
Кодирование звука

Временная дискретизация

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.

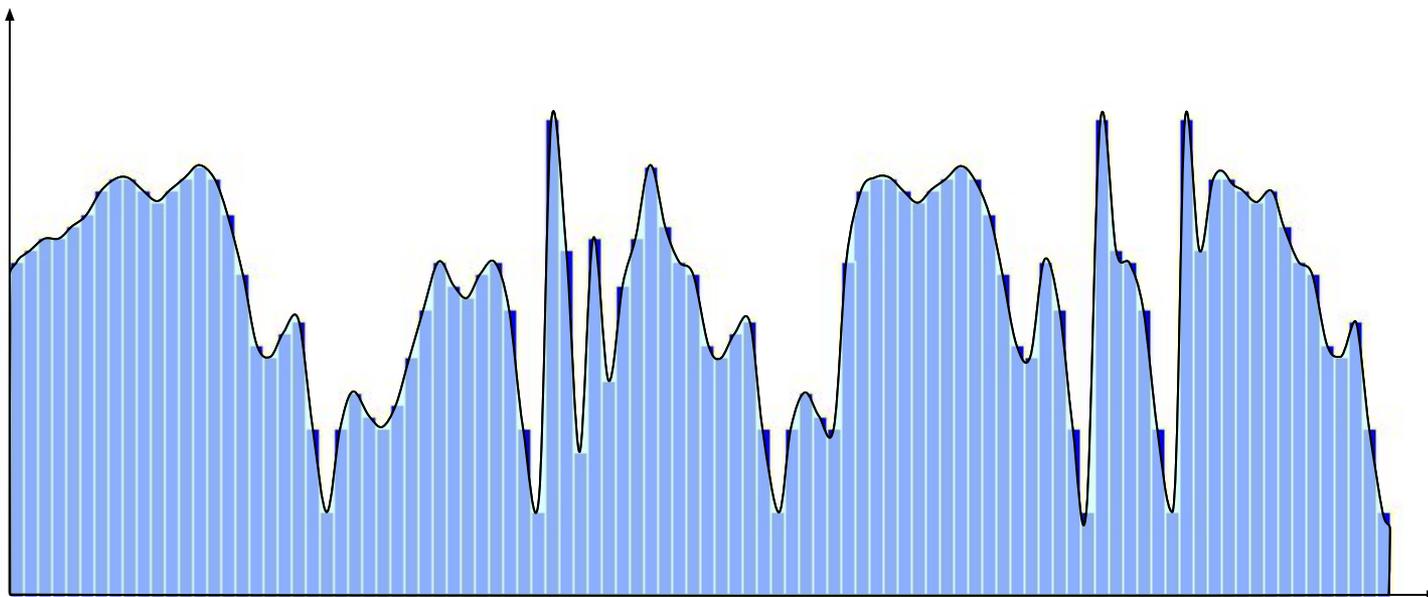
Соответствует громкости звука.
Громкость измеряется в *децибелах* (дБ)

Громкость звука

Звук	Громкость
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 ≈ 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:

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

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

$$N = 2^l$$

$$N = 2^8$$

$$N = 256$$

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:

$5,25\ \text{Мб} = 44\ 040\ 192$ бит

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

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

$X = 122,3$ (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:

$$\begin{aligned}1 * 60 * Y * 8 &= 1,3 \text{ (Мб)} \\480Y &= 10\,905\,190 \text{ (бит)} \\X &\approx 22\,719 \text{ (бит/сек)} \Rightarrow \\ \Rightarrow X &\approx 22,05 \text{ кБит/сек (st.)}\end{aligned}$$