



Цифровое видео

Определение

- **Цифровое видео** — множество технологий записи, обработки, передачи, хранения и воспроизведения визуального или аудиовизуального материала в цифровом представлении.

Цветodelение
RGB

Формирование
видеосигнала YCbCr

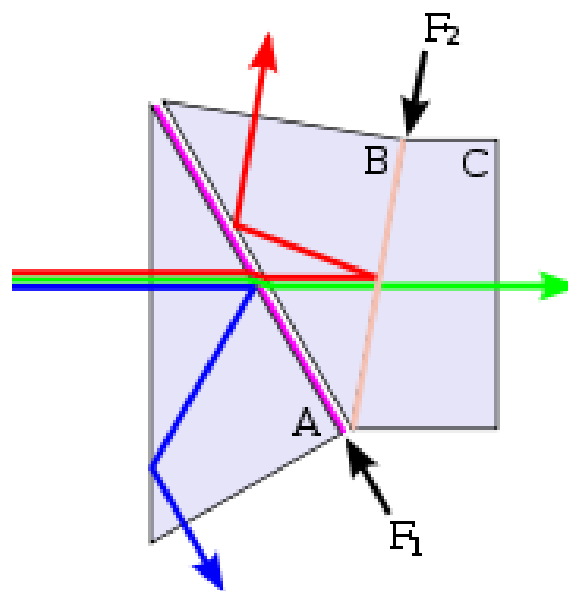
Кодирование

Формирование цифрового видеосигнала

- Оптическое изображение формируется с помощью объектива на светочувствительной матрице современных видео- и ТВ-камер, цифровых фотоаппаратов, фотовидеокамер мобильных телефонов, смартфонов или планшетов, веб-камер, камер систем видеонаблюдения и пр.
- С помощью различных систем производится **цветоделение** светового потока для получения монохромных полутоновых компонент трех основных цветов.

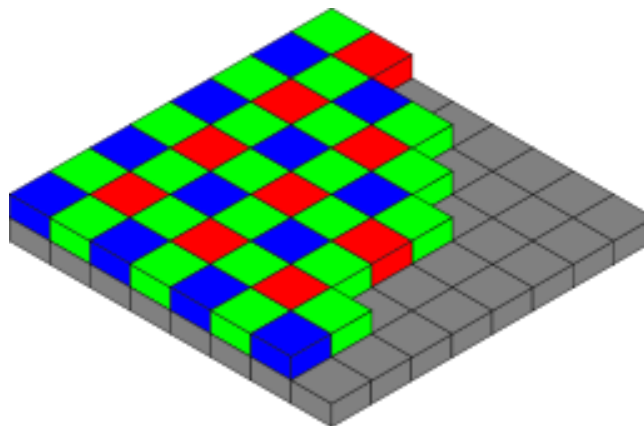
Цветоделение

- **Цветоделение** — технологический этап воспроизведения цветного изображения, при котором свет сложного спектрального состава разделяется на несколько монохромных полутоновых составляющих.
- В первых цветных передающих ТВ камерах цветоделение происходило при помощи дихроичных призм или зеркал (технология 3CCD):



решетка Байера

- Цветоделение в современных видеоустройствах основано на решетке Байера.
- Фильтр Байера (Шаблон Байера) — двумерный массив цветных фильтров, которыми накрыты фотодиоды светочувствительных матриц, и состоящий из 25 % красных элементов, 25 % синих и 50 % зелёных элементов



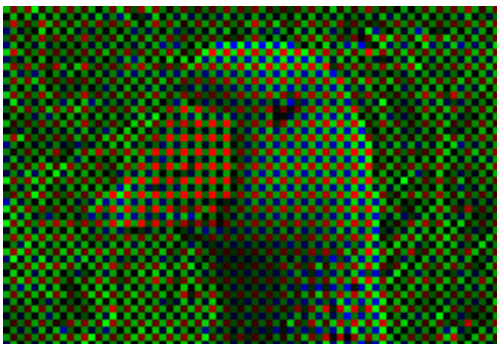
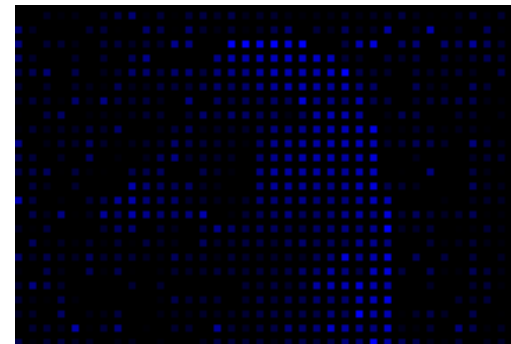
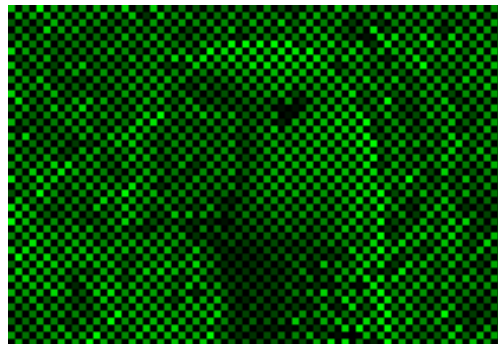
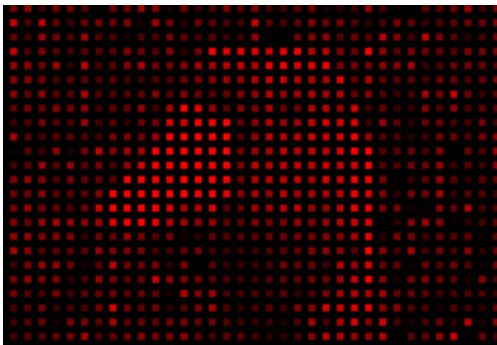
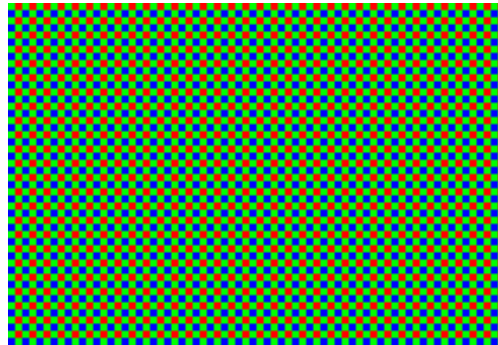
Принцип работы

- В классическом фильтре Байера применяются светофильтры трёх основных цветов в следующем порядке:



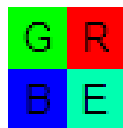
- Вследствие использования фильтров каждый фотоприемник воспринимает лишь $1/3$ цветовой информации участка изображения.
- Недостающие компоненты цвета рассчитываются на основании данных из соседних ячеек в результате интерполяции.

Пример работы



- Необходимо повышение четкости!

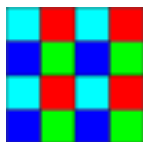
Другие массивы цветных фильтров



- RGEB – для улучшения цветопередачи

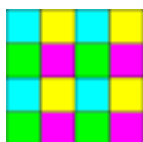
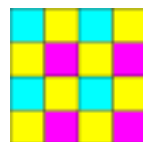


- CYGM – увеличение чувствительности



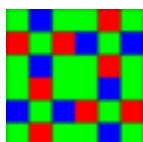
- RGBE

- CYYM



- CYGM

- RGBW Байер



- X-Trans – уменьшение муара

Гамма коррекция

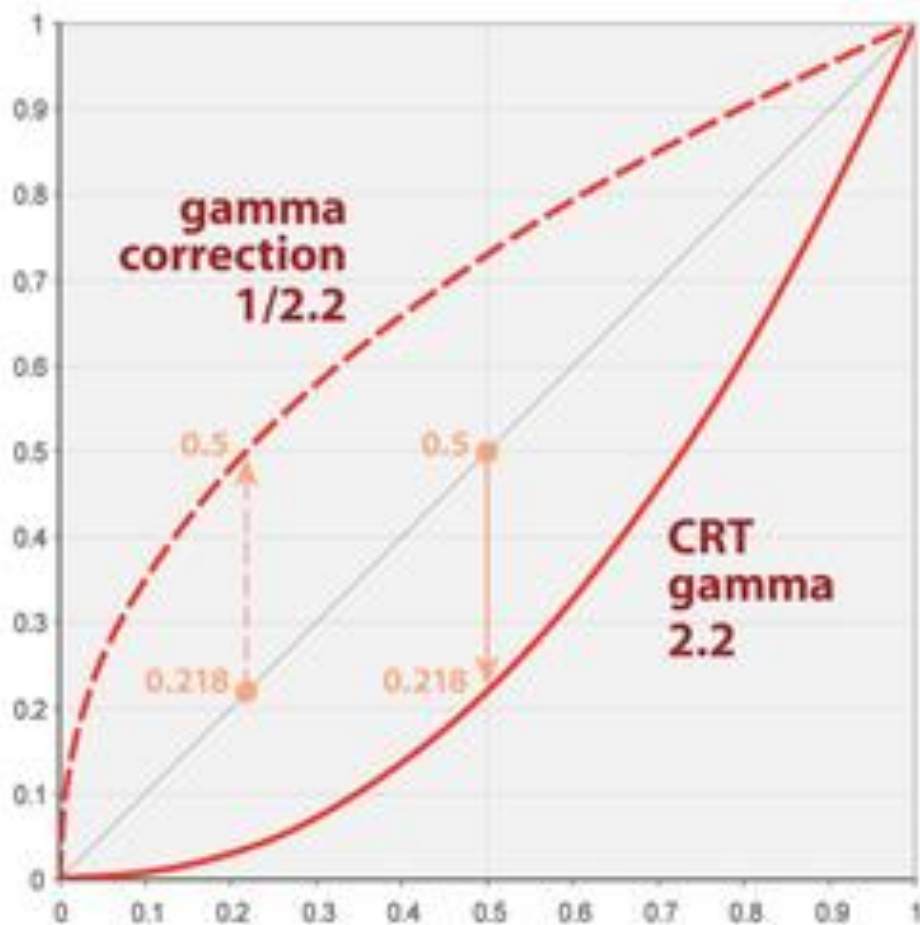
- **Гамма-коррекция** — коррекция яркости или цветовых компонентов цифрового изображения или видеопотока.

- Обыкновенно, используется степенная функция в виде:

$$V_{out} = AV_{in}^{\gamma}$$

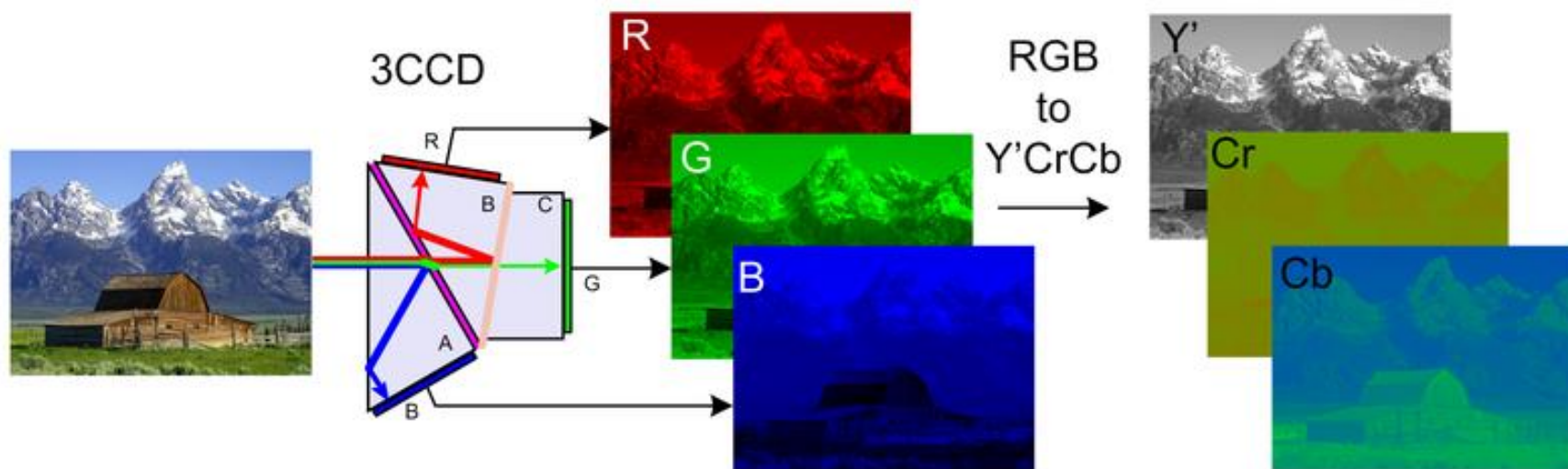
- Гамма коррекция необходима для компенсации нелинейности человеческого зрения. Градации оттенков в очень темных областях и очень светлых областях изображения плохо различаются человеком. Поэтому лучше отвести больше бит для хранения средних по светлоте областей изображения, для этого и осуществляется гамма коррекция.

Примеры гамма коррекции



Видеосигнал YCbCr (или Y'CbCr)

- После цветоделения и гамма коррекции происходит формирование цифрового видеосигнала в **YCbCr** (Y – luminance (яркость), U или Cb – Chrominance-blue (цветность синего), V или Cr – Chrominance-red, (цветность красного)).
- YCbCr - частный случай YUV



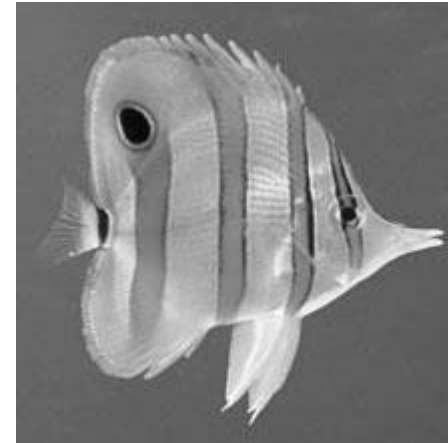
Формулы для YCbCr (CCIR-601)

- $Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$
- $Cb = -0.1687 * R - 0.3313 * G + 0.5 * B + 128$
- $Cr = 0.5 * R - 0.4187 * G - 0.0813 * B + 128$
- Обратные преобразования:
- $R = Y + 1.402 * (Cr - 128)$
- $G = Y - 0.34414 * (Cb - 128) - 0.71414 * (Cr - 128)$
- $B = Y + 1.772 * (Cb - 128)$

Пример изображений



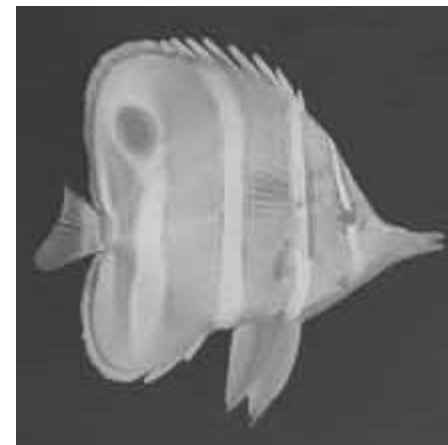
- Исходной изображение



- Y



- Cb



- Cr

Апостроф в названии RGB модели

- Апостроф ' означает компоненты с гамма-коррекцией, поэтому R' , G' и B' располагаются в пределах от 0 до 1, где 0 соответствует минимальной интенсивности (например, для отображения чёрного цвета) и 1 соответствует максимуму (например, для отображения белого цвета).

YPbPr

- **YPbPr** — непрерывное пространство и используется в аналоговых системах
- **YPbPr** формируются с применением гамма-коррекции из соответствующих RGB источников с помощью двух определенных констант K_B и K_R :

$$Y' = K_R \cdot R' + (1 - K_R - K_B) \cdot G' + K_B \cdot B'$$

$$P_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{B' - Y'}{1 - K_B}$$

$$P_R = \frac{1}{2} \cdot \frac{R' - Y'}{1 - K_R}$$

Рекомендации ITU-R BT.601 (бывший CCIR 601)

- Рекомендации для ТВ стандартной чёткости:

$$K_B = 0.114$$

$$K_R = 0.299$$

- Преобразование аналоговых компонент R'G'B' в аналоговые YPbPr происходит следующим образом:

$$Y' = 0.299 \cdot R' + 0.587 \cdot G' + 0.114 \cdot B'$$

$$P_B = -0.168736 \cdot R' - 0.331264 \cdot G' + 0.5 \cdot B'$$

$$P_R = 0.5 \cdot R' - 0.418688 \cdot G' - 0.081312 \cdot B'$$

YCbCr

- YCbCr — дискретно и предназначено для цифрового видео.
- Цифровые компоненты Y'CbCr (8 бит) рассчитываются из аналоговых R'G'B' следующим образом:

$$\begin{aligned} Y' &= 16 + (65.481 \cdot R' + 128.553 \cdot G' + 24.966 \cdot B') \\ C_B &= 128 + (-37.797 \cdot R' - 74.203 \cdot G' + 112.0 \cdot B') \\ C_R &= 128 + (112.0 \cdot R' - 93.786 \cdot G' - 18.214 \cdot B') \end{aligned}$$

- или по покомпонентно из YPbPr:

$$Y' C_B C_R = (16, 128, 128) + (219, 224, 224) \cdot Y' P_B P_R$$

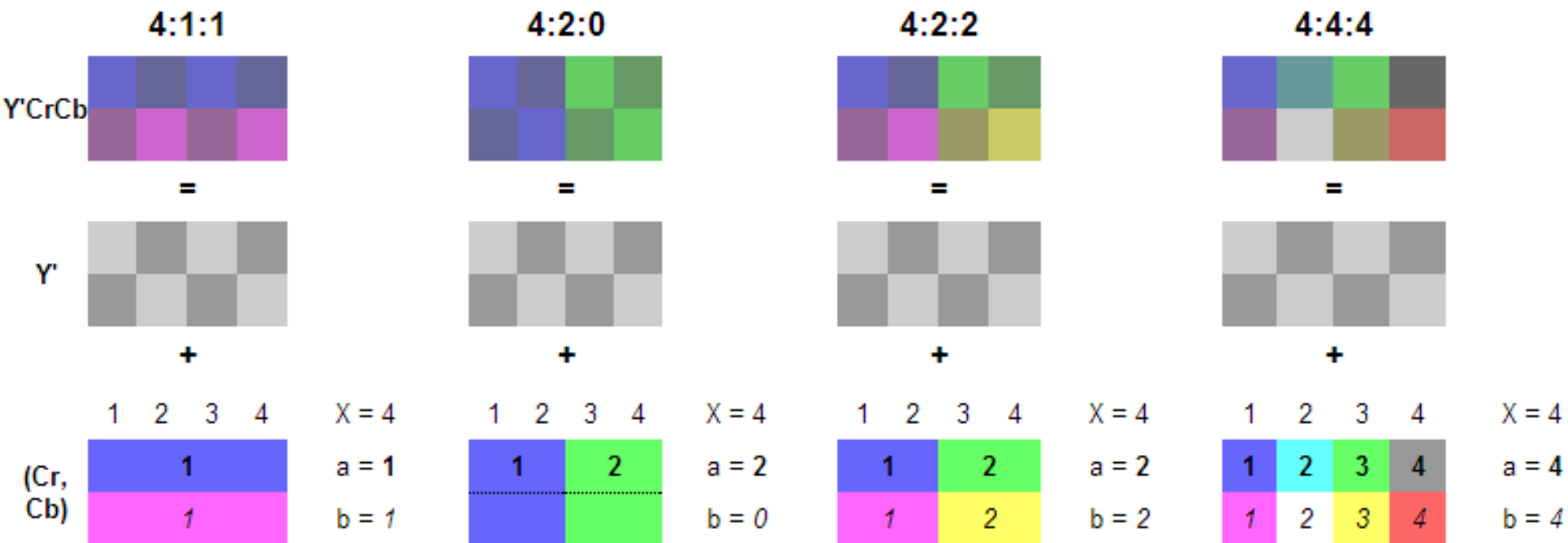
Цветовая субдискретизация

- **Цветовая субдискретизация** (Chroma subsampling) - технология кодирования изображений со снижением цветового разрешения, при которой частота выборки цветоразностных сигналов может быть меньше частоты выборки яркостного сигнала.
- Основана на особенности человеческого зрения, выраженной большей чувствительностью к перепадам яркости, чем цвета.

Форматы субдискретизации

- Структура дискретизации сигнала обозначается как соотношение между тремя частями **X:a:b** (например, 4:2:2)
- **X** - частота дискретизации яркостного канала
- **a** - число выборок цветоразностных сигналов (Cr, Cb) в горизонтальном направлении в первой строке
- **b** - число (дополнительных) выборок цветоразностных сигналов (Cr, Cb) во второй строке

Основные форматы*



4:2:2. В каждой строке передается полный сигнал яркости, а для цветоразностных сигналов производится выборка каждого второго отсчета. Таким образом цветное горизонтальное разрешение снижается вдвое.