

# Цифровое телевидение

# Недостатки систем аналогового телевидения

- низкая частота обновления кадров – 25 кадров/с
- малая ширина спектра частот видеосигнала – 6 МГц
- недостаточно высокое количество строк развертки – 625 (576)
- чересстрочная (interlacing) развертка
- формат изображения 4:3 ( $k = 1,33$ )

# Дефекты телевизионного изображения, проявляющиеся на больших экранах

- различимость растровой структуры изображения вследствие укрупнения строк
- «зубчатость» на гладких линиях вследствие наличия полукадров
- эффект «мерцания», вызванный кадровой разверткой с частотой 50 Гц (60 Гц в NTSC)
- "дрожание" горизонтальные линии с частотой 25 Гц

# Функции цифровых систем обработки изображения

- Преобразование чересстрочной развертки в прогрессивную
- Удвоивание частоты регенерации изображения (100 Гц вместо 50 Гц )
- Повышение «битности» изображения
- Программное увеличение количества строк и числа обрабатываемых элементов в строке

# **Частотная сетка наземного телевидения**

**Диапазон частот 47 – 862 МГц**

**Число частотных каналов – 99**

**Ширина спектра канала – 8 МГц**

**Реальное число рабочих каналов –  
около 40**

**HDTV** ( High Definition TeleVision –  
телевидение высокой четкости, ТВЧ) –  
разрешение 1920x1080

**SDTV** (Standard Definition TeleVision) –  
разрешение: 720 x 576 для PAL и 720 x 480 для  
NTSC

Усовершенствованные системы цветного  
телевидения MAC ( МАК – Мультиплексированные  
Аналоговые Компоненты)

**Multiplexing** (мультиплексирование, уплотнение) – передача данных для нескольких логических подканалов по одному физическому каналу

При частотном мультиплексировании полоса пропускания физического канала делится на ряд узких частотных полос

При временном мультиплексировании канал предоставляется всем системам по очереди независимо от наличия у них данные для передачи

**Multiplexer** (мультиплексор) – устройство, обеспечивающее сопряжение (мультиплексирование) нескольких каналов передачи данных в один общий канал путем использования одного из методов цифрового мультиплексирования.



# Телевидение высокой четкости (HDTV)

- Высокое разрешение (не менее чем в два раза превышающее разрешение современного аналогового стандарта NTSC)
- Улучшенное воспроизведение цветов (прежде всего благодаря расширению полосы частот сигнала яркости и цветоразностных сигналов)
- Широкоэкранный формат изображения (замена стандартного формата кадра 4:3 широкоэкранным форматом 16:9)
- Цифровой звук (многоканальное звуковое сопровождение с высоким качеством воспроизведения)

1125i, **1080i**, 1035i, **720p**, 1080p

## Обозначения телевизионных стандартов

576/50i – стандартный PAL, разрешение 720x576, частота 25 кадров в секунду (50 полей в секунду), чересстрочная (i – interlace) развертка

1080/50i – ТВЧ, разрешение 1920x1080, частота 25 кадров в секунду, чересстрочная развертка

720/60p – ТВЧ, разрешение 1280x720, частота 60 кадров в секунду, прогрессивная (p – progressive) развертка

	Частота кадров (/с)	Разрешение (сетка пикселей)	Формат изображения
PAL (SDTV-Standard Definition)	25	720x576 (576i-interlasing)	4 : 3 (1,33 : 1)
NTSC (SDTV)	30	720x480 (480i)	4 : 3
HDTV (High Definition TV) 1080i	25i, 30i, 50i, 60i	1920x1080	16 : 9
HDTV 720p (p-progressive)	24p, 25p, 30p, 50p, 60p	1280x720	16 : 9
HDTV 1080p		1920x1080	16 : 9

# Системы цифрового телевидения

США – ATSC (Advanced Television Systems Committee)

ЕВРОПА – DVB-T (Digital Video Broadcasting)

Япония – ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting)

**Европа:** DVB -T – наземное (эфирное) ТВ

DVB - C – кабельное ТВ

DVB - S – спутниковое ТВ

DVB - H – наземное ТВ для портативных устройств (H – handheld - ручной, переносной)

DVB – IPI – ТВ по интернет-протоколу

**Япония:** ISDB-T (наземное); ISDB-C (кабельное); ISDB-S

(спутниковое); мобильное (нет аббревиатуры)

RMP (Rights management & protection) – защита цифрового контента

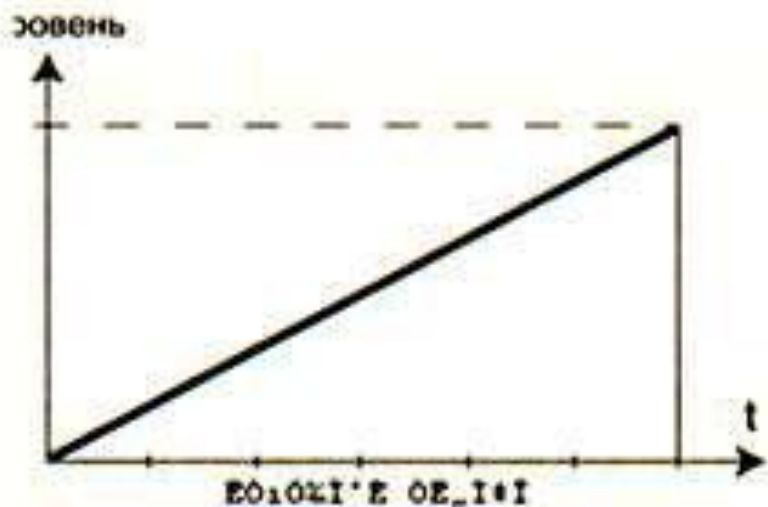
("copy once", "copy free", "copy never")

**Стандарт ITU-R BT.601** (ITU - International Telecommunications Union – Международное профессиональное телевизионное сообщество или Международный союз связи)

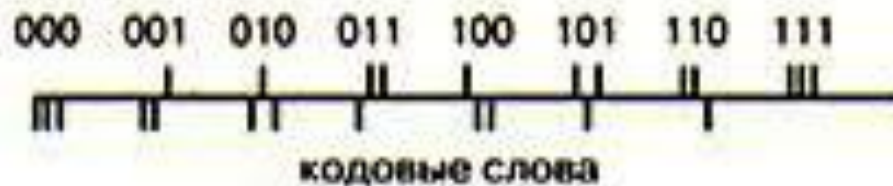
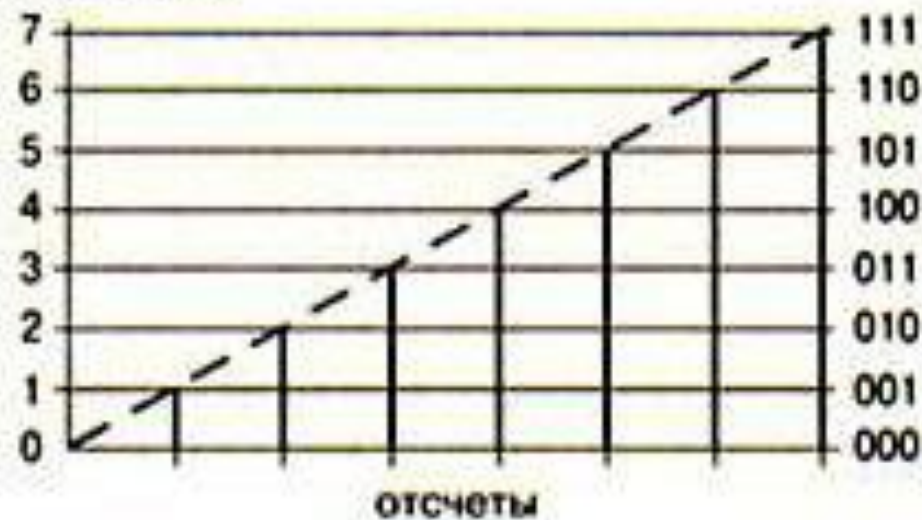
**PAL** и **SECAM**: матрица пикселей 720 x 576 с частотой 25 кадров/с (или 50 полукадров/с) – обозначения 576i или 576/50i

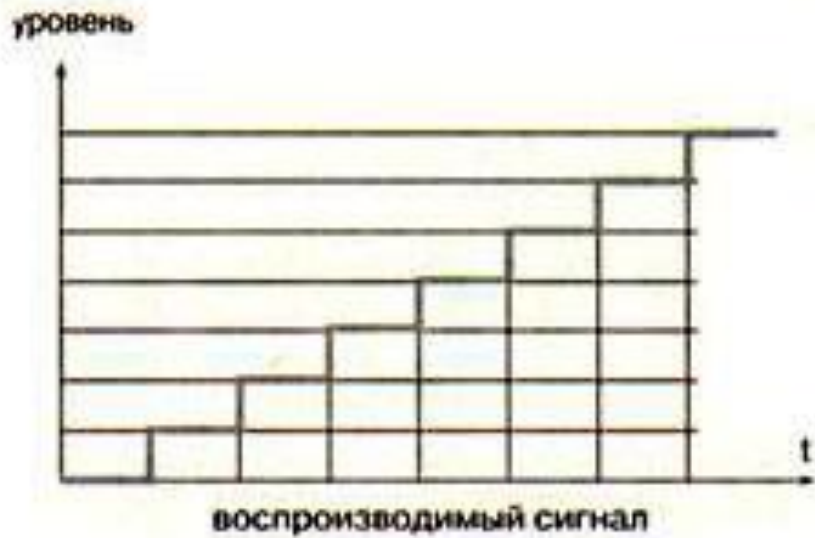
**NTSC**: матрица пикселей 720 x 480 пикселей с частотой 29,97 кадров/с (или 60 полукадров/с) – обозначения 480i или 480/60i

# Цифровое кодирование пилообразного яркостного сигнала при трехразрядном квантовании



шкала  
квантования





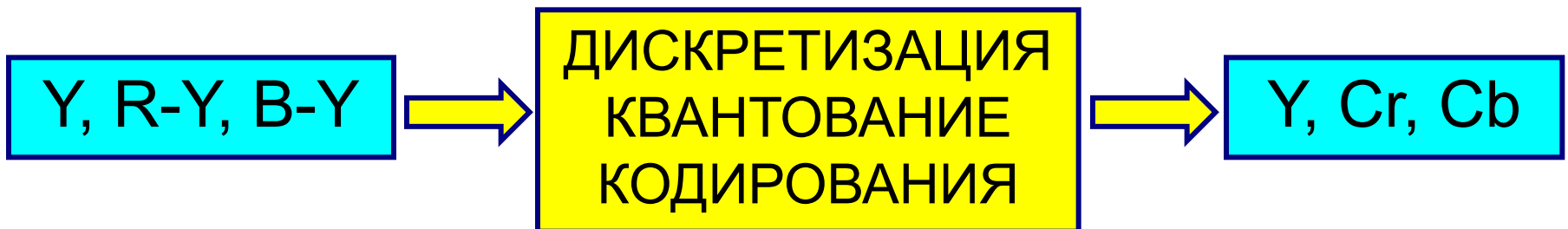
Декодирование и  
воспроизведение  
сигнала

# ITU (International Telecommunication Union)

«Рекомендации» ITU-R

«Кодируемые параметры цифрового телевидения для студий»

«Видеостыки для цифровых раздельных сигналов в 525- и 625-строчных телевизионных системах, действующих на уровне 4:2:2 рекомендации ITU-R BT. 601-1»





Базовая частота иерархии цифровых стандартов –  
3,375 МГц

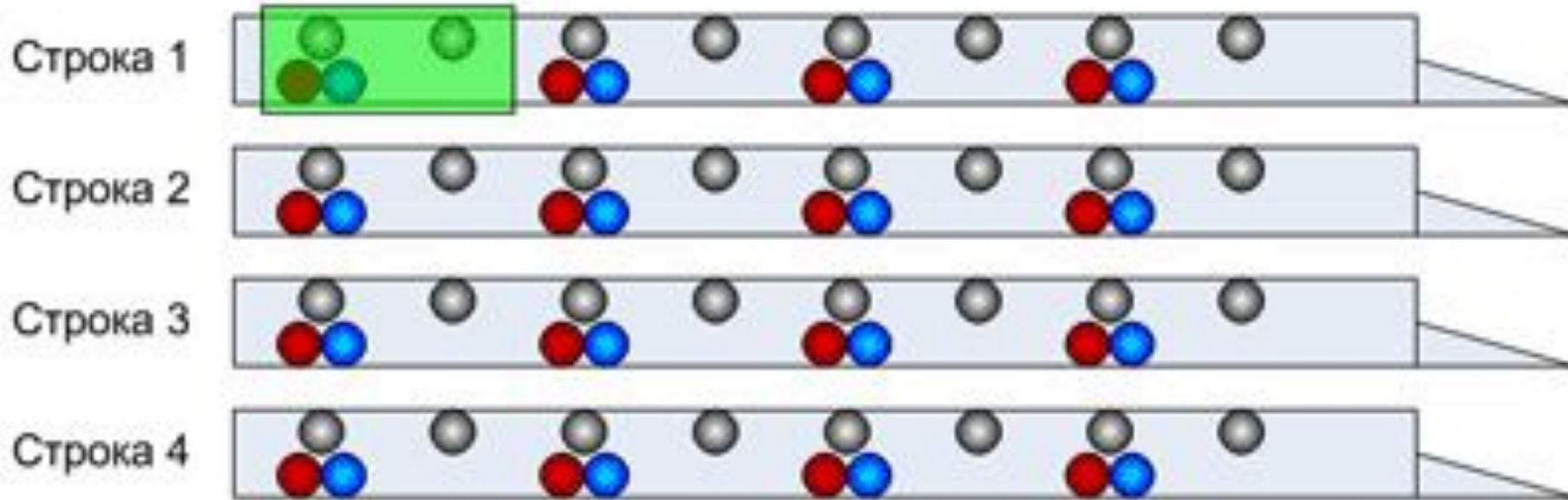
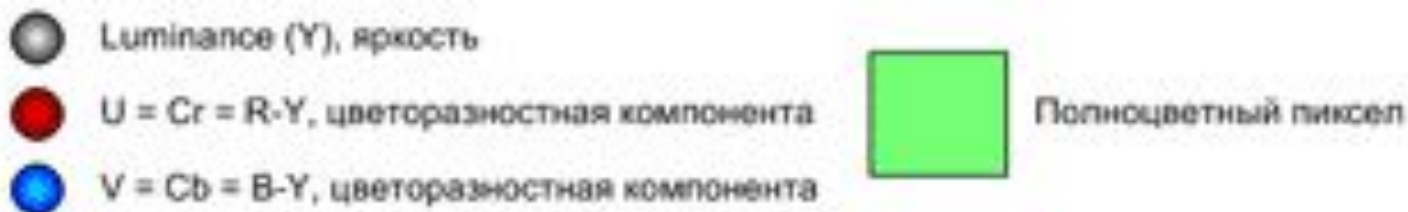
Частота дискретизации для яркостного сигнала –  
13,5 МГц

Частота дискретизации для цветоразностных  
сигналов – 6,75 МГц

$$3,375 \times 4 = 13.5 \text{ МГц}$$

$$3,375 \times 2 = 6,75 \text{ МГц}$$

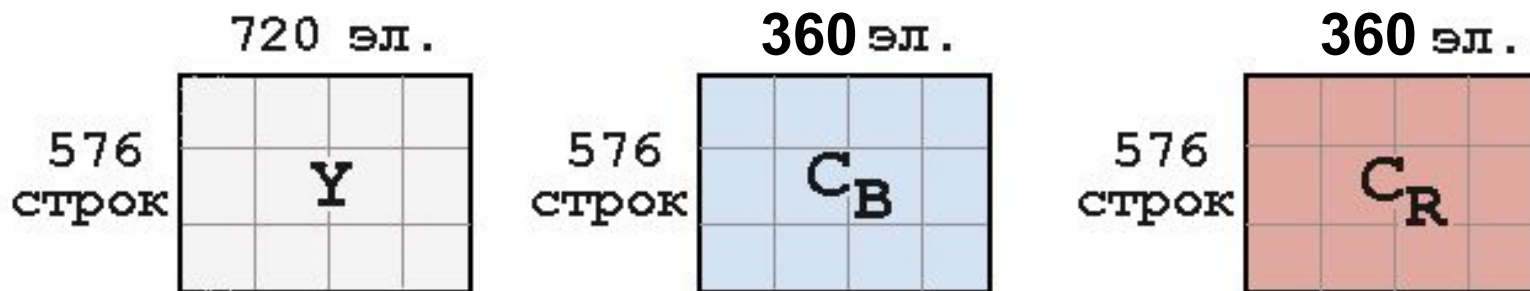
4:2:2



Модель дискретизации 4:2:2 (2:1:1)

Частота дискретизации цветоразностных сигналов (6,75 МГц) в два раза ниже частоты дискретизации яркостного сигнала (пропуск каждого четного отсчета)

# Кодирование компонентного видеосигнала (4:2:2)



Скорость передачи данных  $C = n \cdot F_d$ ,

где  $n$  - длины кодового слова,

$F_d$  - частота дискретизации

Скорость передачи цифрового компонентного видеосигнала:

$$10 \times 13,5 + 10 \times 6,75 + 10 \times 6,75 = 270 \text{ Мбит/с}$$

- Luminance (Y), яркость
  - U = Cr = R-Y, цветоразностная компонента
  - V = Cb = B-Y, цветоразностная компонента
- Полноцветный пиксел

Строка 1



Строка 2



Строка 3



Строка 4

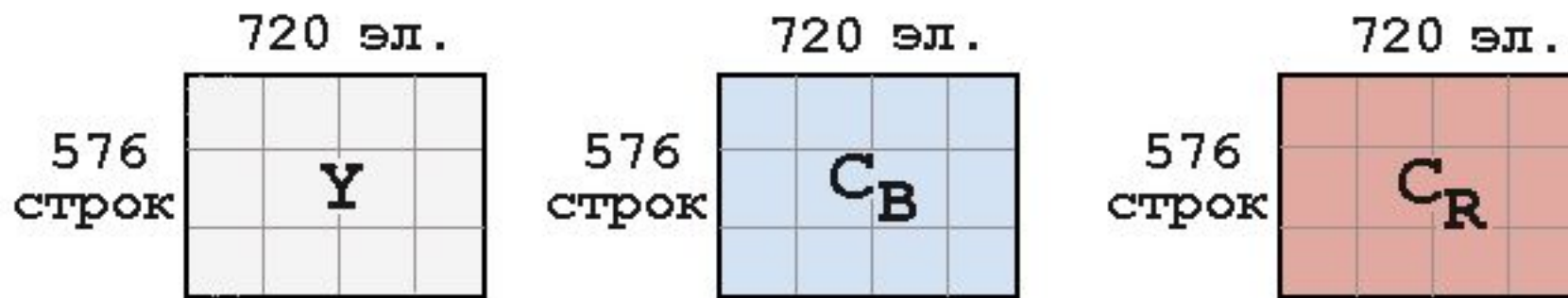


Модель дискретизации 4:4:4 (1:1:1)

Частоты дискретизации яркостного и цветоразностных сигналов равны (13,5 МГц)

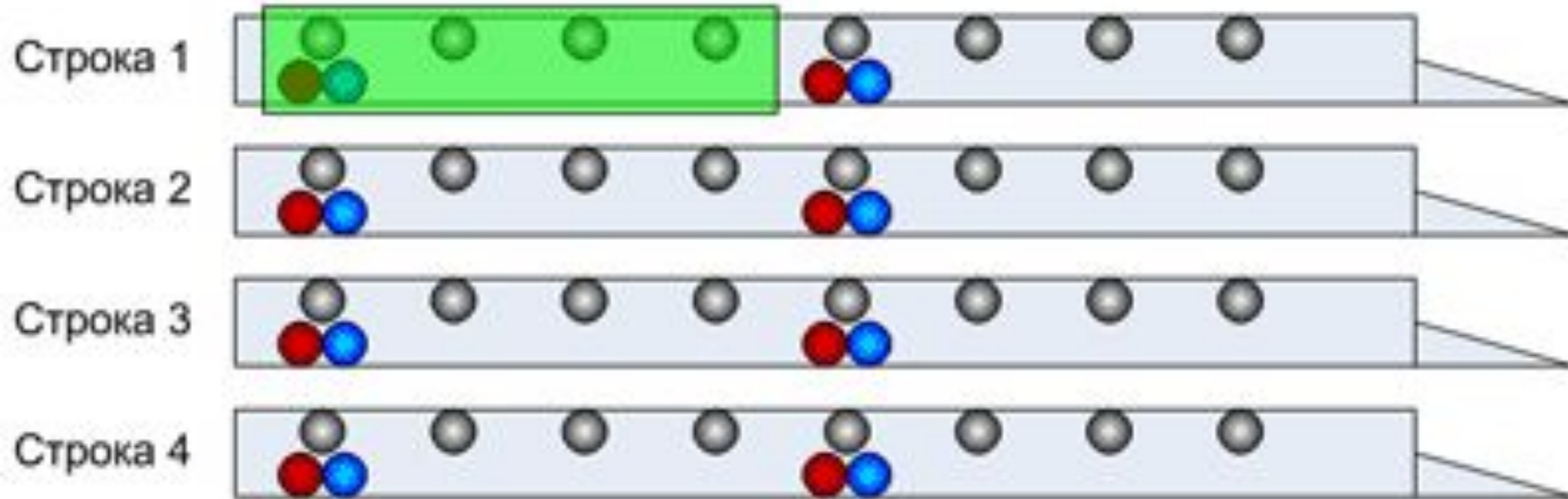
# Кодирование компонентного видеосигнала (4:4:4)

4 : 4 : 4



Цифровой поток  $C = 405$  Мбит/с

- Luminance (Y), яркость
  - U = Cr = R-Y, цветоразностная компонента
  - V = Cb = B-Y, цветоразностная компонента
- Полноцветный пиксел



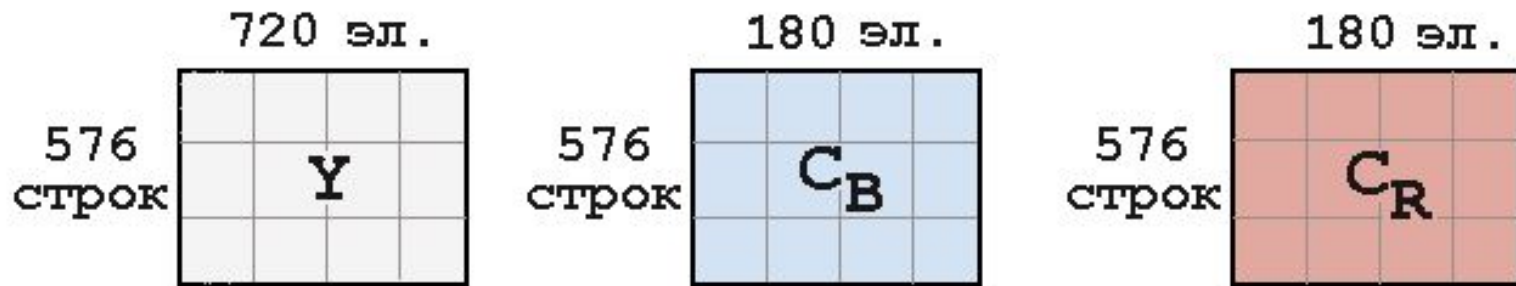
Модель дискретизации 4:1:1

Частота дискретизации цветоразностных сигналов (3,375 МГц) в четыре раза ниже частоты дискретизации яркостного сигнала (выборка на каждый четвертый отсчет)



# Кодирование КОМПОНЕНТНОГО ВИДЕОСИГНАЛА (4:1:1)

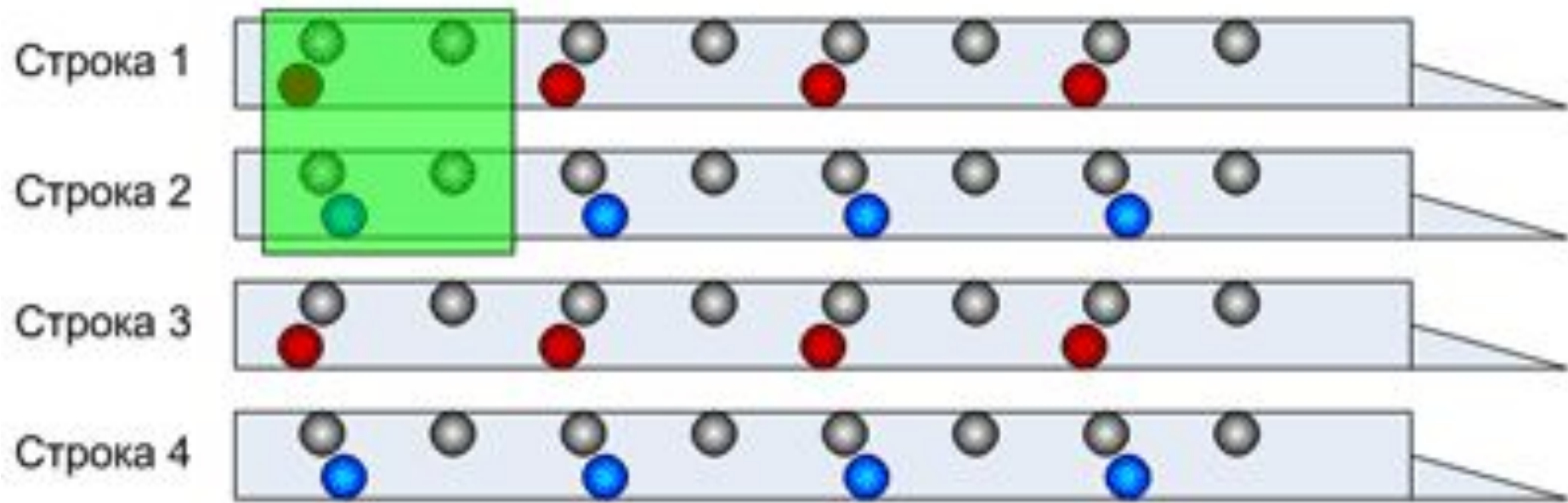
4:1:1



Полный цифровой поток  
 $C = 162$  МБит/с (8 бит)

Цифровой поток  
(активная часть изображения)  
 $C = 124$  МБит/с (8 бит)

- Luminance (Y), яркость
- $U = Cr = R - Y$ , цветоразностная компонента
- $V = Cb = B - Y$ , цветоразностная компонента
- Полноцветный пиксел



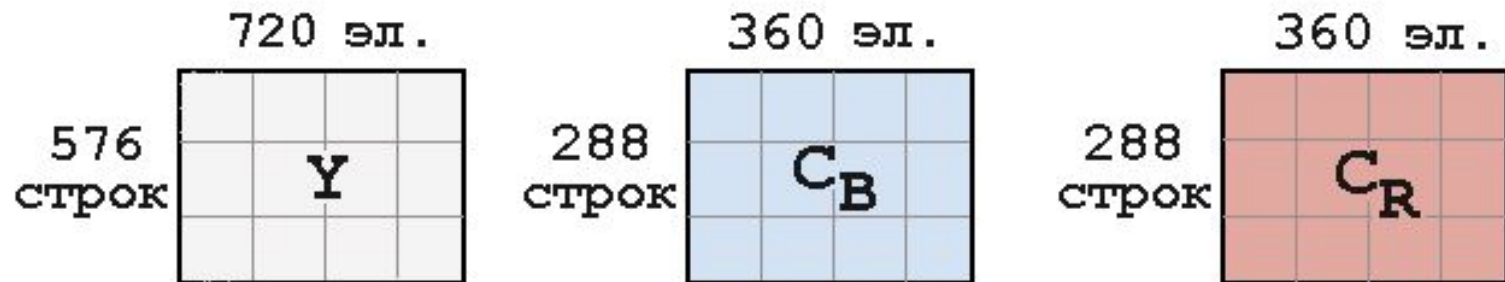
Модель дискретизации 4:2:0

Число отсчетов сигналов цветности уменьшено в два раза не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлениях



# Кодирование КОМПОНЕНТНОГО ВИДЕОСИГНАЛА (4:2:0)

4 : 2 : 0



Полный цифровой поток  
 $C = 162$  МБит/с (8 бит)

Цифровой поток  
(активная часть изображения)  
 $C = 124$  МБит/с (8 бит)

# Системы компрессии

MPEG — Moving Picture Experts Group (группа экспертов по кодированию движущихся изображений)

Стандарт MPEG -1 (1993 год) – Кодирование изображения и звука при скоростях цифрового потока компрессированных данных до 1,5Мбит/с

Международный стандарт MPEG-2 (ISO/IES 13818)– 1994 год

Комитет стандартизации ISO/MPEG принял единый стандарт кодирования – ISO/MPEG (ISO/IEC 13818-3)

**ISO** – Международная организация по стандартам

**MPEG** – Группа экспертов по кодированию движущихся изображений

**IEC** – Международная электротехническая комиссия

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

- - повышение помехоустойчивости трактов передачи и записи телевизионных сигналов;
- - уменьшение мощности передатчиков ТВ – вещания;
- - существенное увеличение числа телевизионных программ, передаваемых в том же частотном диапазоне;
- - повышение качества изображения и звука в телевизионных приемниках с обычным стандартом разложения;
- - создание телевизионных систем с новыми стандартами разложения изображения (телевидение высокой четкости ТВЧ);
- - расширение функциональных возможностей студийной аппаратуры, используемой при подготовке и проведении телевизионных передач;
- - передача в телевизионном сигнале различной дополнительной информации, превращение телевизионного приемника в многофункциональную информационную систему;

# Цифровое телевидение в несколько этапов

- Первый этап – использование цифровой техники в отдельных частях телевизионной системы при сохранении обычного стандарта разложения и аналоговых каналов связи.

# Цифровое телевидение в несколько этапов

- Второй этап – создание гибридных аналого – цифровых телевизионных систем с параметрами, отличающимися от принятых обычных стандартах телевидения. На этом этапе изменения развивались по двум направлениям:
  - - переход от одновременной передачи яркостного и цветоразностных сигналов к последовательной их передаче;
  - - увеличение числа строк в кадре и элементов изображения в строке.
- японская система телевидения высокой четкости MUSE
- западноевропейские системы семейства MAC

# Цифровое телевидение в несколько этапов

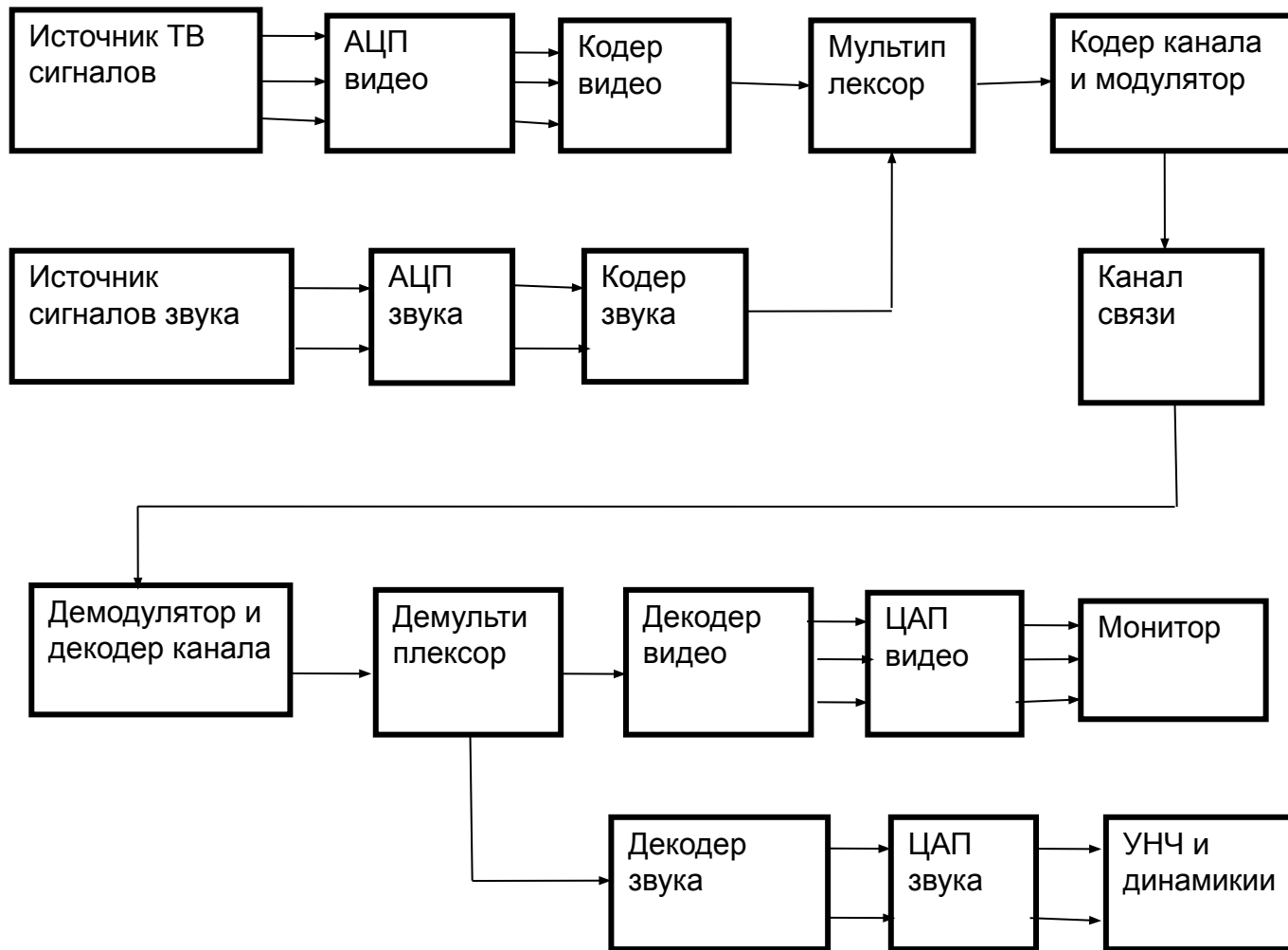
- Третий этап – создание полностью цифровых телевизионных систем.
- американская ATSC
- японская ISDB
- европейская система цифрового телевидения DVB

# Особенности нового поколения телевизионных систем

- Существенное сужение полосы частот цифрового телевизионного сигнала, достигаемое с помощью эффективного кодирования, то есть сокращения избыточности изображений, и возможность передавать 4 и более программ телевидения обычной четкости или 1 – 2 программы ТВЧ по стандартному телевизионному каналу с шириной полосы частот 6...8 МГц.
- Единый подход к кодированию и передаче телевизионных сигналов с различной четкостью изображения: видеотелефон и другие системы с уменьшенной четкостью, телевидение обычной четкости.
- Интеграция с другими видами информации при передаче по цифровым сетям.
- Обеспечение защиты передаваемых телевизионных программ и другой информации от несанкционированного доступа, что дает возможность создавать системы платного ТВ – вещания.



# Структурная схема цифровой телевизионной системы



# Цифровой телевизионный сигнал

- - дискретизацией по времени;
- - квантованием по уровню;
- - кодированием.

Пространственные спектры дискретизированных изображений в случаях выполнения а) и нарушения б) условий аналога теоремы Котельникова.

