Кодирование информации

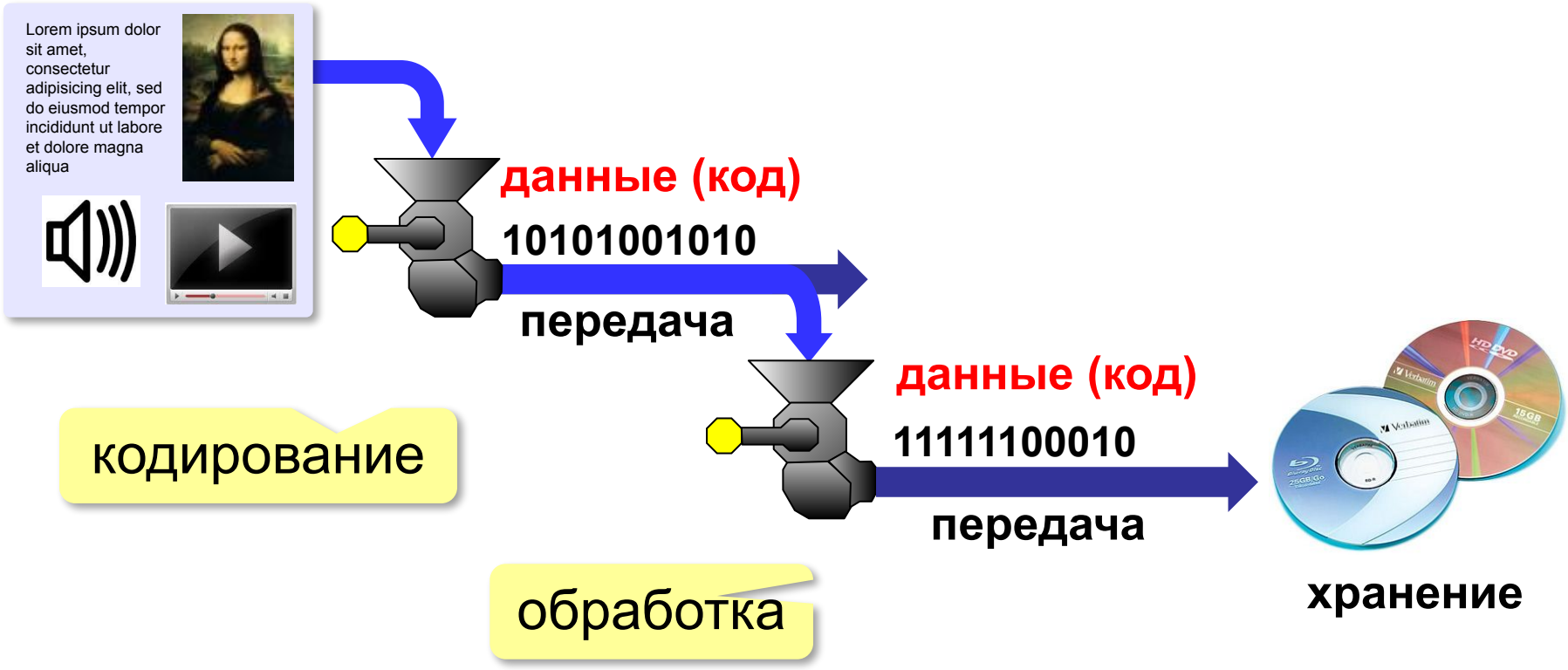
§ 15. Кодирование символов
§ 16. Кодирование графической информации
§ 17. Кодирование звуковой и видеоинформации

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2013 http://kpolyakov.spb.ru

Зачем кодировать информацию?

Кодирование — это представление информации в форме, удобной для её хранения, передачи и обработки.

В компьютерах используется двоичный код:



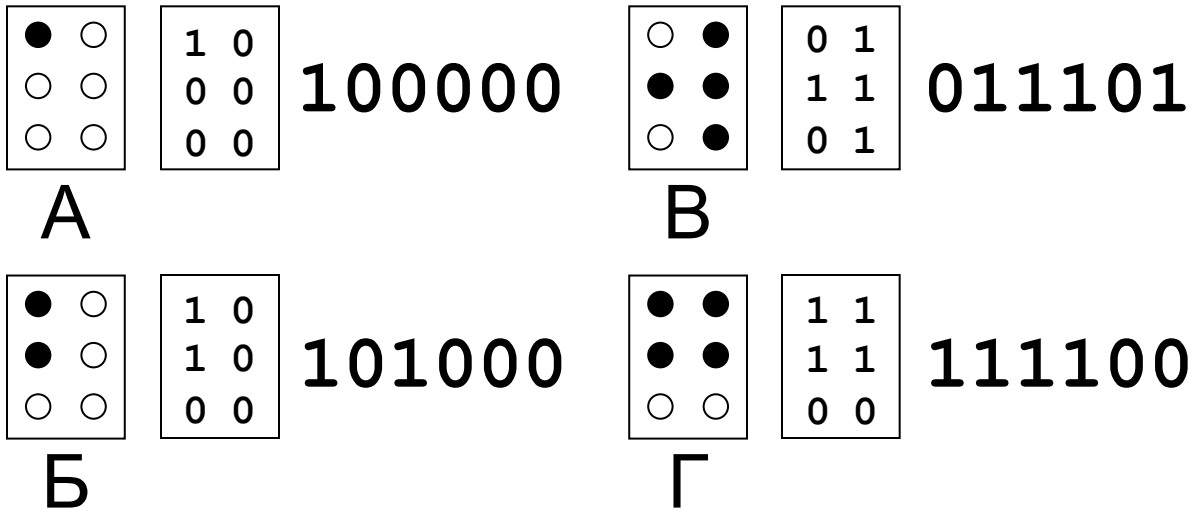
Кодирование информации

§ 15. Кодирование символов

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2013

Кодирование символов

Система Брайля:



Общий подход:

- нужно использовать N символов
- выберем число битов k на символ: $2^k \geq N$
- сопоставим каждому символу код – число от 0 до $2^k - 1$
- переведем коды в двоичную систему

Откуда формула?

Кодирование символов

Текстовый файл

- на экране (символы)
- в памяти – коды

1000001_2	1000010_2	1000011_2	1000100_2
65	66	67	68

! В файле хранятся не изображения символов, а их числовые коды!

Файлы со шрифтами: ***.fon**, ***.ttf**, ***.otf**

Кодировка ASCII (7-битная)

ASCII = *American Standard Code for Information Interchange*

Коды 0-127:

0-31 **управляющие символы**:
7 – звонок, 10 – новая строка,
13 – возврат каретки, 27 – Esc.

32 пробел

знаки препинания: . , : ; ! ?

специальные знаки: + – * / () {} []

48-57 цифры **0..9**

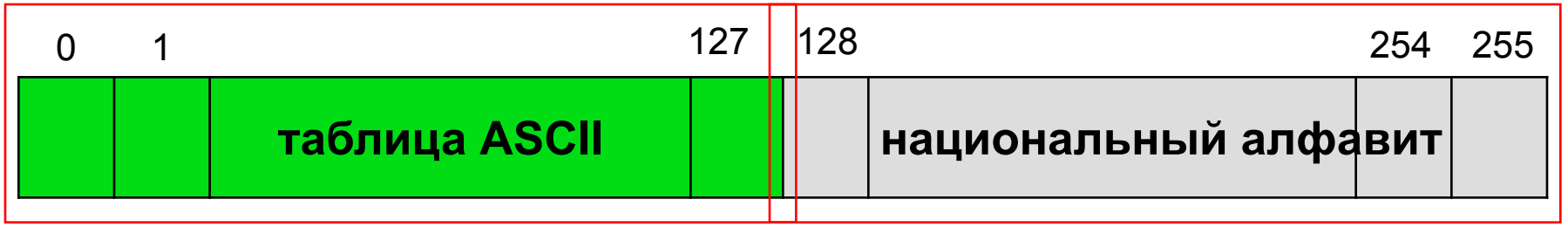
65-90 заглавные латинские буквы **A-Z**

97-122 строчные латинские буквы **a-z**

Где русские буквы?

8-битные кодировки

Кодовые страницы (расширения ASCII):



Для русского языка:

CP-866	для *MS DOS*
CP-1251	для *Windows* (Интернет)
KOI8-R	для *UNIX* (Интернет)
MacCyrillic	для компьютеров *Apple*

Проблема:

Windows-1251	*KOI8-R*
Привет, Вася!	оПХБЕР, бЮЯЪ!
рТЙЧЕФ, чБУС!	Привет, Вася!

8-битные кодировки

- 1 байт на символ – файлы небольшого размера!
- просто обрабатывать в программах

- нельзя использовать символы разных кодовых страниц одновременно (русские и французские буквы, и т.п.)
- неясно, в какой кодировке текст (перебор вариантов!)
- для каждой кодировки нужен свой шрифт (изображения символов)

Стандарт UNICODE

1 112 064 знаков, используются около **100 000**

Windows: **UTF-16**

16 битов на распространённые символы,
32 бита на редко встречающиеся

Linux: **UTF-8**

8 битов на символ для ASCII,
от 16 до 48 бита на остальные

- совместимость с ASCII
- более экономична, чем UTF-16, если много символов ASCII

2010 г. – 50% сайтов использовали UTF-8!

Кодирование информации

§ 16. Кодирование графической информации

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2013

Растровое кодирование

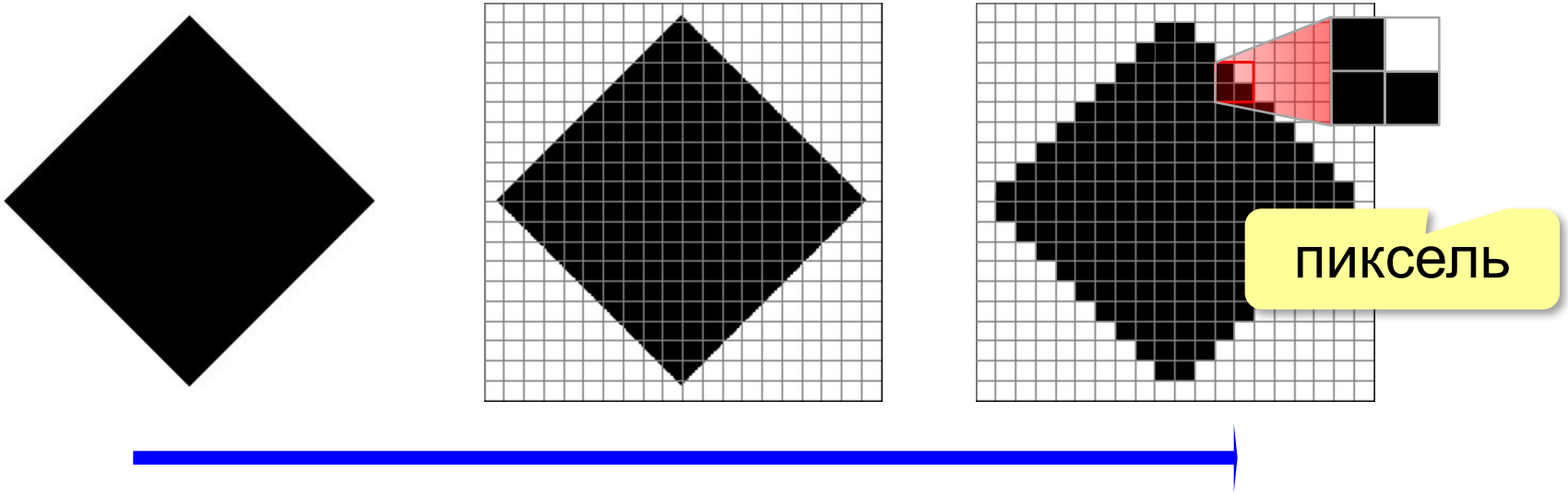
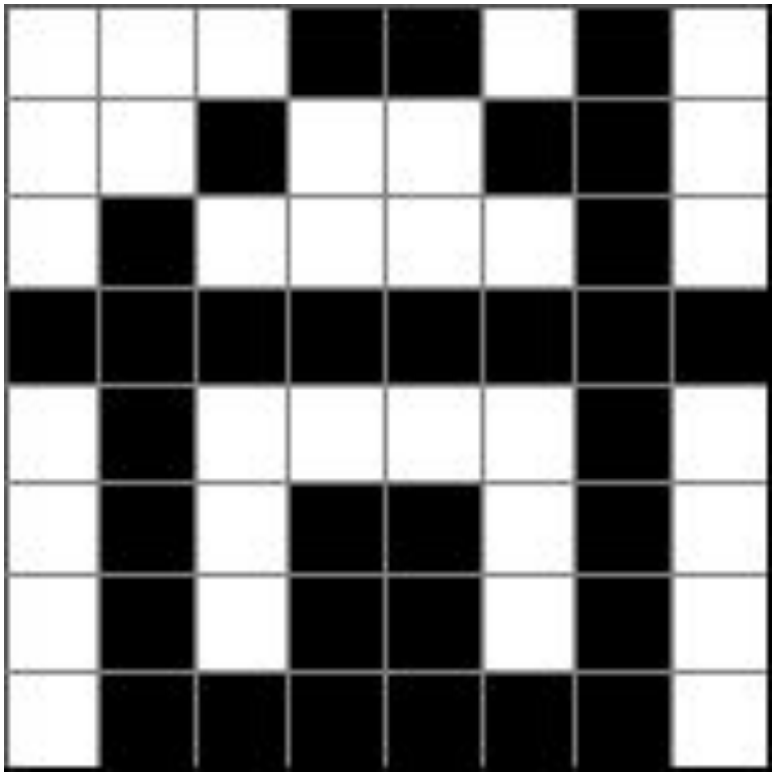


Рисунок искажается!

Пиксель – это наименьший элемент рисунка, для которого можно задать свой цвет.

Растровое изображение – это изображение, которое кодируется как множество пикселей.

Растровое кодирование

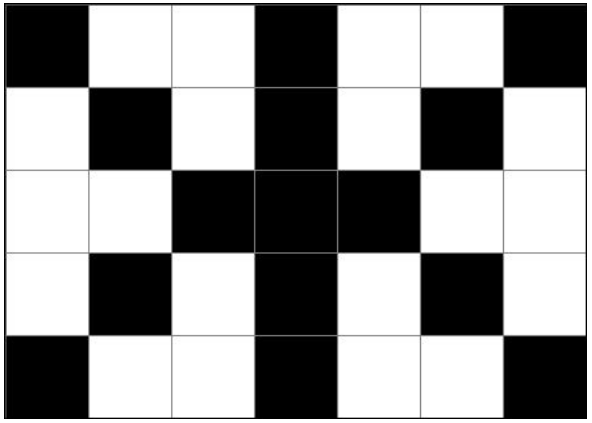


0	0	0	1	1	0	1	0	1A
0	0	1	0	0	1	1	0	26
0	1	0	0	0	0	1	0	42
1	1	1	1	1	1	1	1	FF
0	1	0	0	0	0	1	0	42
0	1	0	1	1	0	1	0	5A
0	1	0	1	1	0	1	0	5A
0	1	1	1	1	1	1	0	7E

$1A2642FF425A5A7E_{16}$

Задача

Закодируйте рисунок с помощью шестнадцатеричного кода:



Разрешение

Разрешение – это количество пикселей, приходящихся на дюйм размера изображения.

ppi = pixels per inch, пикселей на дюйм

1 дюйм = 2,54 см

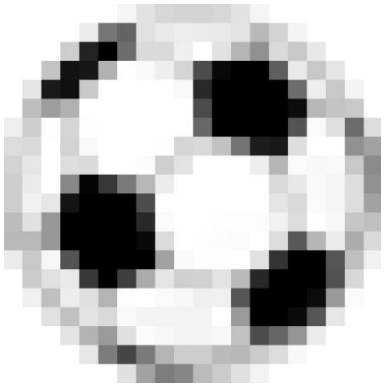
300 ppi

печать

96 ppi

экран

48 ppi



24 ppi

Разрешение

Задача 1. Какой размер в пикселях должен иметь закодированный рисунок с разрешением 300 ppi, чтобы с него можно было сделать отпечаток размером 10×15 см?

$$\text{высота} \quad \frac{10\text{ см} \times 300\text{ пикселей}}{2{,}54\text{ см}} \approx \textbf{1181 пиксель}$$

$$\text{ширина} \quad \frac{15\text{ см} \times 300\text{ пикселей}}{2{,}54\text{ см}} \approx \textbf{1771 пиксель}$$

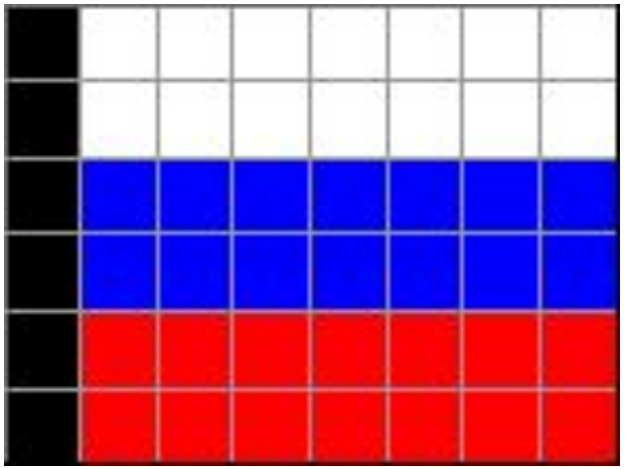
Разрешение

Задача 2. Закодированный рисунок имеет размеры 5760 × 3840 пикселей и разрешение 600 ppi. Какой размер будет у изображения, отпечатанного на принтере?

$$\text{ширина } \frac{5760 \text{ пикселей} \times 2{,}54 \text{ см}}{600 \text{ пикселей}} \approx \mathbf{24{,}4 \text{ см}}$$

$$\text{высота } \frac{3840 \text{ пикселей} \times 2{,}54 \text{ см}}{600 \text{ пикселей}} \approx \mathbf{16{,}3 \text{ см}}$$

Кодирование цвета

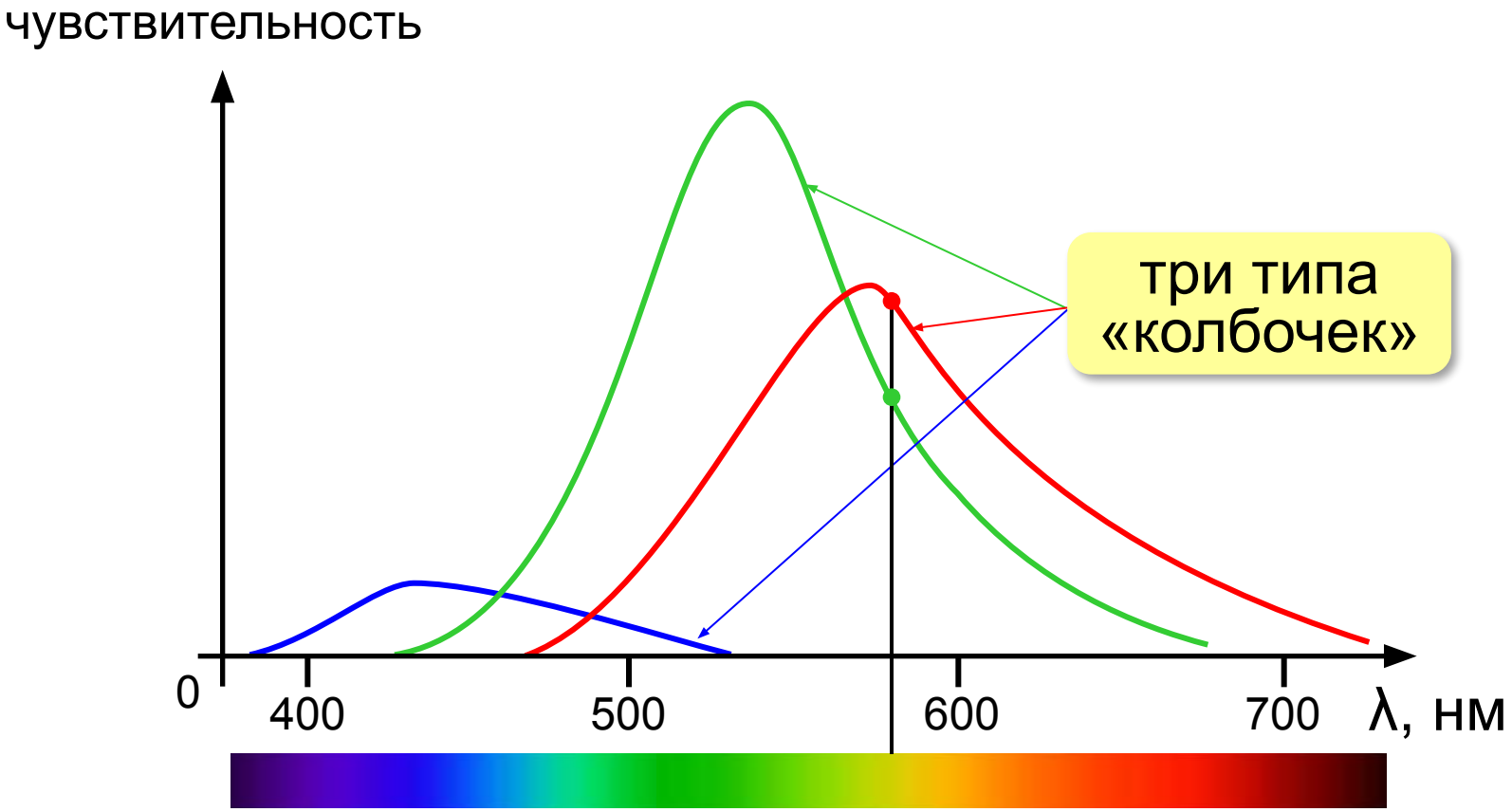


00	11	11	11	11	11	11	11
00	11	11	11	11	11	11	11
00	01	01	01	01	01	01	01
00	01	01	01	01	01	01	01
00	10	10	10	10	10	10	10
00	10	10	10	10	10	10	10

? Как выводить на монитор цвет с кодом 00?

? Как закодировать цвет в виде чисел?

Теория цвета Юнга-Гельмгольца



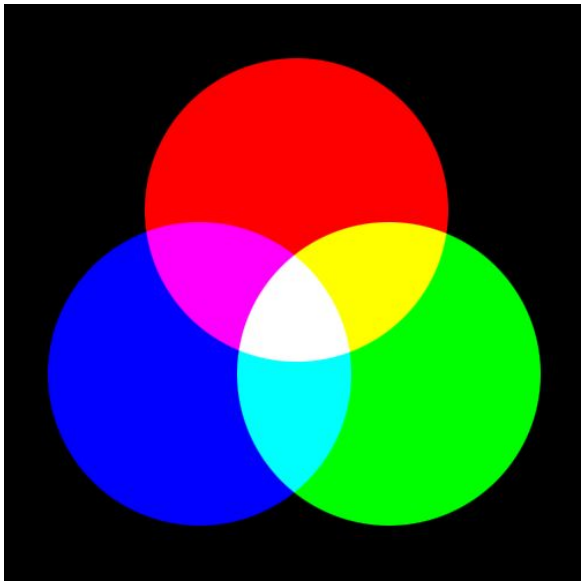
Свет любой длины волны можно заменить на красный, зелёный и синий лучи!

Цветовая модель RGB

Д. Максвелл, 1860

цвет = (R, G, B)

red	***green***	***blue***
красный	зеленый	синий
0..255	0..255	0..255



(0, 0, 0)
(255, 255, 255)
(255, 0, 0)
(255, 150, 150)
(0, 255, 0)
(255, 255, 0)
(0, 0, 255)
(100, 0, 0)

? Сколько разных цветов можно кодировать?

256·256·256 = **16 777 216** (*True Color,* «истинный цвет»)

! RGB – цветовая модель для устройств, излучающих свет (мониторов)!

Цветовая модель RGB

(255, 255, 0) → #FFFF00

	RGB	Веб-страница
	(0, 0, 0)	#000000
	(255,255,255)	#FFFFFF
	(255, 0, 0)	#FF0000
	(0, 255, 0)	#00FF00
	(0, 0, 255)	#0000FF
	(255, 255, 0)	#FFFF00
	(204,204,204)	#CCCCCC

Задачи

Постройте шестнадцатеричные коды:

RGB (100, 200, 200) →

RGB (30, 50, 200) →

RGB (60, 180, 20) →

RGB (220, 150, 30) →

Глубина цвета

Глубина цвета — это количество битов, используемое для кодирования цвета пикселя.

Сколько памяти нужно для хранения цвета 1 пикселя в режиме *True Color*?

R (0..255) 256 = 2^8 вариантов 8 битов = 1 байт

R G B: 24 бита = 3 байта

True Color (истинный цвет)

Задача. Определите размер файла, в котором закодирован растровый рисунок размером 20×30 пикселей в режиме истинного цвета (*True Color*)?

20 · 30 · 3 байта = **1800 байт**

Кодирование с палитрой

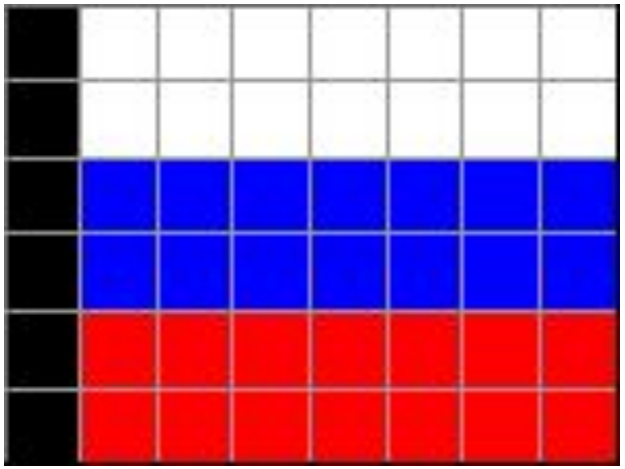
Как уменьшить размер файла?

- уменьшить разрешение
- уменьшить глубину цвета

снижается качество

Цветовая палитра – это таблица, в которой каждому цвету, заданному в виде составляющих в модели RGB, сопоставляется числовой код.

Кодирование с палитрой



00	11	11	11	11	11	11	11
00	11	11	11	11	11	11	11
00	01	01	01	01	01	01	01
00	01	01	01	01	01	01	01
00	10	10	10	10	10	10	10
00	10	10	10	10	10	10	10

Палитра:

0	0	0	0	0	255	255	0	0	255	255	255
цвет 00_2			цвет 01_2			цвет 10_2			цвет 11_2		

? Какая глубина цвета?

2 бита на пиксель

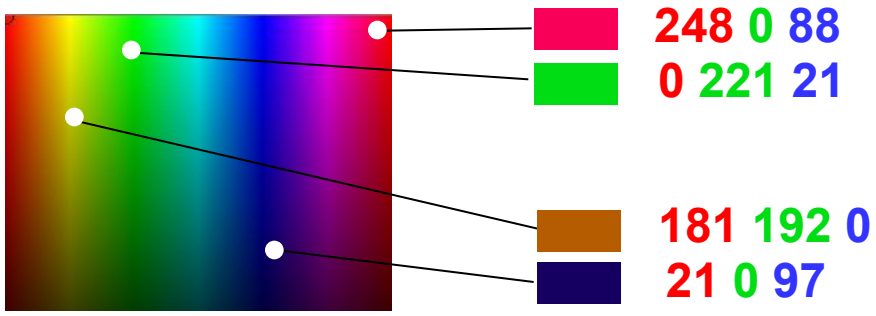
? Сколько занимает палитра?

$3 \cdot 4 = 12$ байтов

Кодирование с палитрой

Шаг 1. Выбрать количество цветов: 2, 4, … **256.**

Шаг 2. Выбрать 256 цветов из палитры:



Шаг 3. Составить палитру (каждому цвету – номер 0..255)

палитра хранится в начале файла

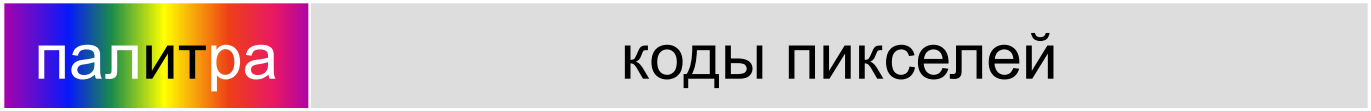
0	1		254	255
248 0 88	0 221 21	…	181 192 0	21 0 97

Шаг 4. Код пикселя = номеру его цвета в палитре

2	45	65	14	…	12	23

Кодирование с палитрой

Файл с палитрой:



Количество цветов	Размер палитры (байтов)	Глубина цвета (битов на пиксель)
2	6	1
4	12	2
16	48	4
256	768	8

Задачи

Задача 1. В процессе преобразования растрового графического файла количество цветов уменьшилось с 512 до 8. Во сколько раз уменьшился информационный объем файла?

Задача 2. Разрешение экрана монитора – 1024 x 768 точек, глубина цвета – 16 бит. Каков необходимый объем видеопамяти для данного графического режима?

Задача 3. Сколько байт будет занимать код рисунка размером 40×50 пикселей в режиме истинного цвета? при кодировании с палитрой 256 цветов?

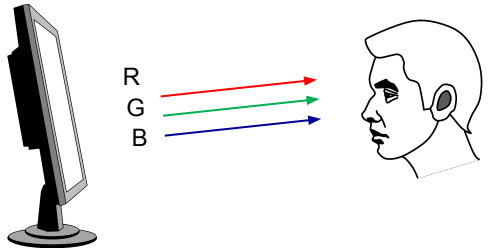
Задача 4. Для хранения растрового изображения размером 128 x 128 пикселей отвели 4 килобайта памяти. Каково максимально возможное число цветов в палитре изображения?

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2013 http://kpolyakov.spb.ru

Растровые рисунки: форматы файлов

Формат	True Color	Палитра	Прозрачность	Анимация
BMP				
JPG				
GIF				
PNG				

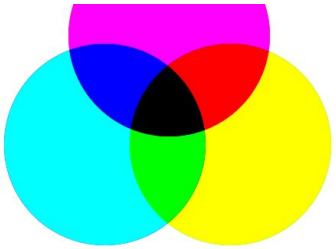
Кодирование цвета при печати (CMYK)



Белый – красный = голубой **C = Cyan**

Белый – зелёный = пурпурный **M = Magenta**

Белый – синий = желтый **Y = Yellow**



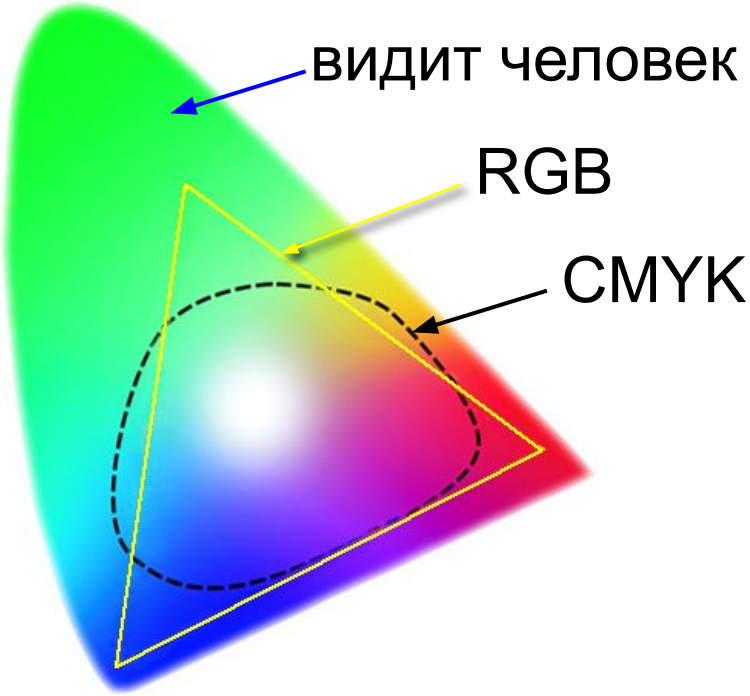
Модель CMY

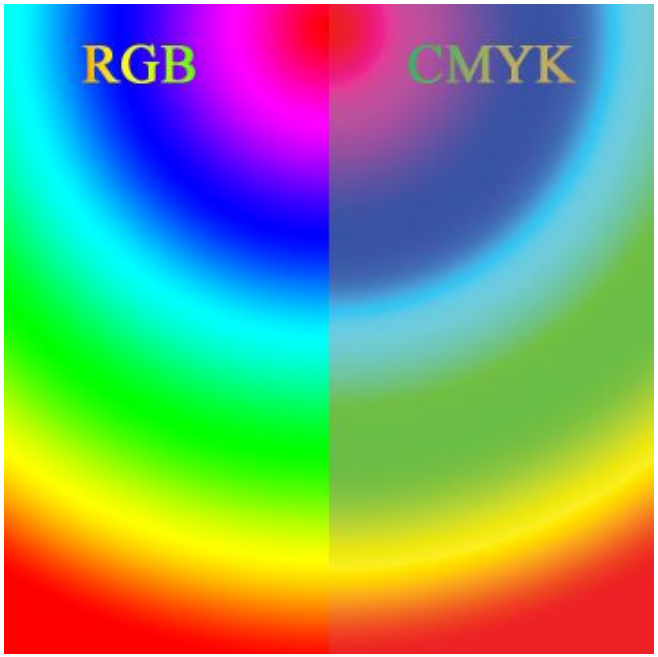
C	M	Y	
0	0	0	
255	255	0	
255	0	255	
0	255	255	
255	255	255	

Модель CMYK: + ***Key color***

- меньший расход краски и лучшее качество для чёрного и серого цветов

RGB и CMYK



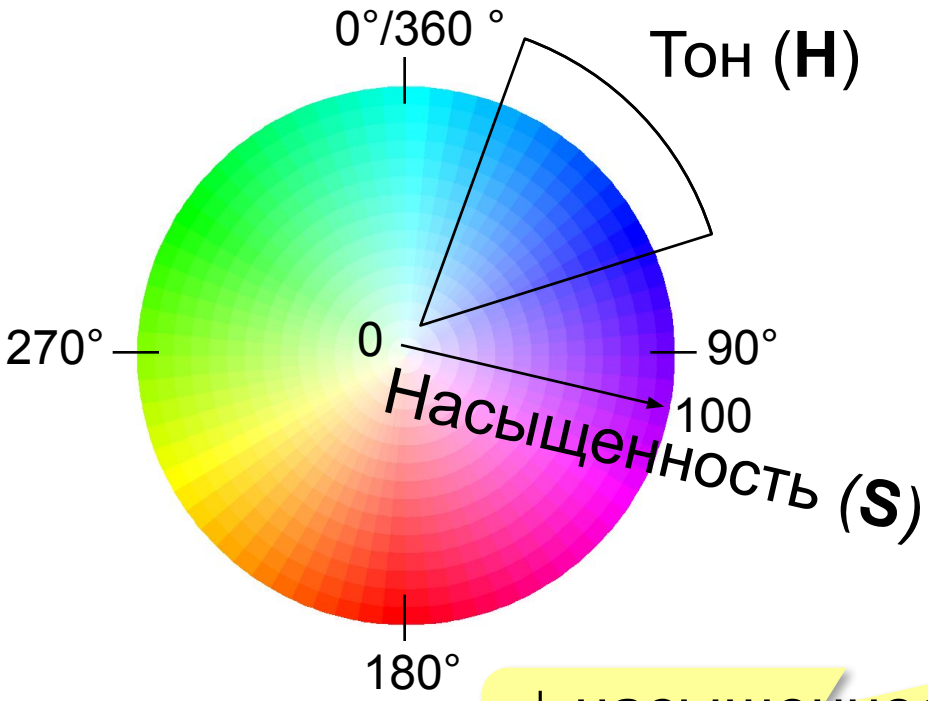


- не все цвета, которые показывает монитор (RGB), можно напечатать (CMYK)
- при переводе кода цвета из RGB в CMYK цвет искажается

RGB(0,255,0)
→ CMYK(65,0,100,0)
→ RGB(104,175,35)

Цветовая модель HSB (HSV)

HSB = ***H****ue* (тон, оттенок)
S*aturation* (насыщенность)
B*rightness* (яркость) или ***V****alue* (величина)



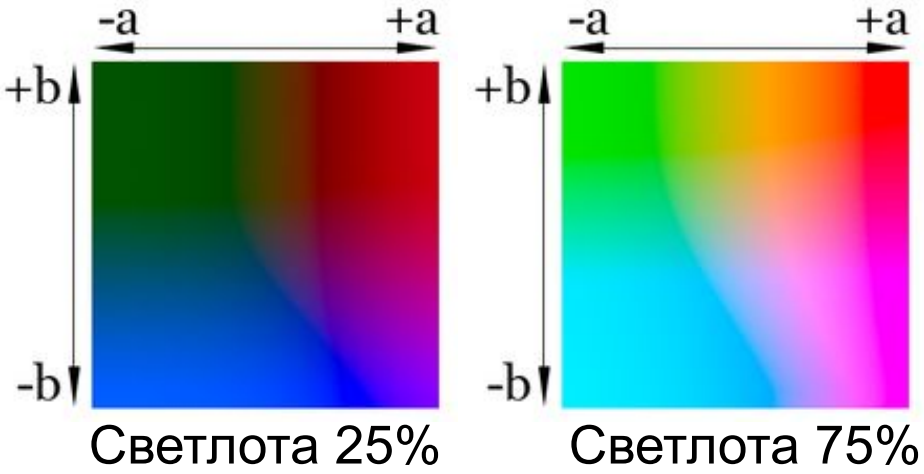
↓ насыщенность – добавить белого

↓ яркость – добавить чёрного

Цветовая модель Lab

Международный стандарт кодирования цвета, независимого от устройства (1976 г.)
Основана на модели восприятия цвета человеком.

Lab = *L*ightness (светлота)
a, b (задают цветовой тон)



Светлота 25% Светлота 75%

- для перевода между цветовыми моделями: RGB → Lab → CMYK
- для цветокоррекции фотографий

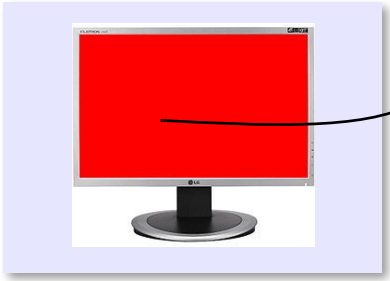
Профили устройств

Какой цвет увидим?

RGB(255,0,0)

как λ ≈ 680нм

RGB(255,0,0) →



профиль монитора

λ ≈ 680нм →

→ RGB(225,10,20)

профиль сканера

CMYK(0,100,100,0) →

профиль принтера

Растровое кодирование: итоги

- универсальный метод (можно закодировать любое изображение)
- единственный метод для кодирования и обработки размытых изображений, не имеющих чётких границ (фотографий)

- есть **потеря информации** (почему?)
- при изменении размеров цвет и форма объектов на рисунке **искажается**
- **размер файла** не зависит от сложности рисунка (а от чего зависит?)

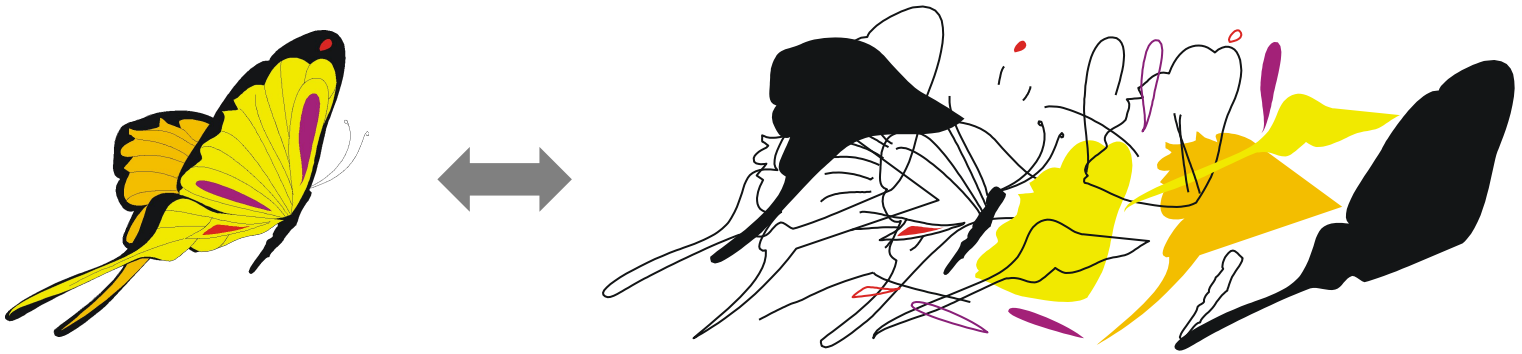
Векторное кодирование

Рисунки из геометрических фигур:

- отрезки, ломаные, прямоугольники
- окружности, эллипсы, дуги
- сглаженные линии (кривые Безье)

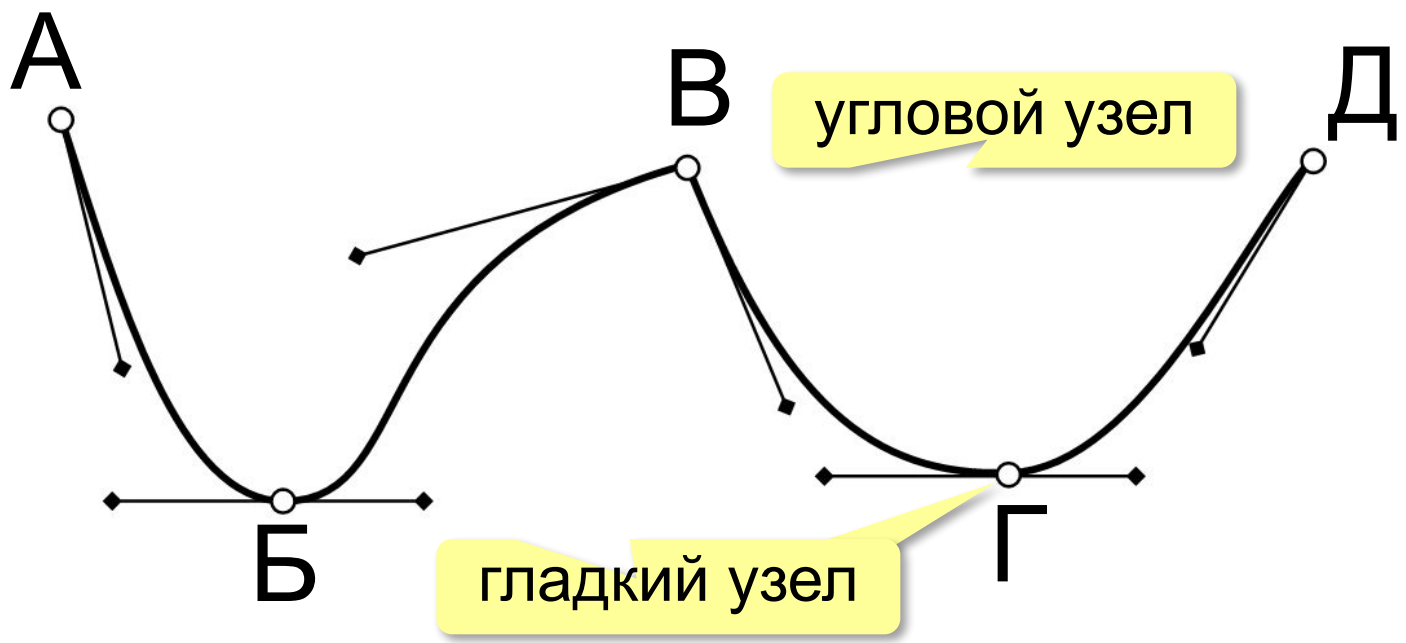
Для каждой фигуры в памяти хранятся:

- размеры и координаты на рисунке
- цвет и стиль границы
- цвет и стиль заливки (для замкнутых фигур)



Векторное кодирование

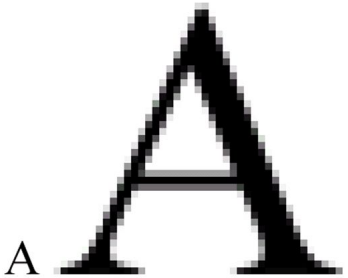
Кривые Безье:



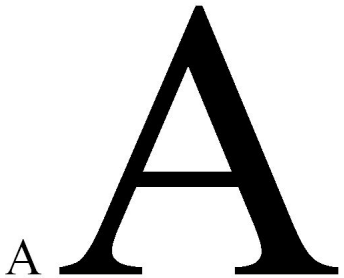
Хранятся координаты узлов и концов «рычагов» (3 точки для каждого узла, кривые 3-го порядка).

Векторное кодирование (итоги)

- лучший способ для хранения **чертежей, схем, карт**
- при кодировании **нет потери информации**
- при изменении размера **нет искажений**



растровый рисунок



векторный рисунок

- меньше **размер файла**, зависит от сложности рисунка

- неэффективно использовать для **фотографий** и размытых изображений

Векторное кодирование: форматы файлов

- **WMF** (*Windows Metafile*)
- **EMF** (*Windows Metafile*)
- **CDR** (программа *CorelDraw*)
- **AI** (программа *Adobe Illustrator*)
- **SVG** *(Scalable Vector Graphics,* масштабируемые векторные изображения*)*

для веб-страниц

Векторные рисунки: SVG

прямоугольник

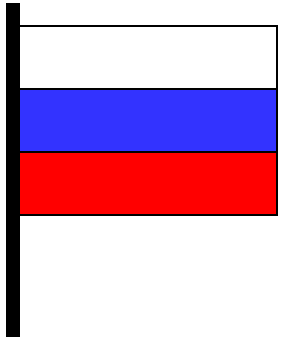
размеры

координаты

контур

заливка

```
<svg>

<rect width="135" height="30"
      x="0" y="10"
      stroke-width="1" stroke="rgb(0,0,0)"
      fill="rgb(255,255,255)"/>

<rect width="135" height="30" x="0" y="40"
      stroke-width="1" stroke="rgb(0,0,0)"
      fill="rgb(0,0,255)"/>

<rect width="135" height="30" x="0" y="70"
      stroke-width="1" stroke="rgb(0,0,0)"
      fill="rgb(255,0,0)"/>

<line x1="0" y1="0"
      x2="0" y2="150"
      stroke-width="15" stroke="rgb(0,0,0)" />

</svg>
```

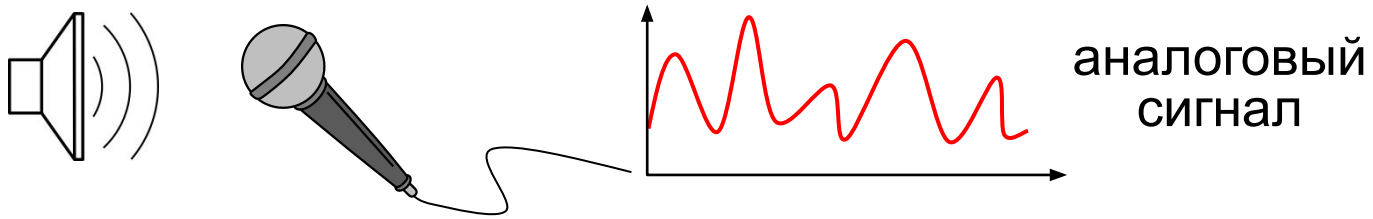


Кодирование информации

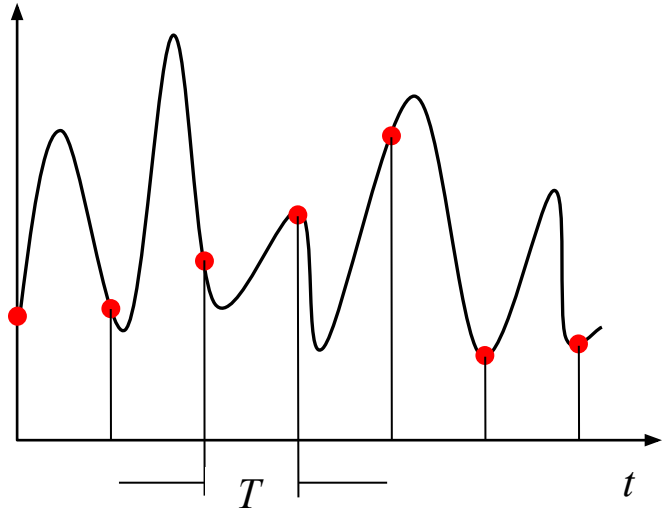
§ 17. Кодирование звуковой и видеоинформации

© К.Ю. Поляков, Е.А. Ерёмин, 2013

Оцифровка звука



Оцифровка – это преобразование аналогового сигнала в цифровой код (дискретизация).



T – интервал дискретизации (с)

$f = \frac{1}{T}$ – частота дискретизации (Гц, кГц)

8 кГц – минимальная частота для распознавания речи

11 кГц, 22 кГц,

44,1 кГц – качество CD-дисков

48 кГц – фильмы на DVD

96 кГц, 192 кГц

Человек слышит

16 Гц … 20 кГц

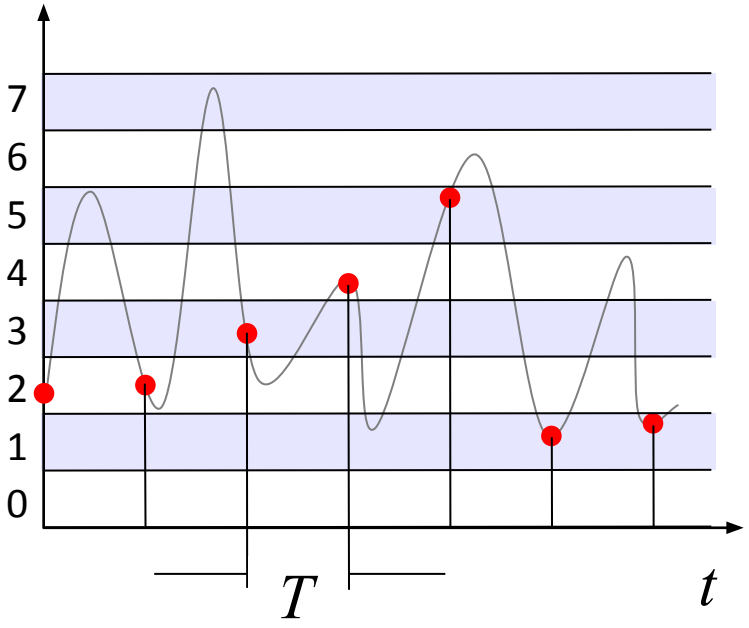
Оцифровка звука: квантование

Сколько битов нужно, чтобы записать число 0,6?

Квантование (дискретизация по уровню) – это представление числа в виде цифрового кода конечной длины.

АЦП = **А**налого-**Ц**ифровой **П**реобразователь

3-битное кодирование:



8 битов = 256 уровней

16 битов = 65536 уровней

24 бита = 2^{24} уровней

Разрядность кодирования — это число битов, используемое для хранения одного отсчёта.

Оцифровка звука

Задача. Определите информационный объем данных, полученных при оцифровке звука длительностью 1 минута с частотой 44 кГц с помощью 16-битной звуковой карты. Запись выполнена в режиме «стерео».

За 1 сек *каждый канал* записывает 44000 значений,
каждое занимает 16 битов = 2 байта
всего 44000 · 2 байта = 88000 байтов

С учётом «стерео»
всего 88000 · 2 = 176000 байтов

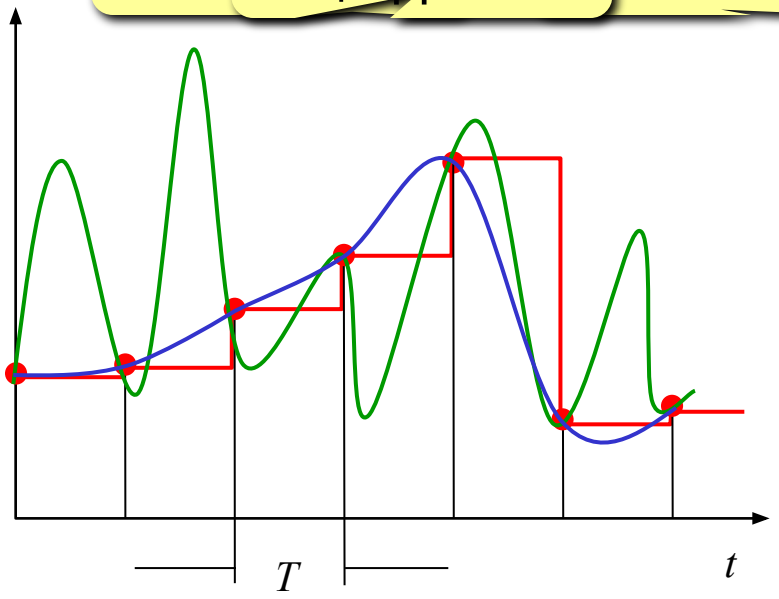
За 1 минуту
176000 · 60 = 1056000 байтов
≈ 10313 Кбайт ≈ 10 Мбайт

Оцифровка звука

Как восстановить сигнал?

ЦАП = **Ц**ифро-**А**налоговый **П**реобразователь

п… сгла… было до оцифровки … без …паживания



аналоговые устройства!

Как улучшить качество? — уменьшать T

Что при этом ухудшится? — ↑ размер файла

Оцифровка – итог

можно закодировать **любой звук** (в т.ч. голос, свист, шорох, …)

- есть **потеря информации**
- большой **объем файлов**

Какие свойства оцифрованного звука определяют качество звучания?

Форматы файлов:

WAV (*Waveform audio format),* часто без сжатия (размер!)

MP3 (*MPEG-1 Audio Layer 3*, сжатие с учётом восприятия человеком)

AAC (*Advanced Audio Coding*, 48 каналов, сжатие)

WMA (*Windows Media Audio,* потоковый звук, сжатие)

OGG (*Ogg Vorbis,* открытый формат, сжатие)

Инструментальное кодирование

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface* — цифровой интерфейс музыкальных инструментов).

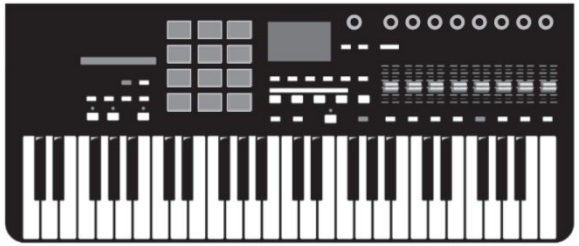
в файле **`.mid`**:
- нота (высота, длительность)
- музыкальный инструмент
- параметры звука (громкость, тембр)
- до 1024 каналов

128 мелодических и 47 ударных

в памяти звуковой карты:
- образцы звуков (волновые таблицы)

программа для звуковой карты!

MIDI-клавиатура:



- **нет потери информации** при кодировании инструментальной музыки
- небольшой **размер файлов**

невозможно закодировать нестандартный звук, голос

Трекерная музыка

В файле (модуле):

- образцы звуков (*сэмплы*)
- нотная запись, трек *(track)* – дорожка
- музыкальный инструмент
- до 32 каналов

Форматы файлов:

MOD разработан для компьютеров *Amiga*

S3M оцифрованные каналы + синтезированный звук, 99 инструментов

XM, STM, …

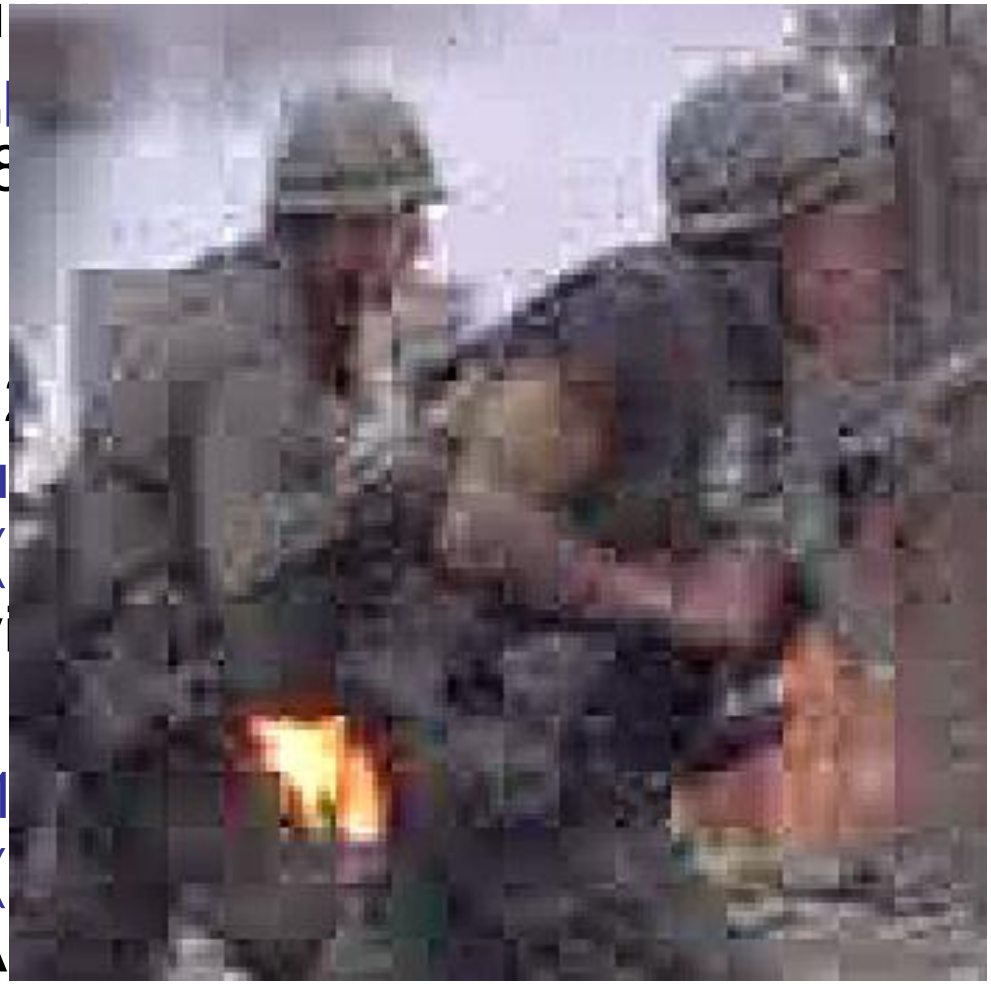
Использование: демосцены (важен размер файла)

Кодирование видео

Видео = изображения + звук Синхронность!

изображен
- ≥ 25 кад
- **PAL**: 768
  - за 1
  - за 1
- **HDTV**: 1
- исходны
- сжатие (
- DivX, Xvi

звук:
- 48 кГц, 1
- сжатие (
- MP3, AA



Форматы видеофайлов

AVI – *Audio Video Interleave* – чередующиеся звук и видео; контейнер – могут использоваться разные *кодеки*

MPEG – *Motion Picture Expert Group*

WMV – *Windows Media Video,* формат фирмы *Microsoft*

MP4 – *MPEG-4*, сжатое видео и звук

MOV – *Quick Time Movie*, формат фирмы *Apple*

WebM – открытый формат, поддерживается браузерами

Конец фильма

ПОЛЯКОВ Константин Юрьевич
д.т.н., учитель информатики
ГБОУ СОШ № 163, г. Санкт-Петербург
kpolyakov@mail.ru

ЕРЕМИН Евгений Александрович
к.ф.-м.н., доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО ПГГПУ, г. Пермь
eremin@pspu.ac.ru

Источники иллюстраций

1. http://drupal.org
2. http:// http:// www.cyberphysics.co.uk
3. http://epson.su
4. http://www8.hp.com
5. http://head-fi.org
6. http://en.wikipedia.org
7. http://ru.wikipedia.org
8. авторские материалы