

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.601-6

**Студийные параметры кодирования цифрового телевидения
для стандартного 4:3 и широкоэкранный 16:9 форматов**

(Вопрос МСЭ-R 1/6)

(1982-1986-1990-1992-1994-1995-2007)

Настоящая Рекомендация охватывает также характеристики элементов изображения, которые представляют цифровое телевизионное изображение с разрешением 525 или 625 строк и чересстрочной разверткой.

В настоящей Рекомендации определяются методы цифрового кодирования видеосигналов. Рекомендация включает частоту дискретизации 13,5 МГц для обоих форматов изображения – 4:3 и 16:9 – с показателями качества, отвечающими требованиям современных систем передачи.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что имеются явные преимущества для радиовещателей и производителей телевизионных программ в наличии цифровых студийных стандартов с большим числом значений важных параметров, общих для систем с 525 и 625 строками;
- b) что совместимость на глобальном уровне цифровых подходов даст возможность разрабатывать оборудование со многими общими возможностями, обеспечит экономичность эксплуатации и будет способствовать осуществлению международного обмена программами;
- c) что желательно иметь расширяемое семейство совместимых стандартов цифрового кодирования. Стандарты этого семейства могли бы соответствовать разным уровням качества и разным форматам, упрощать дополнительную обработку, требуемую современными методами производства, и удовлетворять будущие потребности;
- d) что этим целям может соответствовать система, основанная на кодировании компонентов;
- e) что пространственное совмещение отсчетов, представляющих сигнал яркости и цветоразностные сигналы (или красный, синий и зеленый сигналы, если они используются), облегчает обработку цифровых компонентных сигналов, требуемую современными методами производства,

рекомендует

использовать следующее ниже описание в качестве основы для стандартов цифрового кодирования, применяемых в телевизионных студиях, как в странах, использующих систему с 525 строками, так и в тех, где используется система с 625 строками.

1 Расширяемое семейство совместимых стандартов цифрового кодирования

1.1 Цифровое кодирование должно позволять введение и развитие расширяемого семейства совместимых стандартов цифрового кодирования. Взаимодействие любых стандартов этого семейства должно быть простым.

1.2 Цифровое кодирование должно базироваться на использовании одного сигнала яркости и двух цветоразностных сигналов (или красного, синего и зеленого сигналов, если они используются).

1.3 Спектральные характеристики сигналов должны контролироваться, с тем чтобы избежать возникновения ложных частотных составляющих из-за ограничения полосы пропускания. Характеристики фильтра приведены в Дополнении 2.

2 Спецификация, применимая ко всем членам семейства

2.1 Структура дискретизации должна быть пространственно постоянной. Это соответствует, например, ортогональной структуре дискретизации, определенной в настоящей Рекомендации.

2.2 Если отсчеты представляют сигнал яркости и два одновременно существующих цветоразностных сигнала, каждая пара цветоразностных отсчетов должна быть совмещена в пространстве. Если используются отсчеты, представляющие красный, зеленый и синий сигналы, то они должны быть совмещены.

2.3 Цифровой стандарт, принимаемый для каждого члена семейства, должен позволять повсеместные прием и применение в эксплуатации; одно из условий достижения этой цели состоит в том, чтобы для каждого члена семейства число отсчетов на строку, определенное для 525- и 625-строчных систем, было бы совместимым (желательно одинаковое число отсчетов на строку).

2.4 В описании данной спецификации содержание цифровых слов, выраженное в десятичной и в шестнадцатеричной формах, обозначено суффиксами "d" и "h", соответственно.

Во избежание путаницы между 8-битовым и 10-битовым представлениями, восемь старших битов записываются как целая часть числа, а два дополнительных бита, если они есть, записываются как его дробная часть.

Например, двоичное число 10010001 может быть записано как 145_d или 91_h , а число 1001000101 может быть записано как $145,25_d$ или $91,4_h$.

В случае отсутствия дробной части, принимается, что ее бинарное значение равно 00.

2.5 Определение цифровых сигналов Y , C_R , C_B , из сигналов основных цветов (аналоговых) E'_R , E'_G и E'_B

В этом пункте, с целью определения сигналов Y , C_R , C_B , описываются правила их получения из прошедших предварительную гамма-коррекцию аналоговых сигналов основных цветов E'_R , E'_G и E'_B . Сигналы формируются в три стадии, которые описаны ниже в пп. 2.5.1, 2.5.2 и 2.5.3. Этот метод приведен в качестве примера, на практике идентичные результаты могут быть достигнуты при использовании других методов получения этих сигналов из сигналов основных цветов или других аналоговых или цифровых сигналов. Пример приведен в п. 2.5.4.

2.5.1 Создание сигнала яркости (E'_Y) и цветоразностных сигналов ($E'_R - E'_Y$) и ($E'_B - E'_Y$)

Сигнал яркости и цветоразностные сигналы формируются следующим образом:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B,$$

тогда

$$(E'_R - E'_Y) = E'_R - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B$$

и

$$(E'_B - E'_Y) = E'_B - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = -0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B.$$

В таблице 1 приведены значения, получаемые для белого, черного и насыщенных основных и дополнительных цветов, при условии, что значения сигнала приведены к единице (т. е. максимальные уровни 1,0 В).

ТАБЛИЦА 1

Нормализованные значения сигнала

Условие	E'_R	E'_G	E'_B	E'_Y	$E'_R - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$
Белый	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0
Черный	0	0	0	0	0	0
Красный	1,0	0	0	0,299	0,701	-0,299
Зеленый	0	1,0	0	0,587	-0,587	-0,587
Синий	0	0	1,0	0,114	-0,114	0,886
Желтый	1,0	1,0	0	0,886	0,114	-0,886
Голубой	0	1,0	1,0	0,701	-0,701	0,299
Пурпурный	1,0	0	1,0	0,413	0,587	0,587

2.5.2 Создание повторно нормализованных цветоразностных сигналов (E'_{C_R} и E'_{C_B})

При том, что значения E'_Y лежат в пределах от 1,0 до 0, значения $(E'_R - E'_Y)$ лежат в пределах от +0,701 до -0,701, а значения $(E'_B - E'_Y)$ – в пределах от +0,886 до -0,886. Для восстановления единичного размаха сигнала цветоразностных сигналов (то есть от +0,5 до -0,5), повторно нормализованные красный и синий цветоразностные сигналы E'_{C_R} и E'_{C_B} , соответственно, могут быть вычислены следующим образом:

$$E'_{C_R} = \frac{E'_R - E'_Y}{1,402} = \frac{0,701E'_R - 0,587E'_G - 0,114E'_B}{1,402}$$

и

$$E'_{C_B} = \frac{E'_B - E'_Y}{1,772} = \frac{-0,299E'_R - 0,587E'_G + 0,886E'_B}{1,772}$$

Символы E'_{C_R} и E'_{C_B} будут использоваться только для обозначения повторно нормализованных цветоразностных сигналов, т. е. сигналов, имеющих номинальный размах амплитуды, равный размаху сигнала яркости E'_Y , выбранный, таким образом, эталонным.

2.5.3 Квантование

В случае 8-битового или 10-битового бинарного кодирования с равными шагами квантования, определяются 2^8 или 2^{10} , т. е. 256 или 1024 равноотстоящих уровней квантования. Следовательно, доступный диапазон бинарных значений составляет от 0000 0000 до 1111 1111 (от 00 до FF в шестнадцатеричном представлении) или от 0000 0000 00 до 1111 1111 11 (от 00,0_h до FF,C_h в шестнадцатеричном представлении), эквивалентные десятичные значения – от 0,00_d до 255,75_d включительно.

В настоящей Рекомендации уровни 0,00_d и 255,75_d зарезервированы для передачи данных синхронизации, уровни от 1,00_d до 254,75_d используются для видеосигнала.

Учитывая, что для того, чтобы оставаться в рабочих границах, сигнал яркости должен занимать только 220 (8-битовых) или 877 (10-битовых) уровней, и что черный должен быть расположен на уровне $16,00_d$, десятичное значение квантованного сигнала яркости Y составляет:

$$Y = \text{int} \{ (219E'_Y + 16) \times D \} / D,$$

где D принимает либо значение 1, либо значение 4 при 8-битовом и 10-битовом квантовании, соответственно. Оператор $\text{int}()$ возвращает значение 0 для дробных частей в диапазоне от 0 до 0,4999 ... и +1 для дробных частей в диапазоне от 0,5 до 0,999 ..., т. е. он округляет в большую сторону дробные части, превышающие 0,5.

Подобным же образом, принимая, что цветоразностные сигналы должны занимать 255 (8-битовых) или 897 (10-битовых) уровней и что нулевым уровнем должен быть уровень $128,00_d$, десятичные значения квантованных цветоразностных сигналов, C_R и C_B , составляют:

$$C_R = \text{int} \{ (224E'_{C_R} + 128) \times D \} / D$$

и

$$C_B = \text{int} \{ (224E'_{C_B} + 128) \times D \} / D.$$

Цифровые эквиваленты обозначаются как Y , C_R и C_B .

2.5.4 Создание сигналов Y , C_R , C_B посредством квантования сигналов E'_R , E'_G , E'_B

В случае, когда компоненты получены непосредственно из прошедших предварительную гамма-коррекцию сигналов E'_R , E'_G , E'_B или созданы сразу в цифровой форме, квантование и кодирование будут следующими:

$$E'_{R_D} \text{ (в цифровой форме)} = \text{int} \{ (219E'_R + 16) \times D \} / D$$

$$E'_{G_D} \text{ (в цифровой форме)} = \text{int} \{ (219E'_G + 16) \times D \} / D$$

$$E'_{B_D} \text{ (в цифровой форме)} = \text{int} \{ (219E'_B + 16) \times D \} / D.$$

Тогда:

$$Y = \text{int} \{ (0,299E'_{R_D} + 0,587E'_{G_D} + 0,114E'_{B_D}) \times D \} / D$$

$$\approx \text{int} \left\{ \left(\frac{k'_{Y1}}{2^m} E'_{R_D} + \frac{k'_{Y2}}{2^m} E'_{G_D} + \frac{k'_{Y3}}{2^m} E'_{B_D} \right) \times D \right\} / D$$

$$C_R = \text{int} \left[\left\{ \left(\frac{0,701E'_{R_D} - 0,587E'_{G_D} - 0,114E'_{B_D}}{1,402} \right) \frac{224}{219} + 128 \right\} \times D \right] / D$$

$$\approx \text{int} \left[\left\{ \left(\frac{k'_{CR1}}{2^m} E'_{R_D} + \frac{k'_{CR2}}{2^m} E'_{G_D} + \frac{k'_{CR3}}{2^m} E'_{B_D} \right) + 128 \right\} \times D \right] / D$$

$$C_B = \text{int} \left[\left\{ \left(\frac{-0,299E'_{R_D} - 0,587E'_{G_D} + 0,886E'_{B_D}}{1,772} \right) \frac{224}{219} + 128 \right\} \times D \right] / D$$

$$\approx \text{int} \left[\left\{ \left(\frac{k'_{CB1}}{2^m} E'_{R_D} + \frac{k'_{CB2}}{2^m} E'_{G_D} + \frac{k'_{CB3}}{2^m} E'_{B_D} \right) + 128 \right\} \times D \right] / D,$$

где k' и m означают целочисленные коэффициенты и битовую длину целочисленных коэффициентов, соответственно. Целочисленные коэффициенты уравнений для сигналов яркости и цветоразностных сигналов должны определяться согласно Приложению 2 к Рекомендации МСЭ-R ВТ.1361. Полученные целочисленные коэффициенты представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2

**Целочисленные коэффициенты уравнений
для сигналов яркости и цветоразностных сигналов**

Биты коэффи- циента	Знаменатель	Сигнал яркости Y			Цветоразностный сигнал C_R			Цветоразностный сигнал C_B		
		k'_{Y1}	k'_{Y2}	k'_{Y3}	k'_{CR1}	k'_{CR2}	k'_{CR3}	k'_{CB1}	k'_{CB2}	k'_{CB3}
m	2^m									
8	256	77	150	29	131	-110	-21	-44	-87	131
9	512	153	301	58	262	-219	-43	-88	-174	262
10	1 024	306	601	117	524	-439	-85	-177	-347	524
11	2 048	612	1 202	234	1 047	-877	-170	-353	-694	1 047
12	4 096	1 225	2 404	467	2 095	-1 754	-341	-707	-1 388	2 095
13	8 192	2 449	4 809	934	4 189	-3 508	-681	-1 414	-2 776	4 190
14	16 384	4 899	9 617	1 868	8 379	-7 016	-1 363	-2 828	-5 551	8 379
15	32 768	9 798	19 235	3 735	16 758	-14 033	-2 725	-5 655	-11 103	16 758
16	65 536	19 595	38 470	7 471	33 516	-28 066	-5 450	-11 311	-22 205	33 516

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Жирным шрифтом выделены значения, которые были изменены относительно ближайшего целочисленного значения в результате оптимизации.

Для получения 4:2:2 компонентов Y , C_R , C_B , к описанным выше сигналам 4:4:4 C_R , C_B следует применить НЧ фильтрацию и субдискретизацию. Следует отметить, что могут существовать незначительные различия между компонентами C_R , C_B , полученными описанным выше способом, и теми, которые получены путем аналоговой фильтрации до дискретизации.

2.5.5 Ограничение сигналов Y , C_R , C_B

Цифровое кодирование сигналов в форме Y , C_R , C_B может представить существенно более широкую гамму значений сигнала, чем та, которая может поддерживаться в соответствующих диапазонах сигналов R , G , B . Поэтому, существует вероятность получения в результате создания электронного изображения или обработки сигнала такие сигналы Y , C_R , C_B , которые, несмотря на пригодность каждого из них по отдельности, могут, при преобразовании к R , G , B , привести к получению значений, лежащих вне допустимых пределов. Более удобно и более эффективно предотвратить это посредством наложения ограничений на сигналы Y , C_R , C_B , чем ждать, когда они будут преобразованы в форму R , G , B . Кроме того, ограничение может быть применено, как способ поддержания значений яркости и цветовых оттенков, минимизируя субъективные искажения посредством потери только насыщенности цвета.

2.6 Цветовая и оптоэлектронная световая характеристика¹

Пункт	Характеристики				
	Параметр	625		525	
2.6.1	Трехцветные координаты, CIE 1931 ⁽¹⁾	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
	Основные цвета: Красный	0,640	0,330	0,630	0,340
	Зеленый	0,290	0,600	0,310	0,595
	Синий	0,150	0,060	0,155	0,070
2.6.2	Принятая цветность для равных сигналов основных цветов – цветность опорного белого	D_{65}			
		<i>x</i>	<i>y</i>		
	$E_R = E_G = E_B$	0,3127		0,3290	
2.6.3	Оптоэлектронная световая характеристика до нелинейной предварительной коррекции	Принимаются линейными			
2.6.4	Оптоэлектронная характеристика "от света до света" у источника	$E = (1,099 L^{0,45} - 0,099)$ при $1,00 \geq L \geq 0,018$ $E = 4,500 L$ при $0,018 > L \geq 0$ где: <i>L</i> : яркость изображения $0 \leq L \leq 1$ при традиционной колориметрии; <i>E</i> : соответствующий электрический сигнал.			

⁽¹⁾ Определены трехцветные координаты, которые в настоящее время используются традиционными системами с 625 и 525 строками.

3 Члены семейства стандартов

Определяются следующие члены семейства:

- 4:2:2 для систем с форматом изображения 4:3 и для широкоэкранных систем с форматом изображения 16:9, когда необходимо сохранить одинаковыми ширину полосы аналогового сигнала и скорость передачи цифрового потока для обоих форматов;
- 4:4:4² для систем с форматом изображения 4:3 и 16:9 с высшим цветовым разрешением.

Приложение 1

Параметры кодирования для членов семейства стандартов

1 Значения параметров кодирования для стандарта 4:2:2 семейства стандартов

Параметры (см. таблицу 3), которые применяются для члена 4:2:2 семейства стандартов, должны использоваться в стандартном цифровом интерфейсе между основным студийным оборудованием и для международного обмена программами цифрового телевидения формата 4:3 или широкоэкранный цифровой телевидения формата 16:9, когда необходимо сохранить одинаковыми величину полосы аналогового сигнала и скорость цифрового потока.

¹ Следует отметить, что в целях прямой совместимости с системами ТВЧ, могут использоваться колориметрия и другое кодирование с помощью матричной схемы, которые описаны в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1361 (единая глобальная колориметрия и связанные с ней характеристики будущих телевизионных систем и систем получения изображения).

² Для стандартов 4:4:4 семейства дискретизированные сигналы могут быть сигналами яркости и цветоразностными сигналами (или красным, зеленым и синим сигналами, если они используются).

ТАБЛИЦА 3

Параметры	Системы 525 строк, 60 полей/с	Системы 625 строк, 50 полей/с
1 Кодированные сигналы: Y, C_R, C_B	Эти сигналы получены из сигналов, прошедших предварительную гамма-коррекцию, а именно: $E_Y, E_R - E_Y, E_B - E_Y$ (см. п. 2.5)	
2 Число отсчетов в полной строке: – сигнал яркости (Y) – каждый цветоразностный сигнал (C_R, C_B)	858 429	864 432
3 Структура дискретизации	Ортогональная для строк, полей и кадров, соответственно. Отсчеты C_R и C_B пространственно совмещены с нечетными отсчетами (1-й, 3-й, 5-й и т. д.) сигнала Y в каждой строке	
4 Частота дискретизации: – сигнал яркости – каждый цветоразностный сигнал	13,5 МГц 6,75 МГц Допуски по частоте дискретизации должны совпадать с допусками для частоты строк соответствующего стандарта цветного телевидения	
5 Форма кодирования	Равномерная ИКМ, 8 или 10 битов на отсчет для сигнала яркости и каждого цветоразностного сигнала	
6 Число отсчетов на активную цифровую строку: – сигнал яркости – каждый цветоразностный сигнал	720 360	
7 Связь между аналоговой и цифровой – от конца активной цифровой строки до момента ОН	16 периодов синхронизации яркости	12 периодов синхронизации яркости
8 Соответствие между уровнями видеосигнала и квантования: – шкала – сигнал яркости – каждый цветоразностный сигнал	(см. п. 2.4) (Значения в десятичном представлении) от $0,00_d$ до $255,75_d$ 220 (8-битовых) или 877 (10-битовых) уровней квантования с уровнем черного, соответствующим уровню $16,00_d$, и пиком уровня белого, соответствующего уровню $235,00_d$. Уровень сигнала может иногда превышать уровень $235,00_d$ или быть ниже уровня $16,00_d$. 225 (8-битовых) или 897 (10-битовых) уровней квантования в центральной части шкалы квантования с нулевым сигналом, соответствующим уровню $128,00_d$. Уровень сигнала может иногда превышать уровень $240,00_d$ или быть ниже уровня $16,00_d$.	
9 Используемые кодовые слова	Кодовые слова, соответствующие уровням квантования $0,00_d$ и $255,75_d$, используются только для синхронизации. Уровни с $1,00_d$ по $254,75_d$ используются для видеосигнала Если 8-битовые слова интерпретируются в 10-битовой системе, в 8-битовое слово должны вставляться два содержащие нули LSB.	

2 Значения параметров кодирования для стандарта 4:4:4 семейства стандартов

Параметры, приведенные в таблице 4, применяются к стандарту 4:4:4 семейства стандартов, пригодному для оборудования источников телевизионного сигнала и приложений обработки высококачественного видеосигнала.

ТАБЛИЦА 4

Параметры	Системы 525 строк, 60 полей/с	Системы 625 строк, 50 полей/с
1 Кодированные сигналы: Y, C_R, C_B или R, G, B	Эти сигналы получены из сигналов, прошедших предварительную гамма-коррекцию, а именно $E\dot{Y}, E\dot{R} - E\dot{Y}, E\dot{B} - E\dot{Y}$ или $E\dot{R}, E\dot{G}, E\dot{B}$	
2 Число отсчетов в полной строке для каждого сигнала	858	864
3 Структура дискретизации	Ортогональная для строк, полей и кадров. Три структуры дискретизации должны быть совмещены друг с другом и также совмещены со структурой дискретизации сигнала яркости стандарта 4:2:2	
4 Частота дискретизации для каждого сигнала	13,5 МГц	
5. Форма кодирования	Равномерная ИКМ, 8 или 10 битов на отсчет	
6 Длительность активной цифровой строки в числе отсчетов	720	
7 Связь между аналоговой и цифровой синхронизацией строк: – от конца активной цифровой строки до момента ОН	16 периодов синхронизации	12 периодов синхронизации
8 Соответствие между уровнями видеосигнала для каждого отсчета: – шкала – R, G, B или сигнал яркости ⁽¹⁾ – каждый цветоразностный сигнал ⁽¹⁾	(см. п. 2.4) (Значения в десятичном представлении) от 0,00 _d до 255,75 _d 220 (8-битовых) или 877 (10-битовых) уровней квантования с уровнем черного, соответствующим уровню 16,00 _d , и пиком уровня белого, соответствующего уровню 235,00 _d . Уровень сигнала может иногда превышать уровень 235,00 _d или быть ниже уровня 16,00 _d . 225 (8-битовых) или 897 (10-битовых) уровней квантования в центральной части шкалы квантования с нулевым сигналом, соответствующим уровню 128,00 _d . Уровень сигнала может иногда превышать уровень 240,00 _d или быть ниже уровня 16,00 _d .	
9 Используемые кодовые слова	Кодовые слова, соответствующие уровням квантования 0,00 _d и 255,75 _d , используются только для синхронизации. Уровни с 1,00 _d по 254,75 _d используются для видеосигнала Если 8-битовые слова интерпретируются в 10-битовой системе, в 8-битовое слово должны вставляться два содержащие нули LSB.	

⁽¹⁾ Если используется.

Дополнение 1 к Приложению 1

Описание сигналов, используемых в стандартах цифрового кодирования

1 Взаимосвязь между активной цифровой строкой и моментом аналоговой синхронизации

Взаимосвязь между отсчетами яркости активной цифровой строки и моментом аналоговой синхронизации показана на:

- рисунке 1 для систем с 625 строками;
- рисунке 2 для систем с 525 строками.

На этих рисунках точка дискретизации соответствует началу каждого блока.

Соответствующие числа отсчетов цветоразностных сигналов в стандарте 4:2:2 могут быть получены посредством деления пополам числа яркостных отсчетов. Значения (12,132) и (16,122) были выбраны симметричными, для того чтобы изобразить активную цифровую строку в районе разрешенных

вариаций. Они не являются частью описания цифровой строки и относятся только к аналоговому интерфейсу.

РИСУНОК 1

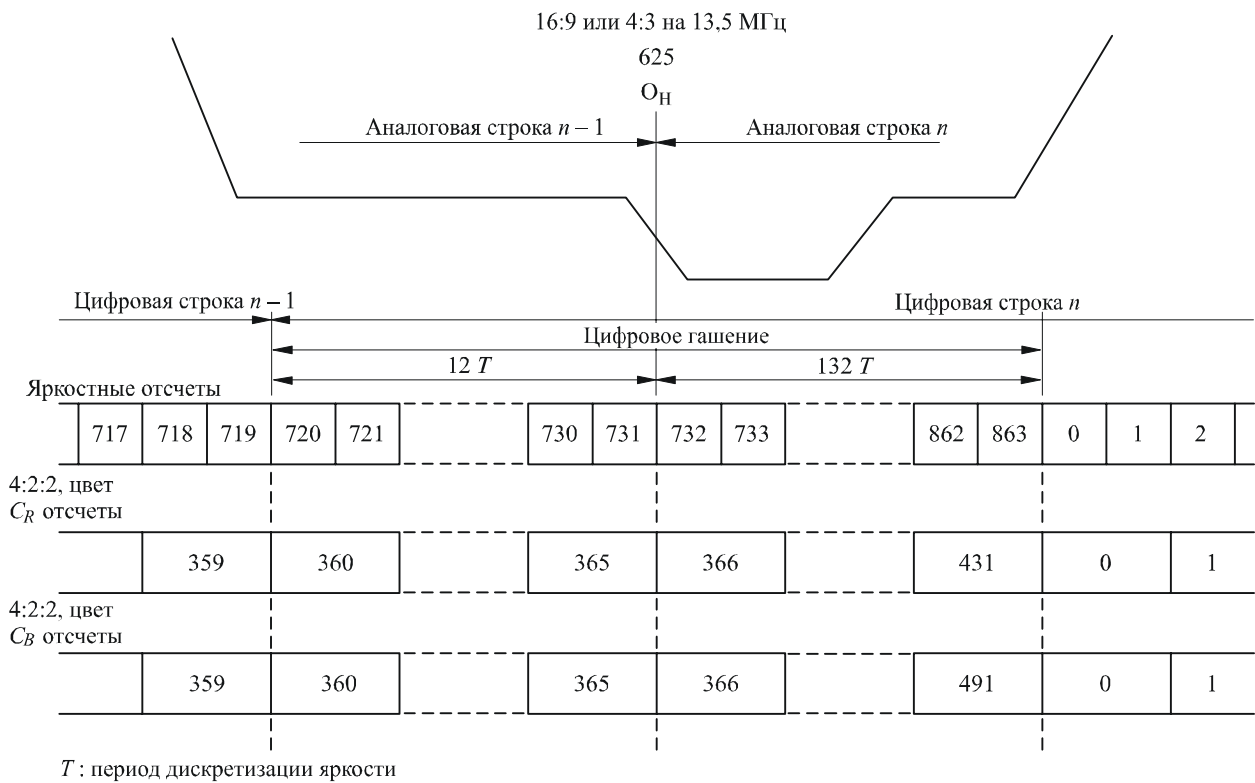
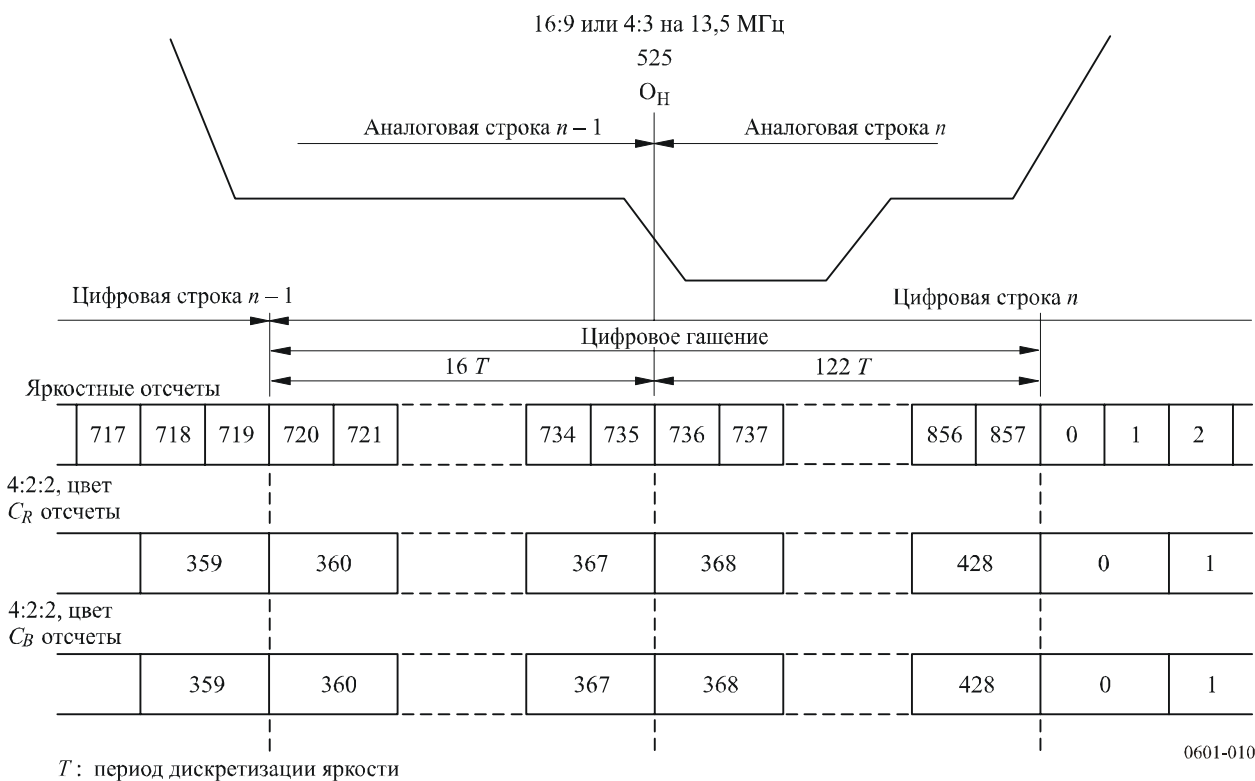


РИСУНОК 2



Дополнение 2 к Приложению 1

Характеристики фильтрации

1 Некоторые указания по практической реализации фильтров

В предложениях по фильтрам, используемым в процессах кодирования и декодирования, предполагается, что в постфильтрах, которые следуют за цифро-аналоговым преобразованием, предусмотрена коррекция по характеристике $(\sin x/x)$. Допуски по полосе пропускания для фильтра плюс корректор $(\sin x/x)$ плюс теоретическая $(\sin x/x)$ характеристика должны быть такими же, как приняты собственно для фильтров. Это наиболее просто достигается, если фильтр, корректор $(\sin x/x)$ и компенсатор задержки разрабатываются как единое устройство.

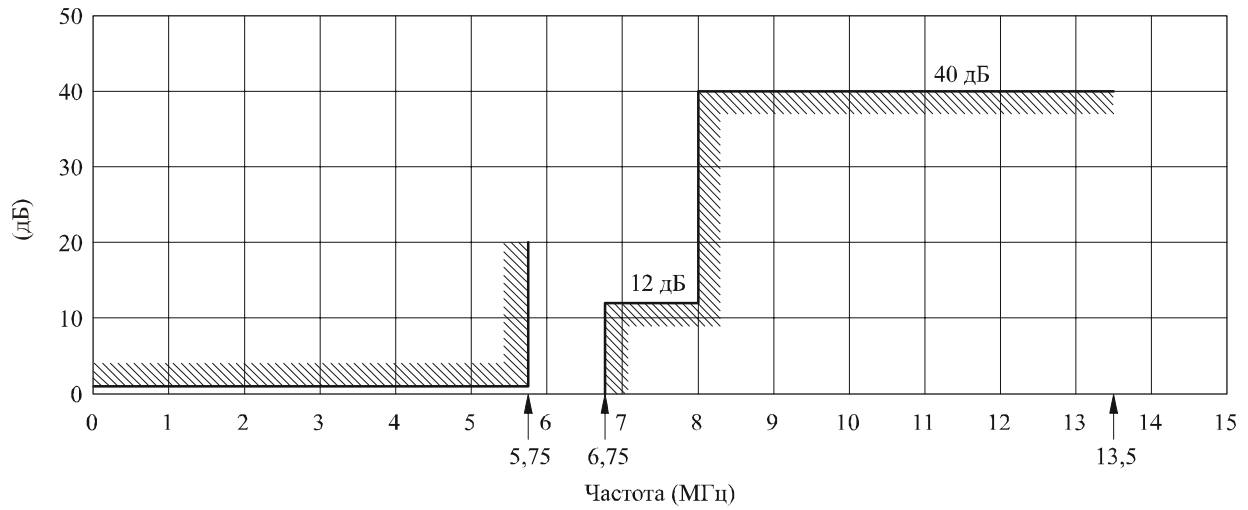
Общая задержка из-за фильтрации и кодирования должна быть одинаковой для сигнала яркости и цветоразностных сигналов. Задержка фильтра цветоразностных сигналов (рисунки 4а и 4b) вдвое выше, чем задержка фильтра сигнала яркости (рисунки 3а и 3b). Поскольку трудно выровнять эти времена с использованием аналоговых линий задержки без превышения пределов полосы пропускания, рекомендуется большую часть этой разницы (кратную периоду дискретизации) компенсировать в цифровой форме. Что касается корректировки остатка, необходимо отметить, что цепь дискретизации и синхронизации в декодере вводит равномерную задержку на половину периода дискретизации.

Допуски в полосе пропускания для неравномерности амплитуды и группового времени запаздывания очень невелики. Современные исследования показывают, что это необходимо, так как значительное число последовательных операций кодирования и декодирования могут быть выполнены без потерь потенциально высокого качества стандарта кодирования 4:2:2. Из-за ограничений, присущих существующему сегодня измерительному оборудованию, производители могут испытывать трудности в обеспечении экономичной поверки в производственных условиях отдельных фильтров на соответствие их параметров допустимым отклонениям. Однако можно разрабатывать фильтры таким образом, чтобы установленные характеристики выполнялись на практике, и производителям необходимо прилагать все усилия на стадии производства, направленные на то, чтобы каждый фильтр соответствовал данным характеристикам.

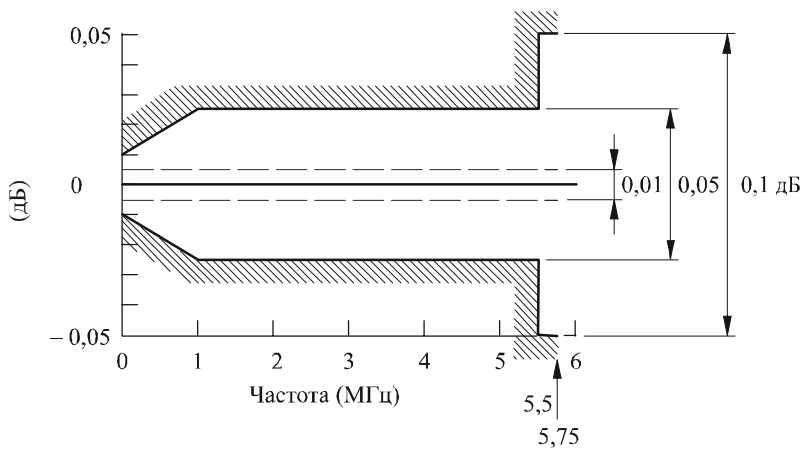
Параметры, приведенные в Дополнении 2, разрабатывались так, чтобы максимально сохранить спектральное содержание сигналов Y , C_R , C_B на всем пути их следования через компонентную сигнальную цепь. Однако понятно, что спектральная характеристика цветоразностного сигнала должна быть сформирована посредством медленного сглаживающего фильтра, устанавливаемого в мониторе, или на конце компонентной сигнальной цепи.

РИСУНОК 3

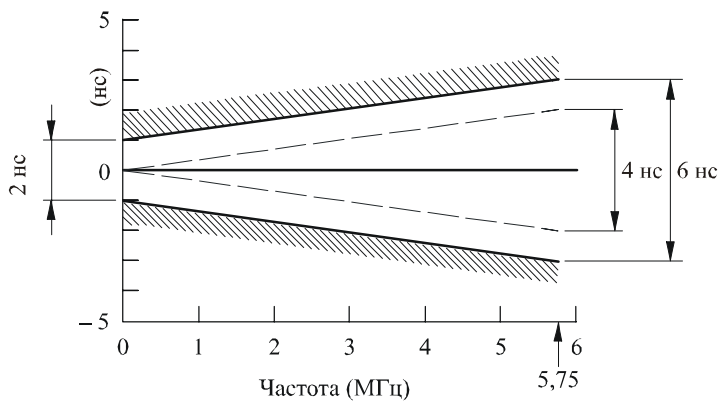
Характеристики фильтра сигналов яркости, RGB
или цветоразностных сигналов формата 4:4:4



а) Шаблон характеристики введения/удаления частоты



б) Допуск по неравномерности в полосе пропускания фильтра



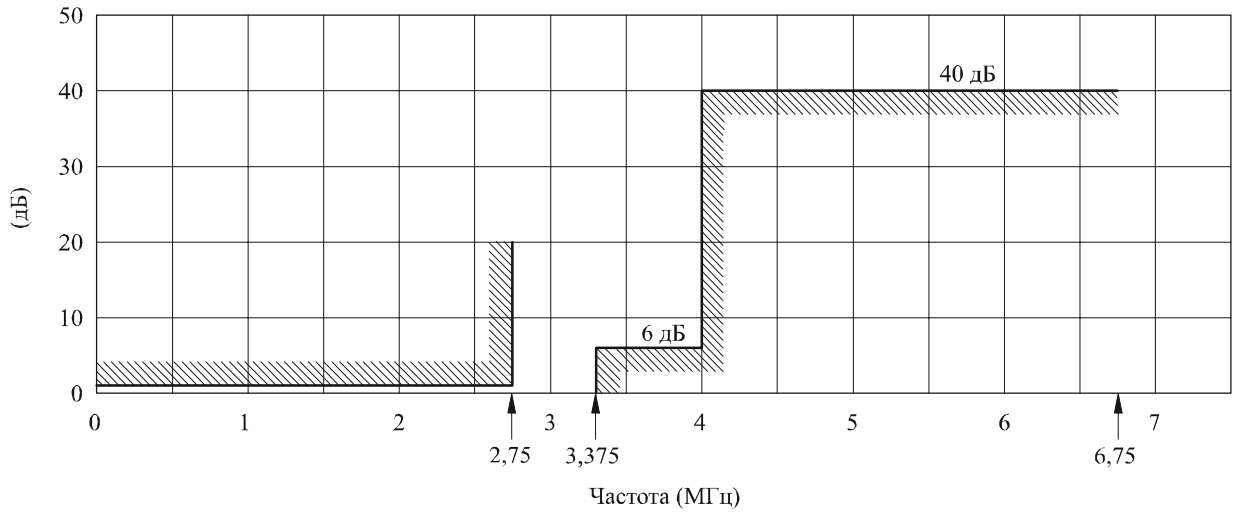
с) Допуск по групповому времени задержки в полосе

Примечание 1. – Наименьшая частота в б) и с) – равна 1 кГц (вместо 0 МГц).

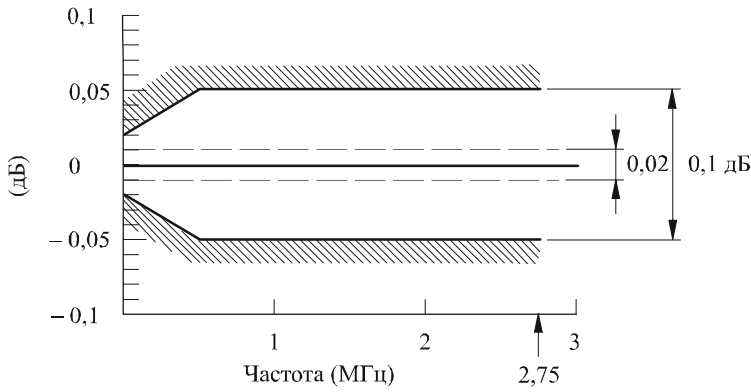
0601-03

РИСУНОК 4

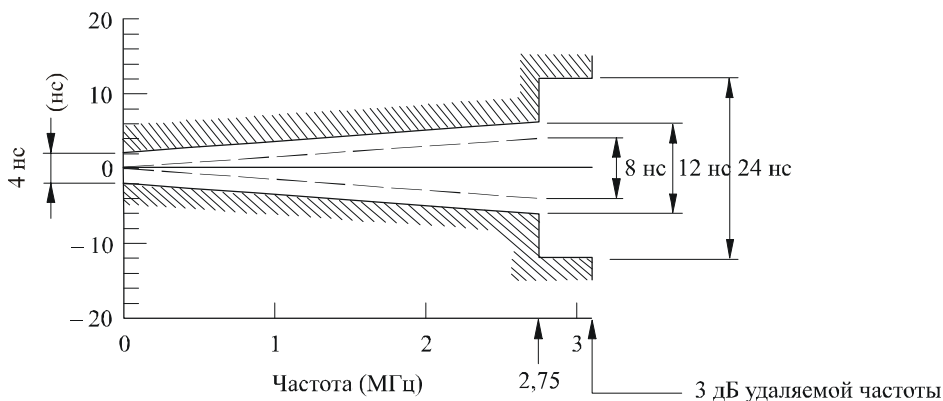
Характеристики цветоразностных сигналов формата 4:2:2



а) Шаблон характеристики введения/удаления частоты



б) Допуск по неравномерности в полосе пропускания фильтра

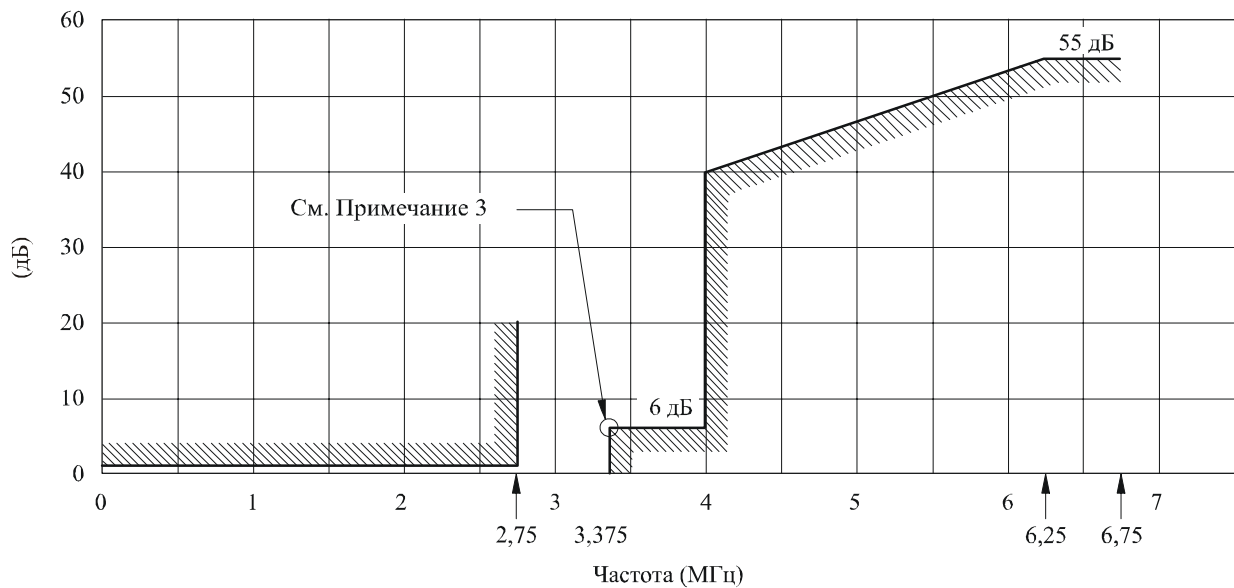


с) Допуск по групповому времени задержки в полосе

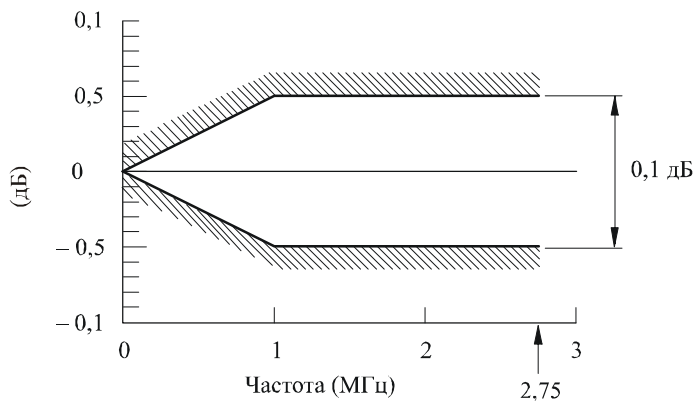
Примечание 1. – Наименьшая частота в б) и с) – равна 1 кГц (вместо 0 МГц).

РИСУНОК 5

Характеристики цифрового фильтра для преобразования частоты
дискретизации цветоразностных сигналов из 4:4:4 в 4:2:2



а) Шаблон характеристики введения/удаления частоты



б) Допуск по неравномерности в полосе пропускания фильтра

Примечания к рисункам 3, 4 и 5:

Примечание 1. — Неравномерность и групповое время запаздывания определены по отношению к их значениям на 1 кГц. Сплошные линии обозначают практические пределы, пунктирные — предлагаемые пределы для теоретического проектирования.

Примечание 2. — В цифровом фильтре практические и расчетные пределы эквивалентны. Искажение времени задержки преднамеренно равно нулю.

Примечание 3. — В цифровом фильтре (рисунок 5) амплитудно-частотная характеристика (в линейном масштабе) должна иметь наклон, симметричный относительно точки половинной амплитуды, как показано на рисунке.

Примечание 4. — В предложениях по фильтрам для использования в процессах кодирования и декодирования, принимается, что в фильтрации, следующей за цифро-аналоговым преобразованием, предусмотрена коррекция по характеристике ($\sin x/x$) цепей дискретизации и синхронизации.

0601-05