разрядностью 8 бит

Решение.

**Число каналов:** 1

**Длительность звучания:**

$$7 * 60 = 420 \text{ сек}$$

**Частота дискретизации:**

$$22 * 1\,000 =$$

$$= 22\,000 \text{ Гц (22\,000 1/сек)}$$

**Разрядность:** 8 бит

**Информационный объем:**

$$1 * 420 * 22\,000 * 8 =$$

$$= 73\,920\,000 \text{ бит} =$$

$$= 9\,240\,000 \text{ байт} \approx 8,8 \text{ Мб}$$

# Задание 7

Подсчитать, сколько места будет занимать три минуты цифрового стереозвука с частотой 32 кГц и разрядностью 8 бит

Решение.

**Число каналов:** 2

**Длительность звучания:**

$$3 * 60 = 180 \text{ сек}$$

**Частота дискретизации:**

$$32 * 1\,000 =$$

$$= 32\,000 \text{ Гц (32\,000 1/сек)}$$

**Разрядность:** 8 бит

**Информационный объем:**

$$2 * 180 * 32\,000 * 8 =$$

$$= 92\,160\,000 \text{ бит} =$$

$$= 11\,520\,000 \text{ байт} \approx 11 \text{ Мб}$$

# Задание 8

Какой объем данных имеет моноаудиофайл, длительность звучания которого 1 секунда, при среднем качестве звука (16 бит, 24 кГц)?

Решение.

**Число каналов:** 1

**Длительность звучания:** 1 с

**Частота дискретизации:**

$$\begin{aligned} 24 * 1\,000 &= \\ &= 24\,000 \text{ Гц (24\,000 1/сек)} \end{aligned}$$

**Разрядность:** 16 бит

**Информационный объем:**

$$\begin{aligned} 1 * 1 * 24\,000 * 16 &= \\ &= 384\,000 \text{ бит} = \\ &= 48\,000 \text{ байт} \approx 47 \text{ кб} \end{aligned}$$

# Задание 9

Рассчитайте объем стереоаудиофайла длительностью 20 секунд при 20-битном кодировании и частоте дискретизации 44.1 кГц.

Решение.

**Число каналов:** 2

**Длительность звучания:**  
20 с

**Частота дискретизации:**  
 $44,1 * 1\ 000 =$   
 $= 44\ 100\ \text{Гц} (44\ 100\ 1/\text{сек})$

**Разрядность:** 20 бит

**Информационный объем:**  
 $2 * 20 * 44\ 100 * 20 =$   
 $= 35\ 280\ 000\ \text{бит} =$   
 $= 4\ 410\ 000\ \text{байт} \approx 4,2\ \text{Мб}$

# Задание 10

Определите количество уровней звукового сигнала при использовании 8-битных звуковых карт

Решение.

Количество возможных уровней громкости сигнала

$$N = 2^1$$

$$N = 2^8$$

$$N = 256$$

Ответ: а. 256 уровней



# Задание 11

Подсчитать объем файла с 10 минутной речью записанного с частотой дискретизации 11 025 Гц и разрядностью кода 4 бита на 1 измерение.

Решение.

**Число каналов:**

речь принято записывать в режиме моно (1 канал)

**Длительность звучания:**

$10 * 60 = 600$  сек

**Частота дискретизации:**

11 025 Гц (11 025 1/сек)

**Разрядность:** 4 бит

**Информационный объем:**

$1 * 600 * 11\,025 * 4 =$

$= 26\,460\,000$  бит =

$= 3\,307\,500$  байт  $\approx 3,15$  Мб

# Задание 12

Подсчитать время звучания звукового файла объемом 3,5 Мбайт, содержащего стереозапись с частотой дискретизации 44 100 Гц и разрядностью кода 16 бит на 1 измерение

Решение.

**Число каналов:** 2

**Длительность звучания:** X

**Частота дискретизации:**

44 100 Гц (44 100 1/сек)

**Разрядность:** 16 бит

**Информационный объем:**

$$2 * X * 44\ 100 * 16 = 3,5 \text{ (Мб)}$$

$$1\ 411\ 200 * X = 29\ 360\ 128$$

$$X = 20,8 \text{ (сек)}$$

## Задание 13

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?

Решение.

**Число каналов:**

X. Пусть X=1

**Длительность звучания:**

60 сек

**Частота дискретизации:** Y

**Разрядность:** Z (8 или 16)

**Информационный объем:**

2,6Мб = 21 810 381 бит

$$1 * 60 * Y * Z = 21 810 381$$

$$YZ = 363 506,35$$

При Y=8 Z=45438 Гц = 45,44 кГц  $\approx$  44,1 кГц (standard)

При Y=8 Z=22719 Гц = 22,72 кГц  $\approx$  22,05 кГц (standard)

# Задание 14

Объем свободной памяти на диске 5,25 Мб, разрядность звуковой платы 16. Какова длительность звучания цифрового аудиофайла, записанного с частотой дискретизации 22,05 кГц?

Решение.

**Число каналов:**

неизвестно, принимаем 1

**Длительность звучания:** X

**Частота дискретизации:**

$22,05 * 1\ 000 = 22\ 500$  Гц

**Разрядность:** 16 бит

**Информационный объем:**

$$5,25\ \text{Мб} = 44\ 040\ 192\ \text{бит}$$

$$1 * X * 22500 * 16 = 5,25\ (\text{Мб})$$

$$360\ 000 * X = 44\ 040\ 192$$

$$X = 122,3\ (\text{сек})$$

# Задание 15

Одна минута записи цифрового аудиофайла занимает на диске 1,3 Мб, разрядность звуковой платы 8. С какой частотой дискретизации записан звук?

Решение.

**Число каналов:** X. Пусть X=1

**Длительность звучания:**

60 сек

**Частота дискретизации:** Y

**Разрядность:** 8 бит

**Информационный объем:**

$$1 * 60 * Y * 8 = 1,3 \text{ (Мб)}$$

$$480Y = 10\,905\,190 \text{ (бит)}$$

$$X \approx 22\,719 \text{ (бит/сек)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X \approx 22,05 \text{ кБит/сек (st.)}$$