

## Цветовое пространство YCbCr

Известно, что сочетание символов YUV обычно означает цветовое пространство YCbCr. Правда и его корректней было бы записать в виде Y'Cb'Cr', так как эти три компонента получаются из компонент R'G'B' (компоненты RGB после процедуры гамма-коррекции). Иногда используется запись Y'CrCb, где, в первую очередь, компонента яркости (Y) поддается изменению при линейном или нелинейном кодировании (преобразовании).

Описание цветового пространства Y'CbCr было сформулировано и сведено в Recommendation ITU-R BT.601 (предыдущее название CCIR 601) в то время, когда приходили разработки цифрового компонентного видеостандарта. Y'CbCr это смасштабированное и смещенное относительно Y'UV цветовое пространство. Компонента Y' принимает значения в диапазоне от 16 до 235 (условных уровней); компоненты Cb и Cr принимают значения в диапазоне от 16 до 240, с уровнем 128, соответствующего значению 0 (ZERO). Существует несколько схем дискретизации компонент Y'CbCr. Это схемы: 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0. Они будут описаны ниже.

Основные уравнения для преобразования цифровых гамма-скорректированных компонент R'G'B', с уровнями от 16 до 235 от номинального диапазона, в компоненты Y'CbCr и, наоборот, представлены ниже:

$$\begin{aligned} Y' &= (77/256)R' + (150/256)G' + (29/256)B' \\ Cb &= -(44/256)R' - (87/256)G' + (131/256)B' + 128 \\ Cr &= (131/256)R' - (110/256)G' - (21/256)B' + 128 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R' &= Y' + 1,371(Cr - 128) \\ G' &= Y' - 0,698(Cr - 128) - 0,336(Cb - 128) \\ B' &= Y' + 1,732(Cb - 128) \end{aligned}$$

Во время преобразования Y'CbCr в R'G'B', получающиеся гамма-скорректированные значения компонент R'G'B' принимают значения в диапазоне от 16 до 235, с возможными случайными отклонениями в области 0-15 и 236-255. Эти отклонения вызываются "уходами" компонент Y' и CbCr за пределы диапазонов 16-235 и 16-240, соответственно, в процессе обработки видеосигнала.

### Персональные компьютеры

В компьютере гамма-скорректированные компоненты R'G'B' изменяются в диапазоне 0-255. Двухнаправленное преобразование RGB $\longleftrightarrow$ YUV описывается следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} Y' &= 0,257R' + 0,504G' + 0,098B' + 16 \\ Cb &= -0,148R' - 0,291G' + 0,439B' + 128 \\ Cr &= 0,439R' - 0,368G' - 0,071B' + 128 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R' &= 1,164(Y' - 16) + 1,596(Cr - 128) \\ G' &= 1,164(Y' - 16) - 0,813(Cr - 128) - 0,392(Cb - 128) \\ B' &= 1,164(Y' - 16) + 2,017(Cb - 128) \end{aligned}$$

Отметим, что в случае преобразования Y'CbCr  $\rightarrow$  R'G'B', нижнее и верхнее значения компонент R'G'B' должны быть ограничены предельными величинами 0 и 255, соответственно, несмотря на возможные случайные отклонения компонент Y'CbCr.

### Формат 4:4:4 Y'CbCr

На рис. 1 показано местоположение отсчетов (выборок) в процессе дискретизации компонент Y'CbCr (625 строк) для формата 4:4:4. Каждый отсчет имеет 8 бит (consumer) или 10 бит (editing) на компоненту, т.е. всего 24 бит или 30 бит на отсчет.

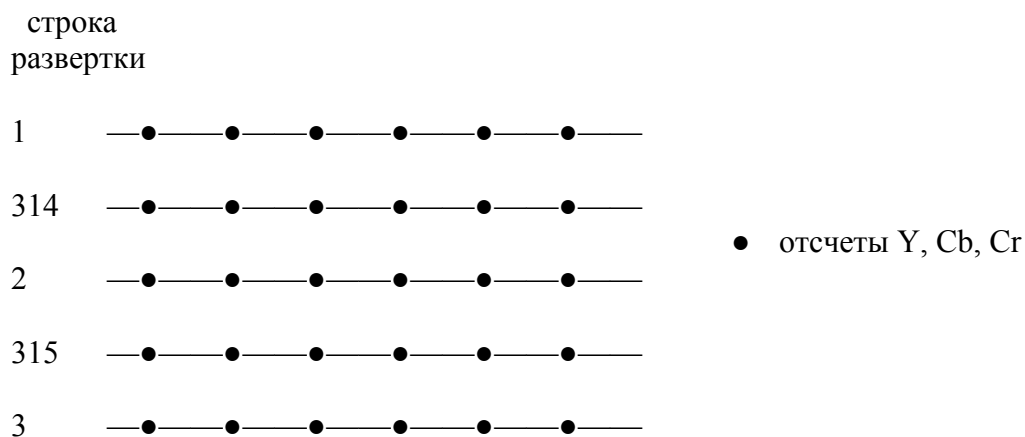


Рис. 1

### Формат 4:2:2 Y'CbCr

На рис. 2 показано местоположение отсчетов в процессе дискретизации компонент Y'CbCr (625 строк) для формата 4:2:2. На каждые два отсчета яркости Y' по горизонтали, приходится один отсчет Cb и один Cr. Каждый отсчет имеет 8 бит (consumer) или 10 бит (editing) на компоненту, т.е. всего во фрейм-буфере отсчет занимает 16 бит или 20 бит. В процессе формирования изображения, для отсчета, в котором данные о цветоразностных компонентах Cr и Cb отсутствуют, используются интерполированные значения для Cr и Cb от предыдущего и следующего отсчетов.

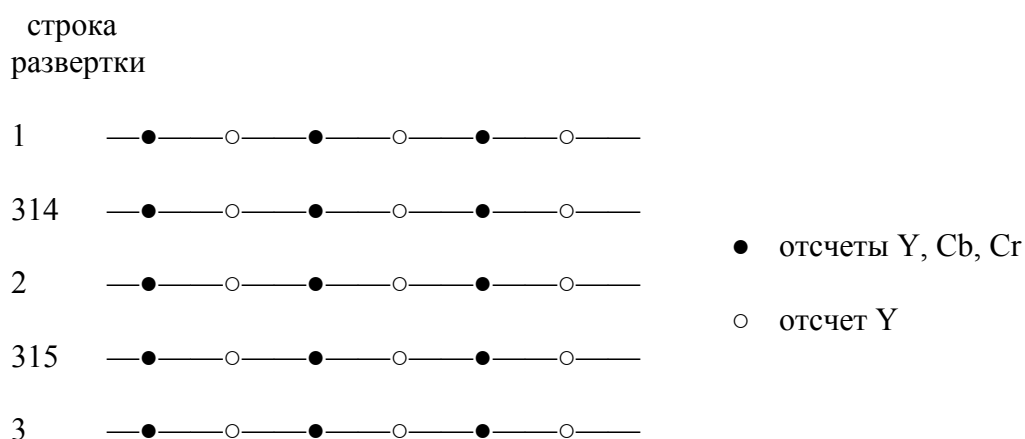


Рис. 2

### Формат 4:1:1 Y'CbCr

На рис. 3 показано местоположение отсчетов в процессе дискретизации компонент Y'CbCr (625 строк) для формата 4:1:1. Данная схема дискретизации применяется в формате видеозаписи DVCPRO. На каждые четыре отсчета по яркости Y' приходится по одному отсчету для Cr и Cb. Каждая компонента занимает 8 бит, следовательно, для всего отсчета требуется 12 бит. В процессе формирования изображения, для отсчета, в котором данные о цветоразностных компонентах Cr и Cb отсутствуют, используются интерполированные значения для Cr и Cb от предыдущего и следующего отсчетов (пикселей).

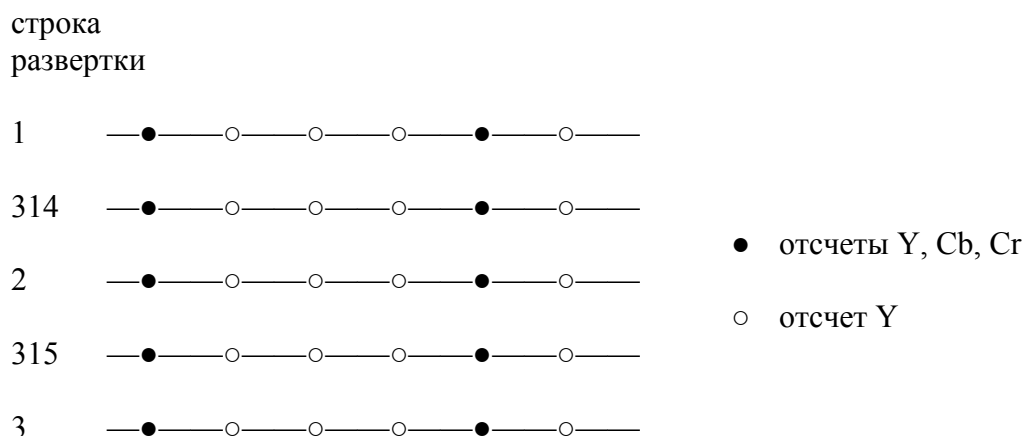


Рис. 3

### Формат 4:2:0 Y'CbCr (H.261, H.263, MPEG 1)

На рис. 4 показано местоположение отсчетов в процессе дискретизации компонент Y'CbCr (625 строк) для формата 4:2:0. Данная схема дискретизации применяется в форматах видеозаписи DV/DVCAM и в стандартах видеокompрессии H.261, H.263 и MPEG1. В отличие от схемы 4:1:1, при которой происходит сокращение цветовой разрешающей способности по горизонтали в четыре раза, схема 4:2:0 уменьшает цветовую разрешающую способность в два раза по горизонтали и вертикали.

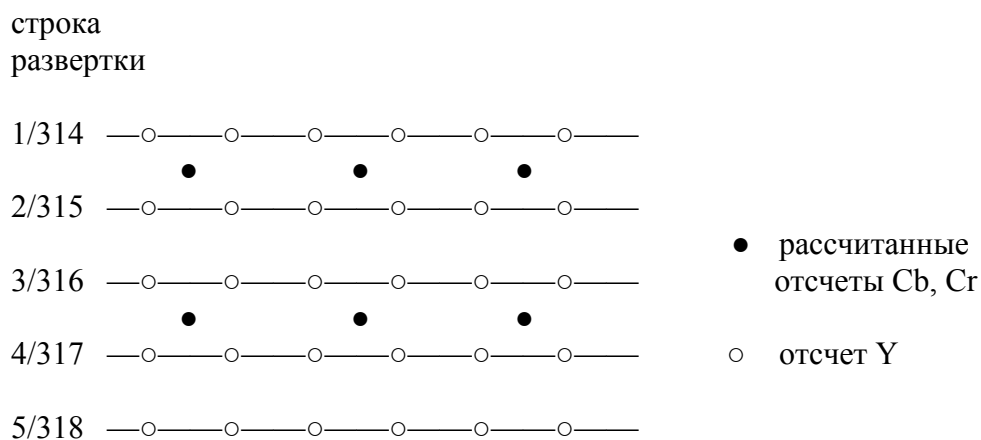


Рис. 4



