

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.2077-2

(06/2017)

**Последовательные цифровые интерфейсы
реального времени для сигналов ТСВЧ**

Серия ВТ

**Радиовещательная служба
(телевизионная)**



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2018 г.

© ITU 2018

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.2077-2

**Последовательные цифровые интерфейсы реального времени
для сигналов ТСВЧ**

(Вопрос МСЭ-R 130-2/6)

(06/2015-10/2015-2017)

Сфера применения

В этой Рекомендации определены последовательные цифровые интерфейсы для студийных сигналов ТСВЧ с разрешением 7680×4320 и 3840×2160 пикселей, различными значениями частоты кадров до 120 Гц, структурой дискретизации $4:4:4$, $4:2:2$ и $4:2:0$ и глубиной цвета 10 и 12 бит, определенные в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.2020 и МСЭ-R ВТ.2100. Настоящая Рекомендация разделена на три части. Часть 1 и часть 3 основаны на контейнерах 10-битовых слов, а часть 2 основана на контейнерах 12-битовых слов. В части 1 и части 2 используются многоканальные оптические интерфейсы со скоростью передачи данных 10 Гбит/с, а в части 3 используются одноканальные и многоканальные электрические и оптические интерфейсы со скоростью передачи данных 6 Гбит/с, 12 Гбит/с и 24 Гбит/с.

Ключевые слова

Последовательный интерфейс, ТСВЧ, оптический интерфейс, субизображение, режим реального времени.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020 определены студийные сигналы ТСВЧ с количеством пикселей 7680×4320 и 3840×2160 , различными значениями частоты кадров до 120 Гц, структурой дискретизации $4:4:4$, $4:2:2$ и $4:2:0$, широкой цветовой гаммой и глубиной цвета 10 и 12 битов;
- b)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100 определены значения параметров изображения телевидения с высоким динамическим диапазоном для производства программ и международного обмена программами и указаны форматы изображения с теми же значениями параметров, которые определены в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020, за исключением следующих параметров:
 - передаточные функции перцептивного квантования (PQ) и гибридной гамма-логарифмической коррекции (HLG);
 - представления яркостного и цветоразностного сигнала непостоянной яркости $Y'C'_B C'_R$ и постоянной интенсивности I_{TSR} ;
- c)* что для целого ряда типов оборудования, работающего с такими сигналами в радиовещательных сетях и промышленных применениях, требуются цифровые интерфейсы;
- d)* что цифровые интерфейсы для студийных сигналов ТСВЧ должны поддерживать все форматы ТСВЧ, разрешенные в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.2020 и МСЭ-R ВТ.2100;
- e)* что цифровые интерфейсы высокой четкости (HD-SDI), указанные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120, первоначально были предназначены для передачи 10-битовых сигналов ТВЧ $4:2:2$ с частотой кадров до 30 Гц или частотой полей 60 Гц;
- f)* что реально существуют оптические интерфейсы, поддерживающие скорость передачи данных около 10 Гбит/с, и электрические и оптические интерфейсы, поддерживающие скорость передачи данных 6 Гбит/с, 12 Гбит/с и 24 Гбит/с, а в будущем станут возможны и интерфейсы, поддерживающие еще более высокие скорости передачи данных,

рекомендует,

чтобы в последовательных цифровых интерфейсах реального времени для сигналов ТСВЧ, определенных в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.2020 и МСЭ-R ВТ.2100, использовались характеристики, описываемые в частях 1, 2 и 3 настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Основные характеристики интерфейсов, описываемых в частях 1, 2 и 3, приведены в таблице 1.

При наличии нескольких вариантов интерфейса для требуемой инфраструктуры конкретный интерфейс можно выбрать с учетом эксплуатационных и других бизнес-факторов, включая среду передачи и расстояние, как указано в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Основные характеристики интерфейсов, описываемых в частях 1, 2 и 3

		Часть 1	Часть 2	Часть 3	
				Электрические характеристики	Оптические характеристики
Преобразование данных	Контейнер	10-битовое слово	12-битовое слово	10-битовое слово	
	Скорость передачи данных в линии	10,692 Гбит/с	10,692 Гбит/с	5,94, 11,88 или 23,76 Гбит/с	
	Количество линий	До 16	До 24	До 8	
Физический уровень	Среда передачи	Одномодовое оптоволокно	Одно- или многомодовое оптоволокно	Коаксиальный кабель	Одномодовое (SM) или многомодовое (MM) оптоволокно
	Количество волокон/кабелей	1 (DWDM)	1 (DWDM) или 24 (одна λ на волокно)	До 8	1 (CWDM) или до 8 (одна λ на волокно)
	Соединитель	LC/PC симплекс/дуплекс	SC/PC симплекс или MPO	BNC	LC/PC симплекс/дуплекс
	Дальность передачи	< 2 км	< 100 м (MM) < 2 км (SM)	< 100 м (6G) < 70 м (12G) < 30 м (24G)	< 100 м (MM) < 4 км (SM)
Примеры применения		Межстудийные	Внутристудийные или межстудийные	Внутристудийные	Внутристудийные или межстудийные

CWDM (Coarse wavelength division multiplex) – грубое мультиплексирование с разделением по длине волны.

DWDM (Dense wavelength division multiplex) – плотное мультиплексирование с разделением по длине волны.

LC/PC (Lucent connector) – разъем LC/PC – волоконно-оптическая вилка/адаптер типа LC с керамическим наконечником.

SC/PC (Single fibre Coupling/Physical Contact) – соединение встык одномодового волокна/физический контакт

MPO (Multiple-fibre push-on/pull-off) – многоволоконный оптический разъем, устанавливаемый в адаптер без вращения, прямым введением.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Всюду по тексту этой Рекомендации h указывает на число в шестнадцатеричной системе отсчета, а (10) – на число в десятичной системе отсчета.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Исходные структуры дискретизации изображений телевидения сверхвысокой четкости (ТСВЧ) для конкретного интерфейса определены в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.2020 и МСЭ-R ВТ.2100 и перечислены в таблице 2. Формат изображения (структура дискретизации) ТСВЧ составляет 3840×2160 (ТСВЧ1) или 7680×4320 (ТСВЧ2).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – По всему тексту настоящей Рекомендации для представления яркостных и цветоразностных сигналов, которые на практике могут быть сигналами $Y'C'_B C'_R$ или $IC_T C_P$, используются обозначения $Y'C'_B C'_R$, если не указано иное.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – При передаче и сигнализации данных полного диапазона эти данные обрезаются до видеоданных узкого диапазона.

ТАБЛИЦА 2

**Поддерживаемые в настоящей Рекомендации структуры дискретизации
и частоты кадров изображения систем ТСВЧ**

Категория системы	Номенклатура системы	Количество отсчетов сигнала яркости или R' G' B' в строке	Количество строк в кадре	Частота кадров (Гц)
ТСВЧ1	3 840 × 2 160/23,98/P	3 840	2 160	24/1,001
	3 840 × 2 160/24/P			24
	3 840 × 2 160/25/P			25
	3 840 × 2 160/29,97/P			30/1,001
	3 840 × 2 160/30/P			30
	3 840 × 2 160/50/P			50
	3 840 × 2 160/59,94/P			60/1,001
	3 840 × 2 160/60/P			60
	3 840 × 2 160/100/P			100
	3 840 × 2 160/119,88/P			120/1,001
3 840 × 2 160/120/P	120			
ТСВЧ2	7 680 × 4 320/23,98/P	7 680	4 320	24/1,001
	7 680 × 4 320/24/P			24
	7 680 × 4 320/25/P			25
	7 680 × 4 320/29,97/P			30/1,001
	7 680 × 4 320/30/P			30
	7 680 × 4 320/50/P			50
	7 680 × 4 320/59,94/P			60/1,001
	7 680 × 4 320/60/P			60
	7 680 × 4 320/100/P			100
	7 680 × 4 320/119,88/P			120/1,001
7 680 × 4 320/120/P	120			

ЧАСТЬ 1

1 Определение терминов

ANC	Ancillary data packets		Вспомогательные пакеты данных
UHDTV	Ultra-high definition television, having an image format (sample structure) of 3840 × 2160 or 7680 × 4320	ТСВЧ	Телевидение сверхвысокой четкости с форматом изображения (структурой дискредитации) 3840 × 2160 или 7680 × 4320
UHDTV1	UHDTV having an image format (sample structure) of 3840 × 2160	ТСВЧ1	ТСВЧ с форматом изображения (структурой дискредитации) 3840 × 2160
UHDTV2	UHDTV having an image format (sample structure) of 7680 × 4320	ТСВЧ2	ТСВЧ с форматом изображения (структурой дискредитации) 7680 × 4320
CRC	Cyclic redundancy check codes defined in Recommendation ITU-R BT.1120		Коды с циклической проверкой по избыточности, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120
CDR	Clock data recovery		Восстановление тактовой частоты
EAV	The term EAV used in Part 1 of this Recommendation designates 4 bytes of timing information around an end of active video area		Термин EAV, используемый в части 1 настоящей Рекомендации, относится к 4 байтам информации о синхронизации в конце активной области видеосигнала
HANC data	Data included in the digital line blanking interval between EAV/LN/CRC and SAV	Данные HANC	Данные, включенные в интервал гашения цифровой строки между байтами EAV/LN/CRC и SAV
K28.5	Special code for the word boundary detection of 8B/10B coding defined in ANSI INCITS 230		Специальный код для определения границы слова в кодировке 8B/10B, определенный в стандарте ANSI INCITS 230
LN	Line number data defined in Recommendation ITU-R BT.1120		Данные о номере строки, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120
Container format	The pixel array present on the interface to transport images (for Part 1 of this Recommendation the container is 1920 × 1080)	Формат контейнера	Массив пикселей, имеющийся в интерфейсе для передачи изображений (для части 1 настоящей Рекомендации формат контейнера составляет 1920 × 1080)
SAV	Timing information around a start of active video area defined in Recommendation ITU-R BT.1120		Информация о синхронизации в начале активной области видеосигнала, определенная в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120
Basic stream	A 10-bit parallel stream which has the same structure as the source data stream defined in Recommendation ITU-R BT.1120. This interleaved data stream carries the image structure defined in the source format data defined in Recommendation ITU-R BT.1120	Базовый поток	10-битовый параллельный поток, который имеет такую же структуру, что и у потока исходных данных, определенного в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120. Этот перемежающийся поток данных передает структуру изображения, определенную в данных о формате источников, рассмотренных в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120
Even basic stream	Channel CH2, CH4, CH6 and CH8 (Link Bs) of basic streams defined in Annex B to Part 1 § B1.4 (Mode D)	Четный базовый поток	Каналы CH2, CH4, CH6 и CH8 (линии В) базовых потоков, определенных в Приложении В к части 1, пункт В1.4 (режим D)
Odd basic stream	CH1, CH3, CH5 and CH7 (Link As) of basic streams defined in Annex B to Part 1 § B1.4 (Mode D)	Нечетный базовый поток	Каналы CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) базовых потоков, определенных в Приложении В к части 1, пункт В1.4 (режим D)

Stuffing data	Designates one of the data byte D0.0 of 8B/10B coding defined in ANSI INCITS 230	Данные заполнения	Обозначают один из байтов данных D0.0 в кодировке 8B/10B, определенной в стандарте ANSI INCITS 230
LC (Lucent Connector)	IEC 61754-20 (2012), Fibre Optic Connector Interfaces – Part 20: Type LC Connector Family	LC (разъем Lucent)	IEC 61754-20 (2012) Интерфейсы волоконно-оптических соединителей. Часть 20. Серия соединителей типа LC

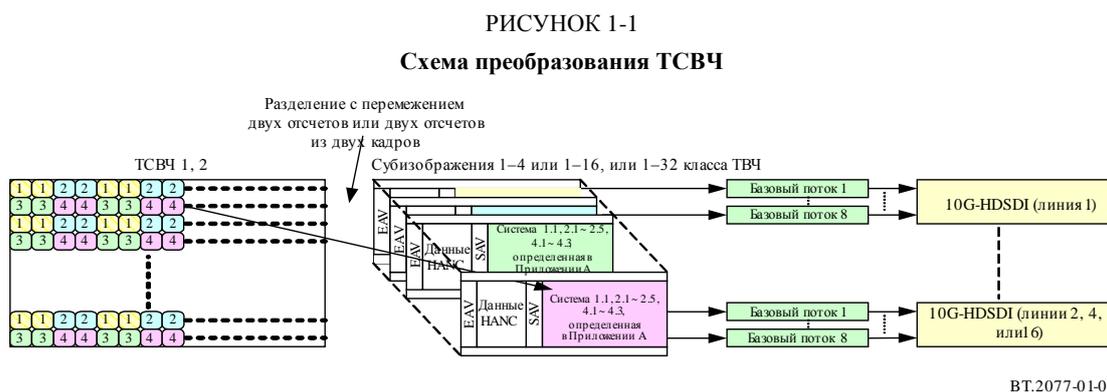
2 Обзор базовой системы

В системе ТСВЧ1 два изображения преобразуются в 4, или 8, или 16, или 32 субизображения посредством разделения с перемежением двух отсчетов или двух кадров при частоте кадров 100 Гц или 120 Гц и далее преобразуются в одно-, двух-, четырех-, восьми- или шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HDS DI (режим D), определенный в Приложении В к части 1, с помощью базовых потоков, соответствующих последовательному цифровому интерфейсу 1,5 Гбит/с, рассмотренному в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120, как показано на рисунке 1-1. Коммутация сигналов интерфейса, преобразованных в соответствии с частью 1 настоящей Рекомендации, ограничена максимальной частотой 60 Гц. Частота коммутации групповой полосы не ограничена.

При встраивании дополнительных данных ANC формат пакета данных ANC должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364. Вспомогательные аудиоданные должны соответствовать определению в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365 и должны преобразовываться следующим образом:

- (1-й) базовый поток СН1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1) до максимума в 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимума в 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц;
- (2-й) базовый поток СН1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2) до максимума в 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимума в 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц.

Несколько базовых потоков, переносящих исходные данные изображений ТСВЧ, мультиплексируются и преобразуются в последовательный одноканальный или многоканальный интерфейс 10G-HDS DI, как указано в пунктах 3 и 4.



3 Преобразование изображения ТСВЧ1 в одноканальный, или двухканальный, или четырехканальный интерфейс 10G-HDS DI

3.1 Преобразование полезной видеонагрузки

В таблице 1-1 показаны форматы изображений, которые разделяются на четыре субизображения с перемежением двух отсчетов или двух отсчетов из двух кадров и преобразуются в одно-, или двух-, или четырехканальный интерфейс 10G-HDS DI (режим D), определенный в Приложении В к части 1. Каждое субизображение имеет формат 1920 × 1080, определяемый как системы 1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2 или 4.3 в таблицах 1-A1, 1-A2 и 1-A3 Приложения А к части 1.

ТАБЛИЦА 1-1

**Форматы исходных изображений ТСВЧ1, поддерживаемые
частью 1 настоящей Рекомендации**

Номер системы	Номенклатура системы	Структура отсчетов/глубина цвета	Частота кадров (Гц)	Формат субизображения, определенный в Приложении А к части 1
U1.1	3 840 × 2 160/24/P 3 840 × 2 160/25/P 3 840 × 2 160/30/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C' _B C' _R)/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 1.1
	3 840 × 2 160/23,98/P 3 840 × 2 160/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U1.2	3 840 × 2 160/24/P 3 840 × 2 160/25/P 3 840 × 2 160/30/P	4 : 4 : 4 (R'G'B')/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.2
	3 840 × 2 160/23,98/P 3 840 × 2 160/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U1.3	3 840 × 2 160/24/P 3 840 × 2 160/25/P 3 840 × 2 160/30/P	4 : 4 : 4 (R'G'B')/12 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.3
	3 840 × 2 160/23,98/P 3 840 × 2 160/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U1.4	3 840 × 2 160/24/P 3 840 × 2 160/25/P 3 840 × 2 160/30/P	4 : 4 : 4 (Y'C' _B C' _R)/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.4
	3 840 × 2 160/23,98/P 3 840 × 2 160/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U1.5	3 840 × 2 160/24/P 3 840 × 2 160/25/P 3 840 × 2 160/30/P	4 : 2 : 0, 4 : 2 : 2 или 4 : 4 : 4 (Y'C' _B C' _R)/12 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.5
	3 840 × 2 160/23,98/P 3 840 × 2 160/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U1.6	3 840 × 2 160/50/P 3 840 × 2 160/60/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C' _B C' _R)/10 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 2.1
	3 840 × 2 160/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U1.7	3 840 × 2 160/50/P 3 840 × 2 160/60/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C' _B C' _R)/12 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.1
	3 840 × 2 160/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U1.8	3 840 × 2 160/50/P 3 840 × 2 160/60/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C' _B C' _R)/10 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.2
	3 840 × 2 160/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U1.9	3 840 × 2 160/50/P 3 840 × 2 160/60/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C' _B C' _R)/12 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.3
	3 840 × 2 160/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U1.10	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C' _B C' _R)/10 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 2.1
U1.10	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4:2:2 (Y'C' _B C' _R)/10 бит	120 прогрессивная	Система 2.1
U1.11	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C' _B C' _R)/12 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.1

ТАБЛИЦА 1-1 (окончание)

Номер системы	Номенклатура системы	Структура отсчетов/глубина цвета	Частота кадров (Гц)	Формат субизображения, определенный в Приложении А к части 1
U1.11	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	120 прогрессивная	Система 4.1
U1.12	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.2
U1.12	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	120 прогрессивная	Система 4.2
U1.13	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.3
U1.13	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	120 прогрессивная	Система 4.3
U1.14	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	100 прогрессивная	Система 2.1
U1.15	3 840 × 2 160/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	100 прогрессивная	Система 4.1
U1.16	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	100 прогрессивная	Система 4.2
U1.17	3 840 × 2 160/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	100 прогрессивная	Система 4.3

Изображения систем U1.1–U1.9 разделяются и преобразуются в активную область субизображений (от первого до четвертого) путем разделения с перемежением двух отсчетов, как показано на рисунке 1-A4 в Приложении А к части 1. Субизображения систем U1.1–U1.9 рассматриваются в виде субизображений систем 1.1, 2.2–2.5, 2.1 или 4.1–4.3, как показано в таблице 1-1, и имеют структуру цифровых отсчетов, определенную в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020.

Нулевым компонентам данных изображения системы 4 : 2 : 0 (отсчеты с четными номерами в строках с нечетными номерами неназначенных C_BC_R) в случае 10-битовой системы присваиваются номера 200_h (512₍₁₀₎), а в случае 12-битовой системы – 800_h (2048₍₁₀₎).

В таблице 1-A5 Приложения А к части 1 указано соотношение между номерами пикселей по горизонтали/вертикали исходного изображения формата 3840 × 2160 и номерами отсчетов/строк субизображений (один, два три и четыре) формата 1920 × 1080, преобразованных путем разделения с перемежением двух отсчетов.

3.2 Одноканальный интерфейс 10G-HDSI для систем U1.1–U1.5

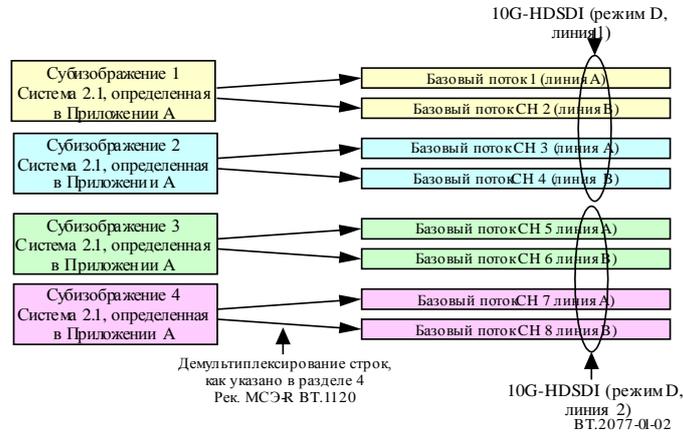
В случае изображений систем U1.1–U1.5 (3840 × 2160/23,98/P, 24/P, 25/P, 29,97/P и 30/P) каждое субизображение (от первого до четвертого), созданное путем разделения с перемежением двух отсчетов, помещаются в одноканальный или двухканальный базовый поток 1,5 Гбит/с. Четыре одноканальных или двухканальных базовых потока из четырех субизображений преобразуются в одноканальный интерфейс 10G-HDSI, как указано в пункте В1.4 Приложения В к части 1.

3.3 Двухканальный интерфейс 10G-HDSI для систем U1.6–U1.9

В случае систем U1.6–U1.9 (3840 × 2160/50/P, 59,94/P и 60/P) данные каждого субизображения, создаваемого путем разделения с перемежением двух отсчетов, помещаются в двух- или четырехканальный базовый поток с той же структурой, что и у двухканального или четырехканального базового потока 1,5 Гбит/с, определенного в пунктах А1.2 и А1.3 Приложения А к части 1.

Субизображения (от первого до четвертого), полученные из изображений системы U1.6, эквивалентны системе 2.1, как определено в Приложении А к части 1, и распределяются в 8 базовых потоков, как показано на рисунке 1-2.

РИСУНОК 1-2
Деление системы U1.6 на 8 каналов

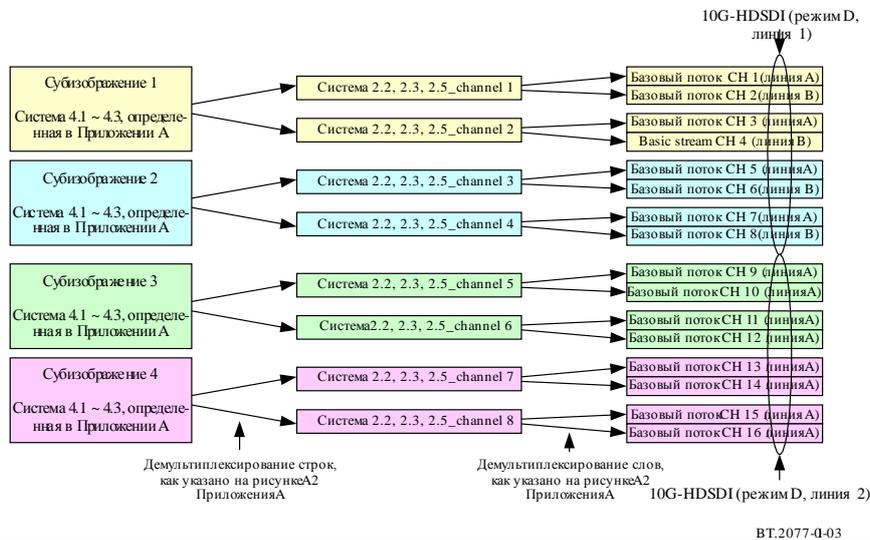


8 базовых потоков виртуального интерфейса для системы U1.6 преобразуются в двухканальный интерфейс 10G-HDSDI. Базовые потоки CH1, CH2, CH3 и CH4 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSDI (линия 1), а базовые потоки CH5, CH6, CH7 и CH8 – в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSDI (линия 2), то есть:

- базовые потоки CH1, CH2, CH3 и CH4 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSDI (линия 1);
- базовые потоки CH5, CH6, CH7 и CH8 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSDI (линия 2).

В случае изображений систем U1.7, U1.8 и U1.9 субизображения (от первого до четвертого) разделяются на 16 базовых потоков, как показано на рисунке 1-3.

РИСУНОК 1-3
Деление на 16 потоков для систем U1.7, U1.8 и U1.9



Интерфейс 10G-HDSI (режим D), определенный в Приложении В к части 1, позволяет передавать до четырех пар каналов двухканальной системы 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1,5 Гбит/с или до двух пар каналов четырехканальной системы 4.1, 4.2 или 4.3 1,5 Гбит/с, как указано в Приложении В к части 1. Таким образом изображения ТСВЧ1 систем U1.6, U1.7, U1.8 и U1.9 передаются с использованием двухканального интерфейса 10G-HDSI (режим D).

16 базовых потоков виртуального интерфейса для систем U1.7, U1.8 и U1.9 преобразуются в двухканальный интерфейс 10G-HDSI. Группы базовых потоков CH ($8k - 7$), CH ($8k - 6$), CH ($8k - 5$), CH ($8k - 4$), CH ($8k - 3$), CH ($8k - 2$), CH ($8k - 1$) и CH ($8k$), где k – целое число от 1 до 2, преобразуются в линии CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CH7 и CH8 интерфейса 10G-HDSI (линия k), то есть:

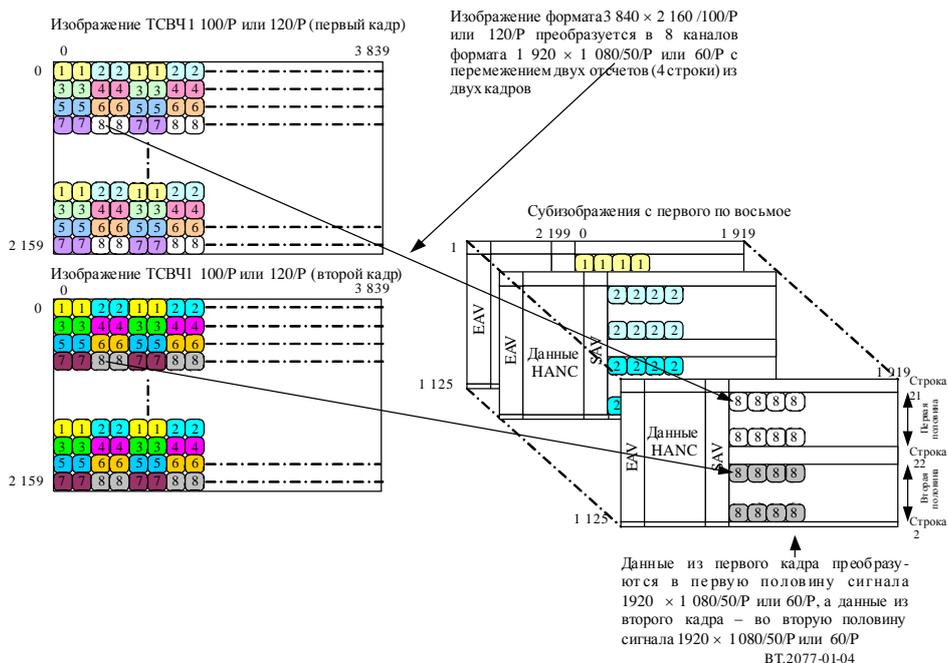
- базовые потоки CH1–CH8 преобразуются в CH1–CH8 интерфейса 10G-HDSI (линия 1);
- базовые потоки CH9–CH16 преобразуются в CH1–CH8 интерфейса 10G-HDSI (линия 2).

3.4 Четырехканальный интерфейс 10G-HDSI для систем U1.10–U1.17

В случае изображений систем U1.10–U1.17 ($3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$) создаются 8 субизображений на четырех строках путем разделения с перемежением двух отсчетов из двух кадров, как показано на рисунке 1-4. Каждое субизображение делится на двухканальный или четырехканальный базовые потоки с той же структурой, что и у двухканальных или четырехканальных базовых потоков 1,5 Гбит/с, описываемых в пунктах A1.2 и A1.3 Приложения А к части 1.

РИСУНОК 1-4

Перемежение двух отсчетов из двух кадров при преобразовании изображения формата $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$ в 8-канальный сигнал формата $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$



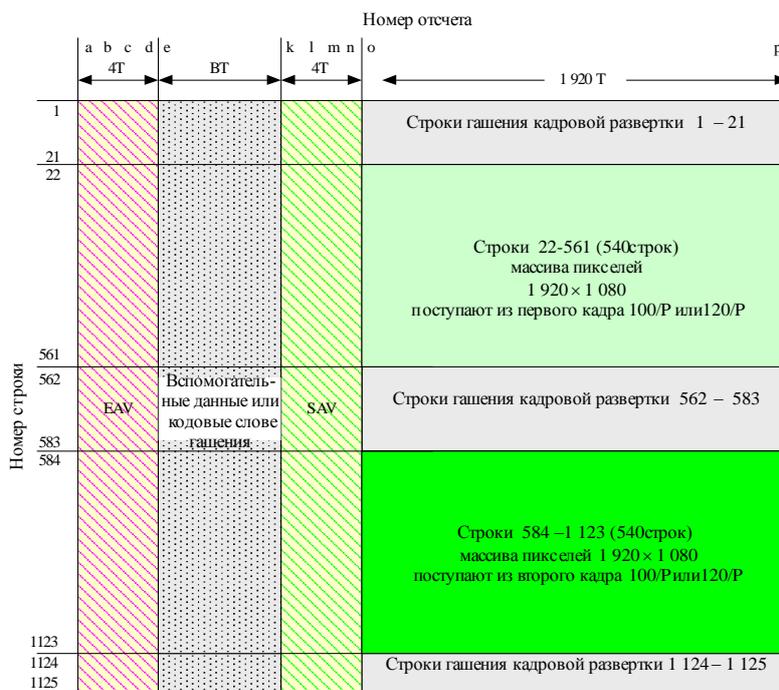
Разделение с перемежением двух отсчетов из двух кадров применяется к изображениям формата $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$, перечисленным в таблице 1-1 (U1.10–U1.16), и заключается в преобразовании двух последовательных кадров, первого и второго, по 4 строки в область гашения обратного хода кадровой развертки и активную область кадровой развертки 8 каналов для сигналов формата $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$. Строки $4N$, $4N + 1$, $4N + 2$ и $4N + 3$ ($N = 0, 1, 2, 3, \dots, 539$) первого и второго кадров преобразуются соответственно в субизображения 1 или 2, субизображения 3 и 4, субизображения 5 и 6 и субизображения 7 и 8 в соответствии с двумя последовательными отсчетами горизонтальной развертки. Первый кадр преобразуется в строки с номерами с 22 по 561, а второй –

в строки с номерами с 584 по 1123. Перед первым кадром вставляется полоса гашения обратного хода кадровой развертки, занимающая с 1-й по 21-ю строки, а между первым и вторым кадрами вставляется полоса гашения обратного хода луча кадровой развертки, занимающая с 562-й по 583-ю строки. После второго кадра добавляются две строки кадровой развертки, занимающие 1124-ю и 1125-ю строки. Такое деление приводит к эквивалентным субизображениям с номерами 1–8.

Рисунок 1-5 иллюстрирует структуру кадра с форматом $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$, в которой области гашения обратного хода кадровой развертки и область преобразованных данных из первого и второго кадров изображений формата $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$ имеют цветовую маркировку. В таблице 1-2 определено соотношение между номерами отсчетов/строк первого и второго кадров исходного сигнала $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$ и номерами отсчетов/строк преобразованных субизображений формата $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$ с номерами с 1-го по 8-й с перемежением двух отсчетов из двух кадров.

РИСУНОК 1-5

Структура преобразования изображений и цифровые последовательности опорных синхросигналов изображений формата $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$



Система	a	b	c	d	e	k	l	m	n	o	p	BT
U1.10-U1.13	1920	1921	1922	1923	1924	2196	2197	2198	2199	0	1919	272T
U1.14-U1.17	1920	1921	1922	1923	1924	2636	2637	2638	2639	0	1919	712T

ПРИМЕЧАНИЯ

- 1 Горизонтальная ось показана не в масштабе.
- 2 Строка цифрового видеозображения простирается от первого слова EAV до последнего слова видеоданных.
- 3 Количество отсчетов видеоданных (отсчеты с номерами от «o» до «p») составляет 1920. То есть буквой «o» обозначается отсчет с номером 0, а буквой «p» – отсчет с номером 1919.
- 4 T – период опорного тактового сигнала

ТАБЛИЦА 1-2

Соотношение между номерами отсчетов/строк первого и второго кадров исходного изображения и номерами отсчетов/строк преобразованного субизображения при делении с перемежением двух отсчетов из двух кадров

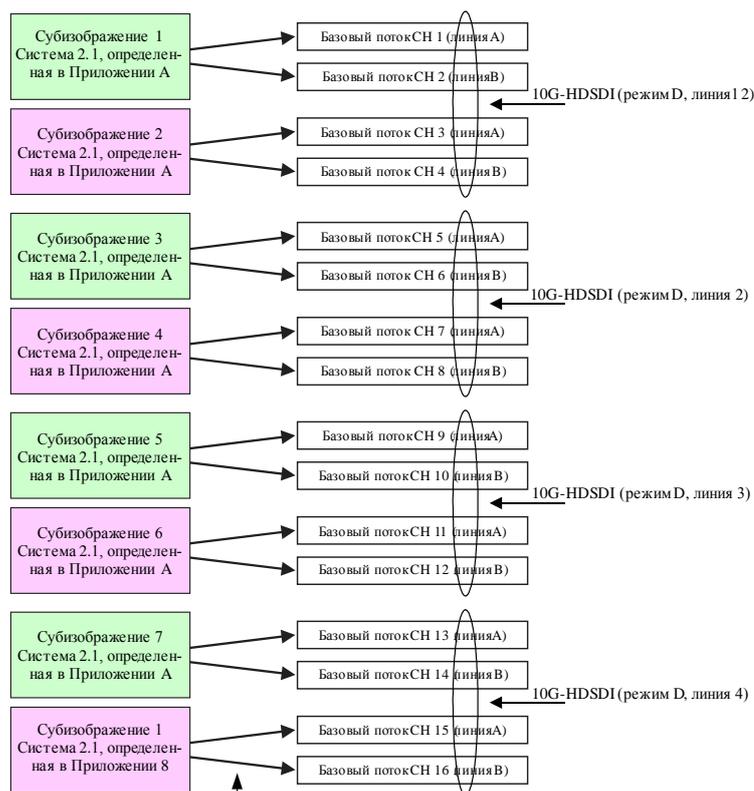
Субизображение	Номер отсчета исходного изображения $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$ Номер строки исходного изображения $3840 \times 2160/100/P$ или $120/P$	Номер отсчета преобразованного изображения $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$ Номер строки преобразованного изображения $1920 \times 1080/50/P$ или $60/P$
1	Отсчеты $4M, 4M + 1$, строка $4N$	Отсчеты $2M, 2M + 1$, строка $22 + N$ (из первого кадра) Отсчеты $2M, 2M + 1$, строка $584 + N$ (из второго кадра)
2	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$, строка $4N$	
3	Отсчеты $4M, 4M + 1$, строка $4N + 1$	
4	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$, строка $4N + 1$	
5	Отсчеты $4M, 4M + 1$, строка $4N + 2$	
6	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$, строка $4N + 2$	
7	Отсчеты $4M, 4M + 1$, строка $4N + 3$	
8	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$, строка $4N + 3$	

ПРИМЕЧАНИЕ. – $M = 0, 1, 2, 3, \dots, 959$, $N = 0, 1, 2, 3, \dots, 539$.

Субизображения 1–8, полученные из изображений систем U1.10 и U1.14, эквивалентны системе 2.1, как указано в Приложении А к части 1, и разделяются на 16 базовых потоков, как показано на рисунке 1-6.

РИСУНОК 1-6

Деление системы U1.6 на 16 потоков



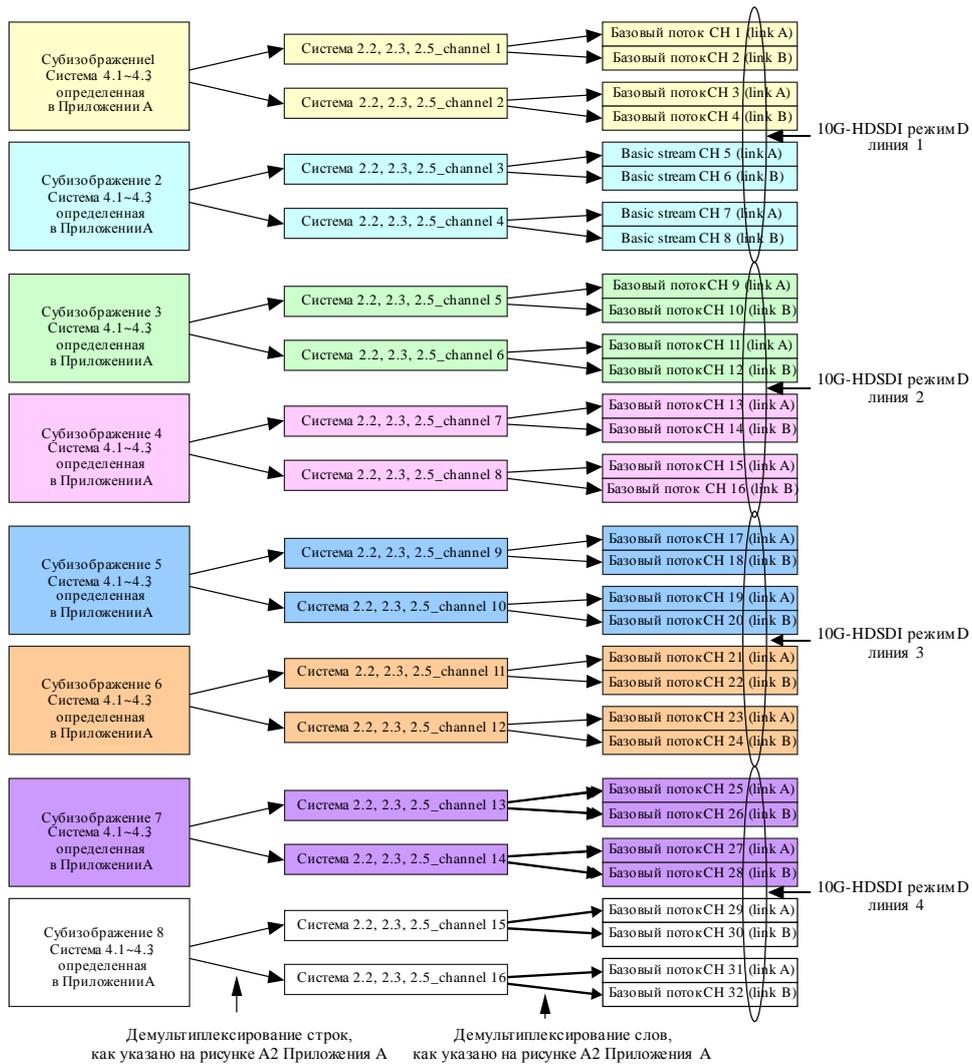
Демultipлексирование строк,
как указано в разделе 4 Рек МСЭ-R ВТ.1120

16 базовых потоков виртуального интерфейса для систем U1.10 и U1.14 преобразуются в четырехканальный интерфейс 10G-HDSДИ следующим образом:

- базовые потоки CH1, CH2, CH3 и CH4 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSДИ (линия 1);
- базовые потоки CH5, CH6, CH7 и CH8 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSДИ (линия 2);
- базовые потоки CH9, CH10, CH11 и CH12 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSДИ (линия 3);
- базовые потоки CH13, CH14, CH15 и CH16 преобразуются в CH1, CH3, CH5 и CH7 (линии А) интерфейса 10G-HDSДИ (линия 4).

В случае изображений систем U1.11, U1.12, U1.13, U1.15, U1.16 и U1.17 субизображения 1–8 делятся на 32 базовых потока, как показано на рисунке 1-7.

РИСУНОК 1-7
Разделение систем U1.11, U1.12 и U1.13 на 32 потока



Интерфейс 10G-HSDSI (режим D), определенный в Приложении В к части 1, может передавать до четырех пар каналов двухканальной системы 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 с пропускной способностью 1,5 Гбит/с или до двух пар каналов четырехканальной системы 4.1, 4.2 или 4.3 с пропускной способностью 1,5 Гбит/с, как указано в Приложении В к части 1. Таким образом изображения TCBЧ1 систем U1.10–U1.17 передаются с использованием четырехканального интерфейса 10G-HSDSI (режим D), определенного в Приложении В к части 1.

32 базовых потока виртуального интерфейса для систем U1.11, U1.12, U1.13, U1.15, U1.16 и U1.17 преобразуются в четырехканальный интерфейс 10G-HSDSI. Группы базовых потоков CH ($8k - 7$), CH ($8k - 6$), CH ($8k - 5$), CH ($8k - 4$), CH ($8k - 3$), CH ($8k - 2$), CH ($8k - 1$) и CH ($8k$), где k – целое число от 1 до 4, преобразуются в каналы CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CH7 и CH8 интерфейса 10G-HSDSI (линия k), то есть:

- базовые потоки CH1–CH8 преобразуются в каналы CH1–CH8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 1);
- базовые потоки CH9–CH16 преобразуются в каналы CH1–CH8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 2);
- базовые потоки CH17–CH24 преобразуются в каналы CH1–CH8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 3);
- базовые потоки CH25–CH32 преобразуются в каналы CH1–CH8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 4).

3.5 Характеристики оптического интерфейса

Характеристики для одноканального, двухканального и четырехканального оптических интерфейсов 10G-HSDSI должны соответствовать требованиям Приложения С к части 1.

При передаче сигнала двухканального интерфейса 10G-HSDSI по одному одномодовому волокну может использоваться технология WDM или DWDM. Для WDM-передачи линиям 1 и 2 присваиваются номинальные значения длины волны 1310 нм и 1550 нм в соответствии с Приложением С к части 1. При использовании технологии DWDM линиям 1 и 2 присваиваются приблизительные номинальные значения центральной длины волны 1557,36 нм и 1556,55 нм, как указано в таблице 1-3. Для четырехканальных интерфейсов DWDM линиям 1–4 присваиваются приблизительные номинальные значения центральной длины волны 1557,36 нм, 1556,55 нм, 1555,75 нм и 1554,94 нм.

ТАБЛИЦА 1-3

Номинальные центральные значения длины волны двух- и четырехканального интерфейсов DWDM для TCBЧ1

Номер линии	Приблизительная номинальная центральная длина волны для двухканального интерфейса DWDM	Приблизительная номинальная центральная длина волны для четырехканального интерфейса DWDM
1	1 557,36 нм	1 557,36 нм
2	1 556,55 нм	1 556,55 нм
3		1 555,75 нм
4		1 554,94 нм

3.6 Преобразование ANC/аудиоданных

3.6.1 Преобразование данных ANC

Вспомогательные данные, если они присутствуют, преобразуются в область гашения обратного луча для базового потока CH1 интерфейса 10G-HDS DI. Формат данных должен соответствовать требованиям Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

В случае двух- и четырехканальных интерфейсов 10G-HDS DI данные ANC сначала преобразуются в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1), а любые оставшиеся данные преобразуются в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2 – линия 4) по порядку: линия 1, линия 2, линия 3 и линия 4.

3.6.2 Преобразование аудиоданных

Аудиоданные, если они присутствуют, преобразуются в поток данных C'_B/C'_R пространства данных ANC строчной развертки базового потока CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия) в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365 и передаются в группах по 4–16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или по 4–8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц.

В случае двух- и четырехканальных интерфейсов 10G-HDS DI для передачи аудиоданных в группах по 4–16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или по 4–8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365 сначала используется базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1). Если требуется более 16 аудиоканалов (8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц), используется базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2 – линия 4) по порядку: линия 1, линия 2, линия 3 и линия 4 в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365.

Максимальное количество каналов, переносимых двух- и четырехканальным интерфейсом 10G-HDS DI (режим D), составляет 32 канала и 64 канала при частоте дискретизации 48 кГц и 16 каналов и 32 канала при частоте дискретизации 96 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Через интерфейс в режиме D, как указано в Приложении В к части 1, могут передаваться данные HANC в составе базовых потоков CH1, 3, 5, 7 при частоте кадров от 23,98 до 25 Гц. В части 1 настоящей Рекомендации аудиоданные преобразуются только в пространство данных HANC базового потока CH1 независимо от частоты кадров.

Управляющие аудиопакеты преобразуются в поток данных Y пространства данных ANC строчной развертки базового потока CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1 и линия 2 – линия 4) (по мере необходимости) и должны соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

3.6.3 Преобразование идентификатора полезной нагрузки

Идентификатор полезной нагрузки преобразуется в область гашения обратного луча для каждого базового потока интерфейсов 10G-HDS DI. В таблице 1-4 указан идентификатор полезной нагрузки для видеосигнала TCBЧ1.

Этот идентификатор должен соответствовать формату идентификатора полезной нагрузки, определенному в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1614. Байт 1 обязательно имеет значение $A1_h$ и указывает формат полезной нагрузки видеосигнала как TCBЧ1. Значения остальных трех байтов определяются другими параметрами полезной нагрузки видеосигнала TCBЧ1, как указано в части 1 настоящей Рекомендации.

Расположение этого идентификатора полезной нагрузки должно соответствовать требованиям Приложения В к части 1.

ТАБЛИЦА 1-4

Определения идентификатора полезной видеонагрузки сигналов ТСВЧ1, передаваемых по одно-, двух- или четырехканальному последовательному цифровому интерфейсу с (номинальной) пропускной способностью 10 Гбит/с

Биты	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
Бит 7	1	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной разверткой (1)	Зарезервировано (0)	Назначение каналов для восьмиканального интерфейса СН1 (0 _h), СН2 (1 _h), СН3 (2 _h), СН4 (3 _h), СН5 (4 _h), СН6 (5 _h), СН7 (6 _h) или СН8 (7 _h)
Бит 6	0	Изображение с прогрессивной разверткой (1)	Зарезервировано (0)	
Бит 5	1	Характеристики передачи SDR-TV (0 _h), HLG(1 _h), PQ (2 _h), не определена (3 _h)	Назначение линии 10G для одно-/двух-/четырёх-/восьмиканального интерфейса СН1 (0 _h), СН2 (1 _h), СН3 (2 _h) или СН4 (3 _h)	Кодирование цвета Рек. МСЭ-R ВТ.709 ¹ – (0) или Рек. МСЭ-R ВТ.2020 – (1)
Бит 4	0			
Бит 3	0	Частота кадров изображения 0 _h – не определена, 1 _h – зарезервирована, 2 _h = 24/1,001, 3 _h = 24, 5 _h = 25, 6 _h = 30/1,001, 7 _h = 30, 9 _h = 50, A _h = 60/1,001, B _h = 60, D _h = 100, E _h = 120/1,001, F _h = 120, другие значения зарезервированы	Структура дискретизации 4 : 2 : 2 (Y'C'ВC'R или IC _{TCp}) = (0 _h), 4 : 4 : 4 (Y'C'ВC'R или IC _{TCp}) = (1 _h), 4 : 4 : 4 (G'В'R') = (2 _h), 4 : 2 : 0 (Y'C'ВC'R или IC _{TCp}) = (3 _h), Другие значения зарезервированы	Зарезервировано (0)
Бит 2	0			
Бит 1	0			
Бит 0	1			Яркостный и цветоразностный сигнал NCL Y'C'ВC'R (0), CL SDR Y'C'ВC'R или IC _{TCp} (1) Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h), 10 бит, узкий диапазон (1 _h), 12 бит, узкий диапазон (2 _h), 12 бит, полный диапазон (3 _h)

При определении полезных видеонагрузок ТСВЧ1, преобразованных для передачи по одно-, двух- или четырехканальному последовательному цифровому интерфейсу 10 Гбит/с, применяются следующие значения идентификатора полезной нагрузки:

- для бита флага чересстрочного/прогрессивного транспортирования устанавливается значение (0) или (1) в соответствии со способом транспортирования сигналов через цифровой интерфейс;
- для бита флага чересстрочной/прогрессивной развертки изображения устанавливается значение (1);
- характеристики передачи определяются битами b5 и b4 2-го байта со следующими значениями:
 - (0_h) указывает на SDR-TV;
 - (1_h) указывает на HLG;
 - (2_h) указывает на PQ;
 - (3_h) указывает на неопределенное значение;
- для флага цветового кодирования в бите 4 байта 4 устанавливается значение 1 для указания на колориметрию в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.2020;
- для флага яркостного и цветоразностного сигнала устанавливается значение (0) для непостоянной яркости Y'C'ВC'R и (1) для постоянной яркости SDR Y'C'ВC'R или HDR IC_{TCp};
- для частоты кадров устанавливается значение, соответствующее полезной нагрузке ТСВЧ1;

¹ В настоящей Рекомендации не допускается колориметрия, соответствующая Рекомендации МСЭ-R ВТ.709.

- для структуры дискретизации устанавливается значение, соответствующее переносимой полезной нагрузке;
- порядок назначения каналов базовых потоков и линий 10G для идентификаторов полезной нагрузки должен соответствовать порядку номеров входных каналов и номеров линий интерфейса HDSDI 10 Гбит/с, как указано в пунктах 3.2 и 3.3.

Значение номера канала 10G в битах b_4 и b_5 байта 3 устанавливается равным (0_h) для одноканальной передачи или первой линии, (1_h) для второй линии в случае двухканальной передачи и (0_h) для первой линии, (1_h) для второй линии, (2_h) для третьей линии и (3_h) для четвертой линии в случае четырехканальной передачи.

Номерам каналов базового потока в битах b_5 , b_6 и b_7 байта 4 присваиваются следующие значения:

- (0_h) означает первую линию;
- (1_h) означает вторую линию;
- (2_h) означает третью линию;
- (3_h) означает четвертую линию;
- (4_h) означает пятую линию;
- (5_h) означает шестую линию;
- (6_h) означает седьмую линию;
- (7_h) означает восьмую линию.

Глубина цвета при квантовании отсчетов определяется битами b_0 и b_1 байта 4, которым присваиваются следующие значения:

- (0_h) означает квантование с использованием 10 битов на отсчет с полнодиапазонным кодированием;
- (1_h) означает квантование с использованием 10 битов на отсчет с узкодиапазонным кодированием;
- (2_h) означает квантование с использованием 12 битов на отсчет с узкодиапазонным кодированием;
- (3_h) означает квантование с использованием 12 битов на отсчет с полнодиапазонным кодированием.

4 Преобразование изображений TCBЧ2 в четырех-, или восьми-, или шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HDSDI

4.1 Преобразование полезной видеонагрузки

В таблице 1-5 приведены форматы изображения TCBЧ2, которые разделяются на четыре изображения TCBЧ1, а затем на 16 или 32 субизображения, определенных в Приложении А к части 1 как системы 1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2 или 4.3, методом разделения путем перемежения двух отсчетов или разделения путем перемежения двух отсчетов из двух кадров. Таким образом при этом разделении изображения TCBЧ2 создаются 16 или 32 субизображения формата 1920×1080 , которые преобразуются в четырех-, восьми- или шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HDSDI (режим D), определенный в Приложении В к части 1.

На рисунке 1-8 показано разделение изображения TCBЧ2 с перемежением двух отсчетов на четыре изображения TCBЧ1 с перемежением двух отсчетов. Четные строки изображений систем U2.1–U2.9 разделяются на субизображения 1 и 2 TCBЧ1 в соответствии с двумя последовательными отсчетами строчной развертки, а нечетные разделяются на субизображения 3 и 4 TCBЧ1 в соответствии с двумя последовательными отсчетами строчной развертки.

Нулевым компонентам данных изображения системы $4 : 2 : 0$ (отсчеты с четными номерами в строках с нечетными номерами неназначенных $C'_B C'_R$) в случае 10-битовой системы присваиваются номера 200_h ($512_{(10)}$), а в случае 12-битовой системы – 800_h ($2048_{(10)}$).

ТАБЛИЦА 1-5

**Форматы исходных изображений ТСВЧ2, поддерживаемые частью 1
настоящей Рекомендации**

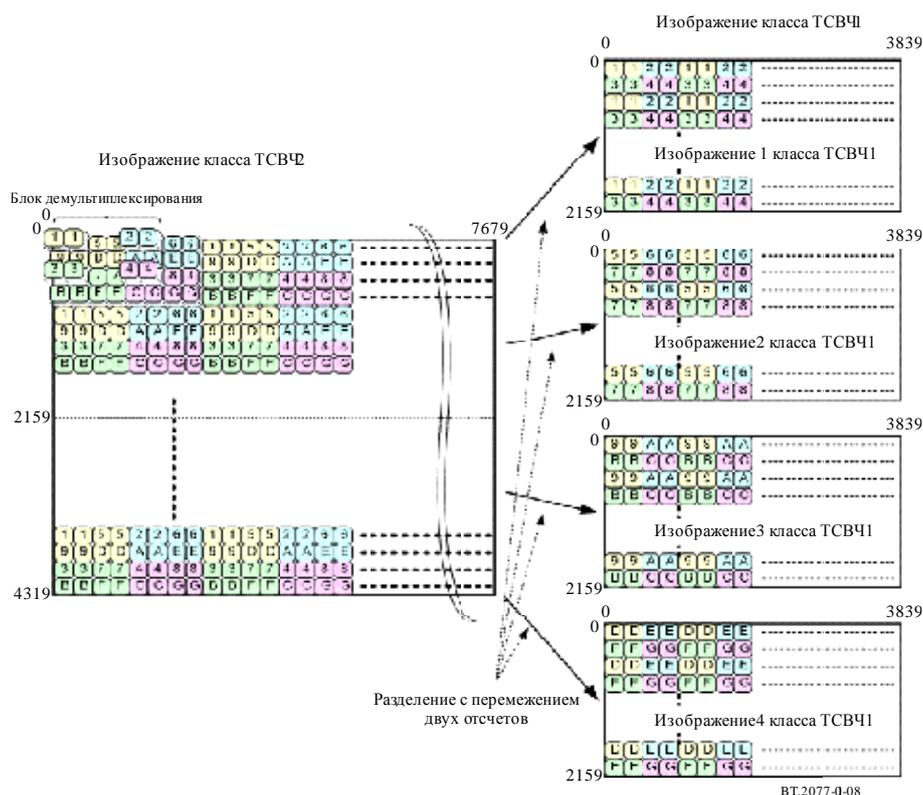
Номер системы	Номенклатура системы	Структура отсчетов/ глубина цвета	Частота кадров, Гц	Формат субизображения, определенный в Приложении А к части 1
U2.1	7 680 × 4 320/24/P 7 680 × 4 320/25/P 7 680 × 4 320/30/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _v C _R)/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 1.1
	7 680 × 4 320/23,98/P 7 680 × 4 320/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U2.2	7 680 × 4 320/24/P 7 680 × 4 320/25/P 7 680 × 4 320/30/P	4 : 4 : 4 (R'G'B')/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.2
	7 680 × 4 320/23,98/P 7 680 × 4 320/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U2.3	7 680 × 4 320/24/P 7 680 × 4 320/25/P 7 680 × 4 320/30/P	4 : 4 : 4 (R'G'B')/12 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.3
	7 680 × 4 320/23,98/P 7 680 × 4 320/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U2.4	7 680 × 4 320/24/P 7 680 × 4 320/25/P 7 680 × 4 320/30/P	4 : 4 : 4 (Y'C _v C _R)/10 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.4
	7 680 × 4 320/23,98/P 7 680 × 4 320/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U2.5	7 680 × 4 320/24/P 7 680 × 4 320/25/P 7 680 × 4 320/30/P	4 : 2 : 0, 4 : 2 : 2 или 4 : 4 : 4 (Y'C _v C _R)/12 бит	24, 25 и 30 прогрессивная	Система 2.5
	7 680 × 4 320/23,98/P 7 680 × 4 320/29,97/P		24/1,001, 30/1,001 прогрессивная	
U2.6	7 680 × 4 320/50/P 7 680 × 4 320/60/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _v C _R)/10 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 2.1
	7 680 × 4 320/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U2.7	7 680 × 4 320/50/P 7 680 × 4 320/60/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _v C _R)/12 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.1
	7 680 × 4 320/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U2.8	7 680 × 4 320/50/P 7 680 × 4 320/60/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _v C _R)/10 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.2
	7 680 × 4 320/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	
U2.9	7 680 × 4 320/50/P 7 680 × 4 320/60/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _v C _R)/12 бит	50 и 60 прогрессивная	Система 4.3
	7 680 × 4 320/59,94/P		60/1,001 прогрессивная	

ТАБЛИЦА 1-5 (окончание)

Номер системы	Номенклатура системы	Структура отсчетов/ глубина цвета	Частота кадров, Гц	Формат субизображения, определенный в Приложении А к части 1
U2.10	7 680 × 4 320/19,88/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 2.1
U2.10	7 680 × 4 320/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	120 прогрессивная	Система 2.1
U2.11	7 680 × 4 320/19,88/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.1
U2.11	7 680 × 4 320/120/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	120 прогрессивная	Система 4.1
U2.12	7 680 × 4 320/19,88/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.2
U2.12	7 680 × 4 320/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	120 прогрессивная	Система 4.2
U2.13	7 680 × 4 320/19,88/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	120/1,001 прогрессивная	Система 4.3
U2.13	7 680 × 4 320/120/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	120 прогрессивная	Система 4.3
U2.14	7 680 × 4 320/100/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	100 прогрессивная	Система 2.1
U2.15	7 680 × 4 320/100/P	4 : 2 : 0 или 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	100 прогрессивная	Система 4.1
U2.16	7 680 × 4 320/100/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/10 бит	100 прогрессивная	Система 4.2
U2.17	7 680 × 4 320/100/P	4 : 4 : 4 (R'G'B' или Y'C _B C _R)/12 бит	100 прогрессивная	Система 4.3

РИСУНОК 1-8

Разделение изображения ТСВЧ2 с перемежением двух отсчетов на изображения ТСВЧ1



4.2 Четырехканальный интерфейс 10G-HDSOI для систем U2.1–U2.5

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из системы U2.1, преобразуются в четырехканальный интерфейс 10G-HDSOI. Субизображение ТСВЧ1 с номером k эквивалентно системе 8.2, определенной в пункте А1.4 Приложения А к части 1, и преобразуется в СН1, СН3, СН5, СН7 (линии А) интерфейса 10G-HDSOI (линия k), то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HDSOI (линия 1);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HDSOI (линия 2);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HDSOI (линия 3);
- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HDSOI (линия 4).

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из систем U2.2–U2.5, преобразуются в четырехканальный интерфейс 10G-HDSOI. Субизображение ТСВЧ1 k , где k – целое число от 1 до 4, преобразуется в интерфейс 10G-HDSOI (линия k) таким же образом, как описывается в пункте В1.4 Приложения В к части 1, то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HDSOI (линия 1);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HDSOI (линия 2);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HDSOI (линия 3);
- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HDSOI (линия 4).

4.3 Восьмиканальный интерфейс 10G-HSDSI для систем U2.6–U2.9

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из системы U2.6, преобразуются в восьмиканальный интерфейс 10G-HSDSI. Субизображение ТСВЧ1 k , где k – целое число от 1 до 4, преобразуется в базовые потоки СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия $2k - 1$ и линия $2k$), то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 1 и линия 2);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 3 и линия 4);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 5 и линия 6);
- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 7 и линия 8).

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из систем U2.7, U2.8 и U2.9, преобразуются в восьмиканальный интерфейс 10G-HSDSI. Субизображение ТСВЧ1 k , где k – целое число от 1 до 4, преобразуется в базовые потоки СН1, СН2, СН3, СН4, СН5, СН6, СН7 и СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия $2k - 1$ и линия $2k$), то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 1 и линия 2);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 3 и линия 4);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 5 и линия 6);
- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в базовые потоки СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 7 и линия 8).

4.4 Шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HSDSI для систем U2.10–U2.17

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из систем U2.10 и U2.14, преобразуются в шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HSDSI. Субизображение ТСВЧ1 k , где k – целое число от 1 до 4, преобразуется в базовые потоки СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия $4k - 3$, линия $4k - 2$, линия $4k - 1$ и линия $4k$), то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 1, линия 2, линия 3 и линия 4);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 5, линия 6, линия 7 и линия 8);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 9, линия 10, линия 11 и линия 12);
- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в СН1, СН3, СН5 и СН7 (линии А) интерфейса 10G-HSDSI (линия 13, линия 14, линия 15 и линия 16).

Четыре субизображения ТСВЧ1, полученные из систем U2.11, U2.12 и U2.13, U2.15, U2.16, U2.17, преобразуются в шестнадцатиканальный интерфейс 10G-HSDSI. Субизображение ТСВЧ1 k , где k – целое число от 1 до 4, преобразуется в базовые потоки СН1, СН2, СН3, СН4, СН5, СН6, СН7 и СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия $4k - 3$, линия $4k - 2$, линия $4k - 1$ и линия $4k$), то есть:

- изображение 1 ТСВЧ1 преобразуется в СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 1, линия 2, линия 3 и линия 4);
- изображение 2 ТСВЧ1 преобразуется в СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 5, линия 6, линия 7 и линия 8);
- изображение 3 ТСВЧ1 преобразуется в СН1–СН8 интерфейса 10G-HSDSI (линия 9, линия 10, линия 11 и линия 12);

- изображение 4 ТСВЧ1 преобразуется в СН1–СН8 интерфейса 10G-HDSDI (линия 13, линия 14, линия 15 и линия 16).

4.5 Характеристики оптического интерфейса

Характеристики оптических интерфейсов для четырех-, восьми- и шестнадцатиканальных интерфейсов 10G-HDSDI должны соответствовать требованиям Приложения С к части 1.

Для передачи сигналов четырех-, восьми- или шестнадцатиканальных интерфейсов 10G-HDSDI может использоваться технология DWDM. В таблице 1-6 приведены оптические длины волн для четырех-, восьми- и шестнадцатиканальных интерфейсов DWDM. В соответствии с Приложением С к части 1 линиям 1–4 четырехканальных DWDM-интерфейсов назначаются приблизительные номинальные центральные длины волны 1557,36 нм, 1556,55 нм, 1555,75 нм и 1554,94 нм, линиям 1–8 восьмиканальных DWDM-интерфейсов – 1557,36 нм, 1556,55 нм, 1555,75 нм, 1554,94 нм, 1554,13 нм, 1553,33 нм, 1552,52 нм и 1551,72 нм, а линиям 1–16 шестнадцатиканальных DWDM-интерфейсов – 1557,36 нм, 1556,55 нм, 1555,75 нм, 1554,94 нм, 1554,13 нм, 1553,33 нм, 1552,52 нм, 1551,72 нм, 1550,92 нм, 1550,12 нм, 1549,32 нм, 1548,51 нм, 1547,72 нм, 1546,92 нм, 1546,12 нм и 1545,32 нм.

ТАБЛИЦА 1-6

**Номинальные центральные значения длины волны
четырёх- и восьмиканального интерфейсов DWDM для ТСВЧ2**

Номер линии	Приблизительные номинальные центральные значения длины волны для четырехканального интерфейса DWDM	Приблизительные номинальные центральные значения длины волны для восьмиканального интерфейса DWDM	Приблизительные номинальные центральные значения длины волны для девяти- или шестнадцатиканального интерфейса DWDM
1	1 557,36 нм	1 557,36 нм	1 557,36 нм
2	1 556,55 нм	1 556,55 нм	1 556,55 нм
3	1 555,75 нм	1 555,75 нм	1 555,75 нм
4	1 554,94 нм	1 554,94 нм	1 554,94 нм
5		1 554,13 нм	1 554,13 нм
6		1 553,33 нм	1 553,33 нм
7		1 552,52 нм	1 552,52 нм
8		1 551,72 нм	1 551,72 нм
9			1 550,92 нм
10			1 550,12 нм
11			1 549,32 нм
12			1 548,51 нм
13			1 547,72 нм
14			1 546,92 нм
15			1 546,12 нм
16			1 545,32 нм

4.6 Преобразование ANC/аудиоданных

4.6.1 Преобразование данных ANC

Вспомогательные данные ANC, если они присутствуют, преобразуются в область гашения обратного луча для базового потока CH1 каждой из 4 (или 8, или 16) линий интерфейса 10G-HDS DI. Формат данных должен соответствовать требованиям Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

Данные ANC сначала преобразуются в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1), а затем любые оставшиеся данные преобразуются в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2 – линия 4 (или линия 8, или линия 16) в восходящем порядке.

4.6.2 Преобразование аудиоданных

Аудиоданные, если они присутствуют, преобразуются в потоки данных C'_B/C'_R пространства данных HANC в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365 следующим образом:

- (1-й) базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1) – максимум до 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимум до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц;
- (2-й) базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2) – максимум до 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимум до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц;
- (3-й) базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 3) – максимум до 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимум до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц;
- (4-й) (или 8-й в случае восьмиканального интерфейса, или 16-й в случае шестнадцатиканального интерфейса) базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 4) (или 8, или 16) – максимум до 16 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или максимум до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц.

Аудиоданные сначала преобразуются в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1) вплоть до максимальной пропускной способности его пространства данных HANC, а затем в базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 2) вплоть до максимальной пропускной способности его пространства данных HANC и т. д. Если базовый поток CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия $n - 1$, где $n = 2$ или 4 (или 8, или 16)) не заполнен до его максимальной пропускной способности, то преобразование аудиоданных в базовые потоки CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия n) не допускается.

Максимальное количество каналов, переносимых четырехканальным интерфейсом 10G-HDS DI (режим D), составляет 64 канала при частоте дискретизации 48 кГц и 32 канала при частоте дискретизации 96 кГц. Максимальное количество каналов, переносимых восьми- и шестнадцатиканальным интерфейсом 10G-HDS DI, составляет 128 каналов и 256 каналов при частоте дискретизации 48 кГц или 64 канала и 128 каналов при частоте дискретизации 96 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В режиме D, определенном в Приложении В к части 1, могут передаваться данные HANC в составе базовых потоков CH1, 3, 5, 7 при частоте кадров от 23,98 Гц до 25 Гц. В части 1 настоящей Рекомендации аудиоданные преобразуются только в пространство данных HANC базового потока CH1 независимо от частоты кадров.

Управляющие аудиопакеты преобразуются в потоки данных Y' пространства данных HANC базового потока CH1 интерфейса 10G-HDS DI (линия 1 – линия 4 (или 8, или 16)) (по мере необходимости) и должны соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365.

4.6.3 Преобразование идентификатора полезной нагрузки

Идентификатор полезной нагрузки преобразуется в область гашения обратного луча для каждого базового потока интерфейсов 10G-HDS DI. В таблице 1-7 указан идентификатор полезной нагрузки для видеосигнала TCBЧ2.

Этот идентификатор должен соответствовать формату идентификатора полезной нагрузки, определенному в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1614. Байт 1 обязательно имеет значение $A2_h$ и указывает формат полезной видеонагрузки как TCBЧ2. Значения остальных трех байтов определяются другими параметрами полезной видеонагрузки TCBЧ2, указанными в части 1 настоящей Рекомендации.

Расположение этого идентификатора полезной нагрузки должно соответствовать требованиям Приложения В к части 1.

ТАБЛИЦА 1-7

**Определения идентификатора полезной видеонагрузки сигналов ТСВЧ2,
передаваемых по четырех-, восьми- или шестнадцатиканальному
последовательному цифровому интерфейсу с
(номинальной) пропускной способностью 10 Гбит/с**

Биты	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
Бит 7	1	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной разверткой (1) Изображение с прогрессивной разверткой (1)	Назначение канала 10G для четырех-/восьми-/шестнадцатиканального интерфейса CH1 (0 _h), CH2(1 _h), CH3 (2 _h), CH4 (3 _h), CH5 (4 _h), CH6 (5 _h), CH7 (6 _h), CH8 (7 _h), ..., CH16(F _h)	Назначение канала для восьмиканального интерфейса CH1 (0 _h), CH2 (1 _h), CH3 (2 _h), CH4 (3 _h), CH5 (4 _h), CH6 (5 _h), CH7 (6 _h) или CH8 (7 _h)
Бит 6	0			
Бит 5	1	Характеристики передачи SDR-TV (0 _h), HLG(1 _h), PQ (2 _h), не определена (3 _h) Частота кадров изображения: 0 _h – не определена, 1 _h – зарезервирована, 2 _h = 24/1,001, 3 _h = 24, 5 _h = 25, 6 _h = 30/1,001, 7 _h = 30, 9 _h = 50, A _h = 60/1,001, B _h = 60, D _h = 100, E _h = 120/1,001, F _h = 120 Другие значения зарезервированы	Структура дискретизации 4 : 2 : 2 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (0 _h), 4 : 4 : 4 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (1 _h), 4 : 4 : 4 (G'B'R') = (2 _h), 4 : 2 : 0 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (3 _h), Другие значения зарезервированы	Кодирование цвета Рек. МСЭ-R ВТ.709 ² (0) или Рек. МСЭ-R ВТ.2020 (1)
Бит 4	0			Зарезервировано (0)
Бит 3	0			Яркостный и цветоразностный сигнал NCL Y'C'B'C'R (0), CL SDR Y'C'B'C'R или HDR IC _T C _P (1)
Бит 2	0			Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h), 10 бит, узкий диапазон (1 _h), 12 бит, узкий диапазон (2 _h), 12 бит, полный диапазон (3 _h)
Бит 1	1			
Бит 0	0			

При определении полезных видеонагрузок сигнала ТСВЧ2, преобразованного для передачи по четырех-, восьми- или шестнадцатиканальному последовательному цифровому интерфейсу 10 Гбит/с, применяются следующие значения идентификатора полезной нагрузки:

- для бита флага чересстрочного/прогрессивного транспортирования устанавливается значение (0) или (1) в соответствии со способом транспортирования сигналов через цифровой интерфейс;
- для бита флага чересстрочной/прогрессивной развертки изображения устанавливается значение (1);
- характеристики передачи определяются битами b5 и b4 2-го байта со следующими значениями:
 - (0_h) указывает на SDR-TV;
 - (1_h) указывает на HLG;
 - (2_h) указывает на PQ;
 - (3_h) указывает на неопределенное значение;

² В настоящей Рекомендации не допускается колориметрия, соответствующая Рекомендации МСЭ-R ВТ.709.

- для частоты кадров устанавливается значение, соответствующее полезной видеонагрузке сигнала ТСВЧ2;
- для флага цветового кодирования в бите 4 байта 4 устанавливается значение (1) для указания на колориметрию в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.2020;
- для флага яркостного и цветоразностного сигнала устанавливается значение (0) для непостоянной яркости $Y'C'_B C'_R$ и (1) для постоянной яркости SDR $Y'C'_B C'_R$ или HDR IC_{TSP} ;
- для структуры дискретизации устанавливается значение, соответствующее переносимой полезной нагрузке;
- порядок назначения каналов базовых потоков и линий 10G для идентификаторов полезной нагрузки должен соответствовать порядку номеров входных каналов и линий HDSDI 10 Гбит/с, как указано в пунктах 4.2 и 4.3.

Для четырехканального интерфейса 10G номерам каналов в битах b4, b5, b6 и b7 байта 3 присваиваются следующие значения:

- (0_h) означает первую линию;
- (1_h) означает вторую линию;
- (2_h) означает третью линию;
- (3_h) означает четвертую линию.

Для восьмиканального интерфейса 10G номерам каналов в битах b4, b5, b6 и b7 байта 3 присваиваются следующие значения:

- (0_h) означает первую линию;
- (1_h) означает вторую линию;
- (2_h) означает третью линию;
- (3_h) означает четвертую линию;
- (4_h) означает пятую линию;
- (5_h) означает шестую линию;
- (6_h) означает седьмую линию;
- (7_h) означает восьмую линию.

Для шестнадцатиканального интерфейса 10G номерам каналов в битах b4, b5, b6 и b7 байта 3 присваиваются следующие значения:

- (0_h) означает первую линию;
- (1_h) означает вторую линию;
- (2_h) означает третью линию;
- (3_h) означает четвертую линию;
- (4_h) означает пятую линию;
- (5_h) означает шестую линию;
- (6_h) означает седьмую линию;
- (7_h) означает восьмую линию;
- (8_h) означает девятую линию;
- (9_h) означает десятую линию;
- (A_h) означает одиннадцатую линию;
- (B_h) означает двенадцатую линию;
- (C_h) означает тринадцатую линию;
- (D_h) означает четырнадцатую линию;
- (E_h) означает пятнадцатую линию;
- (F_h) означает шестнадцатую линию.

Номерам каналов базового потока в битах b5, b6 и b7 байта 4 присваиваются следующие значения:

- (0_n) означает первую линию;
- (1_n) означает вторую линию;
- (2_n) означает третью линию;
- (3_n) означает четвертую линию;
- (4_n) означает пятую линию;
- (5_n) означает шестую линию;
- (6_n) означает седьмую линию;
- (7_n) означает восьмую линию.

Глубина цвета при квантовании отсчетов определяется битами b0 и b1 байта 4, которым присваиваются следующие значения:

- (0_n) означает дискретизацию с использованием 10-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием,
- (1_n) означает квантование с использованием 10-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием;
- (2_n) означает квантование с использованием 12-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием;
- (3_n) означает дискретизацию с использованием 12-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием.

Приложение А

к части 1 (нормативное)

Последовательный интерфейс сигнал/данные ТСВЧ 10 Гбит/с – создание базового потока

Обзор системы

Исходные данные потока данных 10 Гбит/с состоят из нескольких базовых потоков, каждый из которых соответствует перемежающемуся потоку данных HDSDI 1,5 Гбит/с, определенному в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120. Формат всех контейнеров, приведенных в части 1 настоящей Рекомендации, составляет 1920×1080 . Преобразование вспомогательных данных в базовый поток должно соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364. Преобразование аудиоданных в базовый поток должно соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365. Каждый 10-битовый базовый поток упаковывается в структуру 8-битовых блоков данных, которые затем кодируются по схеме 8В/10В. Несколько кодированных блоков мультиплексируются и преобразуются в один последовательный поток данных 10 Гбит/с в одном из нескольких режимов, как указано в Приложении В к части 1. Спецификация физического интерфейса определена в Приложении С к части 1.

Структура базового потока 1,5 Гбит/с показана на рисунке 1-А1.

РИСУНОК 1-А1

Структура базового потока 1,5 Гбит/с

CEAV (3FFh)	YEAV (3FFh)	CEAV (000h)	YEAV (000h)	CEAV (000h)	YEAV (000h)	CEAV (×YZ)	YEAV (×YZ)	CL NO	YL NO	CL NI	YL NI	CC RC 0	YC RC 0	CC RC 1	YC RC 1	CA NC 0	YA NC 0	HA NC dat	CA NC n	YA NC n	CSAV (3FFh)	YSAV (3FFh)	CSAV (000h)	YSAV (000h)	CSAV (000h)	YSAV (000h)	CSAV (×YZ)	YSAV (×YZ)	CY C0	YCY C1	CY C2	YCY C2
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------	----------	----------	----------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------	-----------	----------	-----------

ВТ.2077-0 1-А01

А1 Форматы исходного изображения

А1.1 Одноканальные форматы изображения 1,5 Гбит/с

В таблице 1-А1 определены форматы изображения, которые преобразуются в структуру из одного базового потока, соответствующую Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120. Перемежающийся поток, полученный из каждого формата изображения, назначается одному базовому потоку, определенному в части 1 настоящей Рекомендации.

ТАБЛИЦА 1-А1

Одноканальный формат исходного изображения 1,5 Гбит/с

Номер системы	Структура отсчетов формата сигнала/глубина цвета	Частота кадров
1.1	4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная, PsF
		23,98 и 29,97 Гц прогрессивная, PsF

A1.2 Двухканальные форматы изображения 1,5 Гбит/с

В таблице 1-A2 определены форматы изображения, которые преобразуются в два базовых потока. Исходный поток делится на два базовых потока с той же структурой, что и двухканальный поток, определенный в пункте 4.5 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120.

ТАБЛИЦА 1-A2

Двухканальные форматы исходного изображения 1,5 Гбит/с

Номер системы	Структура отсчетов формата сигнала/ глубина цвета	Частота кадров/полей
2.1	4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/10 бит	50 и 60 Гц прогрессивная
		59,94 Гц прогрессивная
2.2	4 : 4 : 4 (R'G'B'), 4 : 4 : 4 : 4 (R'G'B' + A)/10 бит	47,95 и 59,94 Гц прогрессивная
		24, 25 и 30 Гц прогрессивная, PsF 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная, PsF
2.3	4 : 4 : 4 (R'G'B')/12 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная, PsF 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная, PsF
2.4	4 : 4 : 4 (Y'C _B C _R)/10 бит, 4 : 4 : 4 : 4 (Y'C _B C _R + A)/10 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная, PsF
		23,98 и 29,97 Гц прогрессивная, PsF
2.5	4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R), 4 : 4 : 4 (Y'C _B C _R)/12 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная, PsF
		50 и 60 полей/с чересстрочная 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная, PsF

A1.3 Четырехканальные форматы изображения 1,5 Гбит/с

В таблице 1-A3 определены форматы изображения, которые преобразуются в четыре базовых потока, как указано в пункте A1.3.1.

ТАБЛИЦА 1-A3

Четырехканальные форматы исходного изображения 1,5 Гбит/с

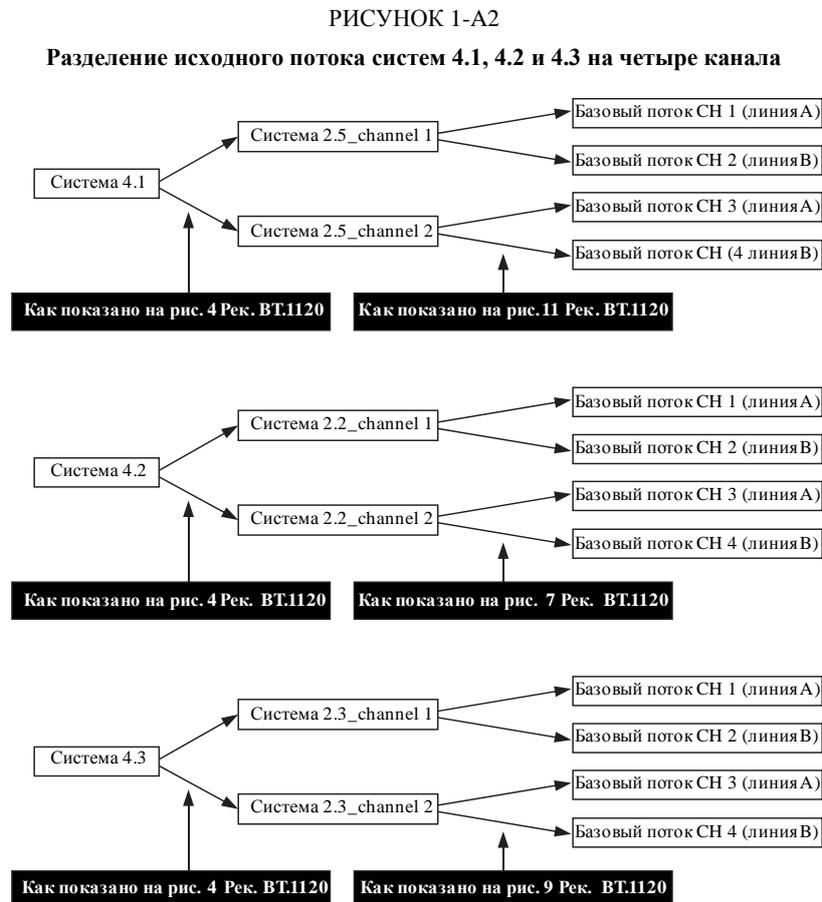
Номер системы	Структура отсчетов формата сигнала/ глубина цвета	Частота кадров/полей
4.1	4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)/12 бит	50 и 60 Гц прогрессивная
		59,94 Гц прогрессивная
4.2	4 : 4 : 4 (R'G'B'), 4 : 4 : 4 : 4 (R'G'B'+A)/10 бит	50 и 60 Гц прогрессивная
		59,94 Гц прогрессивная
4.3	4 : 4 : 4 (R'G'B')/12 бит	50 и 60 Гц прогрессивная
		59,94 Гц прогрессивная

A1.3.1 Разделение исходных данных на четыре канала

Пара кадров, указанных в таблице 1-A3, делится и преобразуется в два субизображения, эквивалентных данным изображения систем 2.2, 2.3 или 2.5, с использованием метода демультимплексирования строк, определенного в пункте 4.5 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120. Каждое из этих субизображений демультимплексируется по словам в два базовых потока. В рамках

настоящего Приложения субизображение имеет структуру активных цифровых отсчетов, определенную в Рекомендации МСЭ-R ВТ.709.

На рисунке 1-A2 показано разделение потоков систем 4.1, 4.2 и 4.3 на четыре канала.



ВТ.2077-0-A02

A1.4 Восьмиканальный формат 1,5 Гбит/с

В таблице 1-A4 определены форматы изображения, которые преобразуются в восемь базовых потоков. Каждый из форматов изображений 4К, перечисленных в таблице 1-A4, разделяется и преобразуется в активную область из четырех субизображений 2К одним из двух способов, а затем каждое субизображение преобразуется в два базовых потока. Этот процесс подробно описан в пункте A1.4.1.

ТАБЛИЦА 1-А4

Восьмиканальные форматы исходного изображения 1,5 Гбит/с

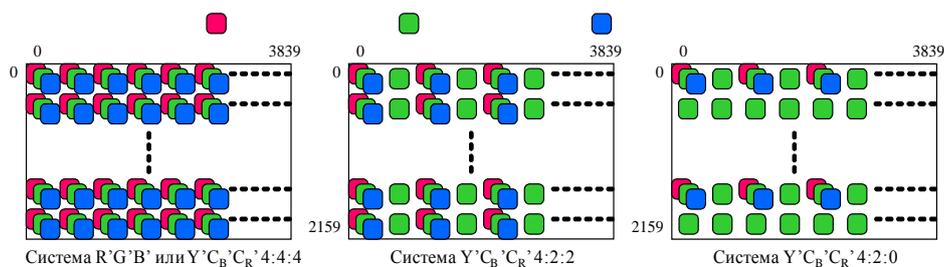
Номер системы	Формат изображения	Структура отсчетов формата сигнала/ глубина цвета	Частота кадров/полей
8.2	3 840 × 2 160	4 : 2 : 0 (Y'C _B 'C _R '), 4 : 2 : 2 (Y'C _B 'C _R ')/10 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная
			23,98 и 29,97 Гц прогрессивная
8.3	3 840 × 2 160	4 : 4 : 4 (R'G'B')/10 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная
8.4	3 840 × 2 160	4 : 4 : 4 (Y'C _B 'C _R ')/10 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная
			23,98 и 29,97 Гц прогрессивная
8.5	3 840 × 2 160	4 : 2 : 0 (Y'C _B 'C _R '), 4 : 2 : 2 (Y'C _B 'C _R ')/12 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная
8.6	3 840 × 2 160	4 : 4 : 4 (R'G'B')/12 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная
			23,98 и 29,97 Гц прогрессивная
8.7	3 840 × 2 160	4 : 4 : 4 (Y'C _B 'C _R ')/12 бит	24, 25 и 30 Гц прогрессивная 23,98 и 29,97 Гц прогрессивная

A1.4.1 Разделение исходных данных на восемь каналов

На рисунке 1-А3 показаны структуры дискретизации систем 4 : 4 : 4 (R'G'B') или (Y'C_B'C_R'), 4 : 2 : 2 (Y'C_B'C_R') и 4 : 2 : 0 (Y'C_B'C_R') для систем изображений 8.2–8.7, определенных в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020. Сигналы C_B' и C_R' подвергаются субдискретизации по горизонтали с коэффициентом 2 в случае системы 4 : 2 : 2 и по горизонтали и вертикали с коэффициентом 2 в случае системы 4 : 2 : 0.

При передаче данных изображения системы 4 : 2 : 0 по интерфейсу со структурой данных 4 : 2 : 2 нулевым компонентам данных изображения системы 4 : 2 : 0 (отсчеты с четными номерами в нечетных строках неназначенных C_B'C_R') присваивается значение 200_h (512₍₁₀₎) в случае 10-битовой системы и 800_h (2048₍₁₀₎) в случае 12-битовой системы.

РИСУНОК 1-А3

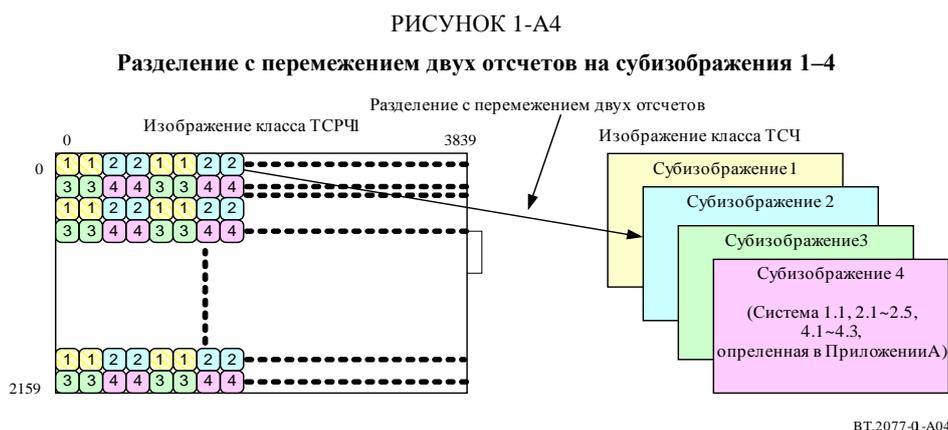
Структуры дискретизации в системах 4 : 4 : 4 (R'G'B') или (Y'C_B'C_R'),
4 : 2 : 2 (Y'C_B'C_R') и 4 : 2 : 0 (Y'C_B'C_R')

ВТ.2077-01-А03

Активная область изображения 4К-систем, перечисленных в таблице 1-А4, разделяется и преобразуется в активную область четырех субизображений 2К, эквивалентных данным изображения системы 1.1 или систем 2.2–2.5.

Форматы исходного изображения, перечисленные в таблице 1-A4, преобразуются в четыре субизображения с использованием либо разделения с перемежением двух отсчетов, как показано на рисунке 1-A4, либо разделения на прямоугольники, как показано на рисунке 1-A5. На рисунке 1-A3 показано, что каждое из четырех субизображений, созданных с помощью разделения с перемежением двух отсчетов, имеет одну и ту же структуру 4 : 4 : 4 или 4 : 2 : 2.

На рисунке 1-A4 иллюстрируется разделение с перемежением двух отсчетов при частоте кадров 30 Гц, для которого требуется меньший объем памяти, и задержка обработки сигнала намного меньше, чем при разделении на прямоугольники. Четные строки форматов изображений, перечисленных в таблице 1-A4, разделяются и преобразуются в активную область субизображений 1 и 2 согласно двум последовательным отсчетам строчной развертки, а нечетные строки – в активную область изображений 3 и 4 согласно двум последовательным отсчетам строчной развертки. Такое разделение приводит к эквивалентным субизображениям с номерами 1, 2, 3 и 4.



В таблице 1-A5 указано соотношение между номерами отсчетов/строк (пикселей строчной/кадровой развертки) исходного изображения 3840×2160 и номерами отсчетов/строк преобразованных субизображений 1, 2, 3 и 4 формата 1920×1080 при разделении с перемежением двух отсчетов. Каждое субизображение разделяется и преобразуется в активную область, как указано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120.

ТАБЛИЦА 1-A5

Соотношение между номерами отсчетов/строк (пикселей строчной/кадровой развертки) исходного изображения и номерами отсчетов/строк преобразованных субизображений, полученных в результате разделения с перемежением двух отсчетов

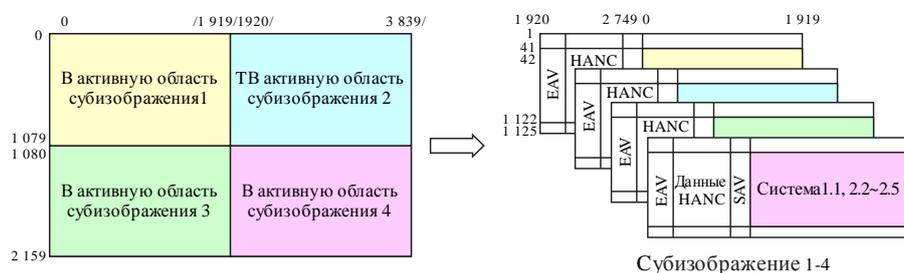
Субизображение	Исходное изображение 3840×2160 Исходное изображение 3840×2160	Номер отсчета преобразованного изображения 1920×1080 Номер строки преобразованного изображения 1920×1080
1	Отсчеты $4M, 4M + 1$ Строка $2N$	Отсчеты $2M, 2M + 1$ Строка $42 + N$
2	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$ Строка $2N$	
3	Отсчеты $4M, 4M + 1$ Строка $2N + 1$	
4	Отсчеты $4M + 2, 4M + 3$ Строка $2N + 1$	

ПРИМЕЧАНИЕ. – $M = 0, 1, 2, 3, \dots, 959$ или $1023, N = 0, 1, 2, 3, \dots, 1079$.

На рисунке 1-А5 показано четырехканальное разделение (разделение на прямоугольники) при частоте кадров 24 Гц. Форматы изображений, перечисленные в таблице 1-А4, разделяются и преобразуются в активную область четырех субизображений, эквивалентных данным изображения систем 1.1 или 2.2–2.5.

РИСУНОК 1-А5

Четырехканальное разделение (разделение на прямоугольники) на субизображения 1–4

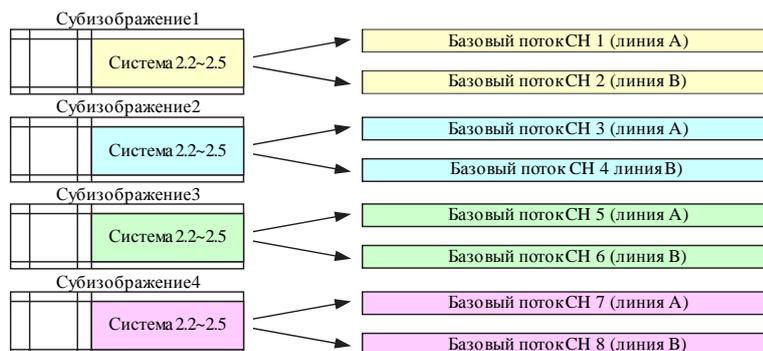


ВТ.2077-0-А05

Каждое субизображение, созданное путем разделения на прямоугольники или разделения с перемежением двух отсчетов, фактически разделяется на двухканальный поток с соответствующим номером системы субизображений, как показано в таблице 1-А2. Цифровой поток, получаемый по каждой линии, распределяется базовому потоку, как указано в части 1 настоящей Рекомендации. Такое разделение показано на рисунке 1-А6.

РИСУНОК 1-А6

Разделение на восемь каналов



ВТ.2077-0-А06

В случае изображения системы 8.2 (3840×2160 , $4:2:2$ или $4:2:0/10$ битов) субизображения 1–4 эквивалентны номеру системы 1.1, и для передачи изображения назначается линия А.

A2 Идентификатор полезной нагрузки

Идентификатор полезной нагрузки преобразуется в каждый базовый поток в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1614.

A2.1 Идентификатор полезной нагрузки для интерфейса 1,5 Гбит/с

Идентификатор полезной нагрузки для интерфейса 1,5 Гбит/с должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120.

A2.2 Идентификатор полезной нагрузки для двухканального интерфейса 1,5 Гбит/с

Идентификатор полезной нагрузки для двухканального интерфейса 1,5 Гбит/с должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120.

A2.3 Идентификатор полезной нагрузки для четырехканального интерфейса 1,5 Гбит/с

При определении полезной видеонагрузки с 1080 строками, преобразуемой в четырехканальный последовательный цифровой интерфейс 1,485 Гбит/с, применяются следующие ограничения (см. таблицу 1-А6):

- для байта 1 устанавливается значение 90_h ;
- используются только те значения частоты кадров, которые разрешены для четырехканальных интерфейсов в части 1 настоящей Рекомендации.

Для структуры дискретизации устанавливается значение, соответствующее идентификатору полезной нагрузки:

- бит 6 байта 3 используется для идентификации 1920 активных отсчетов Y'/R'G'B' (0);
- номер канала в битах b_6 и b_7 байта 4 устанавливается равным 0_h для первой линии, 1_h для второй линии, 2_h для третьей линии и 3_h для четвертой линии;
- глубина цвета определяется битами b_0 и b_1 байта 4, которым присваиваются следующие значения:
 - 0_h зарезервировано;
 - 1_h означает квантование с использованием 10 битов на отсчет;
 - 2_h означает квантование с использованием 12 битов на отсчет.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если в поле глубины цвета указаны 12 битов на отсчет, то эти биты преобразуются в 10-битовый интерфейс.

ТАБЛИЦА 1-А6

Определения идентификатора полезной нагрузки для видеосигналов с 1080 строками, передаваемых по четырехканальному последовательному цифровому интерфейсу с (номинальной) пропускной способностью 1,485 Гбит/с

Биты	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
Бит 7	1	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной (1) разверткой	Зарезервировано (0)	Назначение канала СН1 (0 _h), СН2 (1 _h), СН3 (2 _h) или СН4 (3 _h)
Бит 6	0	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной (1) разверткой	1920 отсчетов по горизонтالي (0) Зарезервировано (1)	
Бит 5	0	Характеристики передачи SDR-TV (0 _h), HLG(1 _h), PQ (2 _h), не определена (3 _h)	Соотношение сторон 16 : 9 (1) Неизвестно (0)	Зарезервировано (0)
Бит 4	1	Частота кадров 0 _h – не определено, 1 _h – зарезервировано, 2 _h = 24/1,001, 3 _h = 24,	Зарезервировано (0)	Кодирование цвета Рек. МСЭ-R ВТ.709 – (0) ³ , Рек. МСЭ-R ВТ.2020 – (1) Яркостный и цветоразностный сигнал NCL Y'C _B C _R ' (0), CL SDR Y'C _B C _R ' или HDR IC _T C _P (1) Зарезервировано (0)
Бит 3	0			
Бит 2	0	5 _h = 25, 6 _h = 30/1,001, 7 _h = 30, 9 _h = 50, A _h = 60/1,001, B _h = 60, D _h = 100, E _h = 120/1,001, F _h = 120	Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h), 10 бит, узкий диапазон (1 _h), 12 бит, узкий диапазон (2 _h), 12 бит, полный диапазон (3 _h)	
Бит 1	0			Другие значения зарезервированы
Бит 0	0			

A2.4 Идентификатор полезной нагрузки для восьмиканального интерфейса 1,5 Гбит/с

При определении полезной видеонагрузки с 1080 строками, преобразуемой в восьмиканальный последовательный цифровой интерфейс 1,485 Гбит/с, применяются следующие ограничения (см. таблицу 1-А7):

- для байта 1 устанавливается значение A0_h;
- для частоты кадров используются только те значения, которые разрешены для восьмиканальных интерфейсов в пункте A1.4.

Для структуры дискретизации устанавливается значение, соответствующее идентификатору полезной нагрузки. Это подразумевает использование альфа-канала в качестве носителя данных, а также видеосигналов:

- бит 6 байта 3 используется для идентификации 1920 активных отсчетов Y'/R'G'B' (0);

³ В настоящей Рекомендации не допускается колориметрия, соответствующая Рекомендации МСЭ-R ВТ.709.

- номерам каналов в битах b5, b6 и b7 байта 4 присваиваются следующие значения:
 - (0_h) означает первую линию;
 - (1_h) означает вторую линию;
 - (2_h) означает третью линию;
 - (3_h) означает четвертую линию;
 - (4_h) означает пятую линию;
 - (5_h) означает шестую линию;
 - (6_h) означает седьмую линию;
 - (7_h) означает восьмую линию;
- глубина цвета определяется битами b0 и b1 байта 4, которым присваиваются следующие значения:
 - (0_h) означает дискретизацию с использованием 10-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием;
 - (1_h) означает квантование с использованием 10-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием;
 - (2_h) означает квантование с использованием 12-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием;
 - (3_h) означает дискретизацию с использованием 12-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В случае когда в поле глубины цвета указано 12 битов на отсчет, эти биты преобразованы в 10-битовый интерфейс.

ТАБЛИЦА 1-A7

Определения идентификатора полезной нагрузки для видеосигналов с 1080 строками, передаваемых по восьмиканальному последовательному цифровому интерфейсу с (номинальной) пропускной способностью 1,485 Гбит/с

Биты	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
Бит 7	1	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной (1) разверткой	Зарезервировано (0)	Назначение канала CH1 (0 _h), CH2 (1 _h), CH3 (2 _h), CH4 (3 _h), CH5 (4 _h), CH6 (5 _h), CH7 (6 _h) или CH8 (7 _h)
Бит 6	0	Передача изображения с чересстрочной (0) или прогрессивной (1) разверткой	1920 отсчетов по горизонтали (0) или зарезервировано (1)	
Бит 5	1	Характеристики передачи передачи SDR-TV (0 _h), HLG(1 _h), PQ (2 _h), не определена (3 _h)	Соотношение сторон 16 : 9 (1) Неизвестно (0)	
Бит 4	0		Зарезервировано (0)	Кодирование цвета Рек. МСЭ-R ВТ.709 – (0) ⁴ , Рек. МСЭ-R ВТ.2020 – (1)

⁴ В настоящей Рекомендации не допускается колориметрия, соответствующая Рекомендации МСЭ-R ВТ.709.

ТАБЛИЦА 1-А7 (окончание)

Биты	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
Бит 3	0		Структура дискретизации 4 : 2 : 2 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (0 _h), 4 : 2 : 2 : 4 (Y'/C' _B /C' _R /A или I/C _T /C _P /A) = (4 _h), 4 : 4 : 4 : 4 (Y'/C' _B /C' _R /A или I/C _T /C _P /A) = (5 _h), 4 : 4 : 4 : 4 (G'B'R'/A) = (6 _h), 4 : 4 : 4 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (1 _h), 4 : 2 : 2 : 4 (Y'/C' _B /C' _R /D или I/C _T /C _P /D) = (8 _h), 4 : 4 : 4 : 4 (Y'/C' _B /C' _R /D или I/C _T /C _P /D) = (9 _h), 4 : 4 : 4 : 4 (G'B'R'/D) = (A _h), 4 : 4 : 4 (G'B'R') = (2 _h), 4 : 2 : 0 (Y'C'B'C'R или IC _T C _P) = (3 _h),	Яркостный и цветоразностный сигнал NCL Y'C'B'C'R (0), CL SDR Y'C'B'C'R или HDR IC _T C _P (1)
Бит 2 Бит 1	0 0	Частота кадров 0 _h – не определено, 1 _h – зарезервировано, 2 _h = 24/1,001, 3 _h = 24, 5 _h = 25, 6 _h = 30/1,001, 7 _h = 30, 9 _h = 50, A _h = 60/1,001, B _h = 60, D _h = 100, E _h = 120/1,001, F _h = 120 Другие значения зарезервированы		Зарезервировано (0)
Бит 0	0			Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h), 10 бит, узкий диапазон (1 _h), 12 бит, узкий диапазон (2 _h), 12 бит, полный диапазон (3 _h)

A2.5 Размещение идентификатора полезной нагрузки

Идентификатор полезной нагрузки для каждого базового потока интерфейса 10G-HDSI размещается сразу после SAV в строках, определенных в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1614.

Приложение В

к части 1 (нормативное)

Последовательный интерфейс сигнал/данные 10 Гбит/с – преобразование данных базового потока

Обзор системы

В настоящем Приложении рассматриваются схемы мультиплексирования для преобразования до восьми базовых потоков, определенных в Приложении А к части 1, в последовательный интерфейс 10 Гбит/с. Преобразования с частотой кадров 100 Гц и 120 Гц подробно описываются в части 1. Такие преобразования кроме того поддерживают передачу в исходном потоке встроенного аудиосигнала, идентификатора полезной нагрузки и других вспомогательных данных, определенных в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

На рисунке 1-В1 показана общая блок-схема интерфейса 10,692 Гбит/с, который может переносить изображения формата $3840 \times 2160/30P/4 : 4 : 4$.

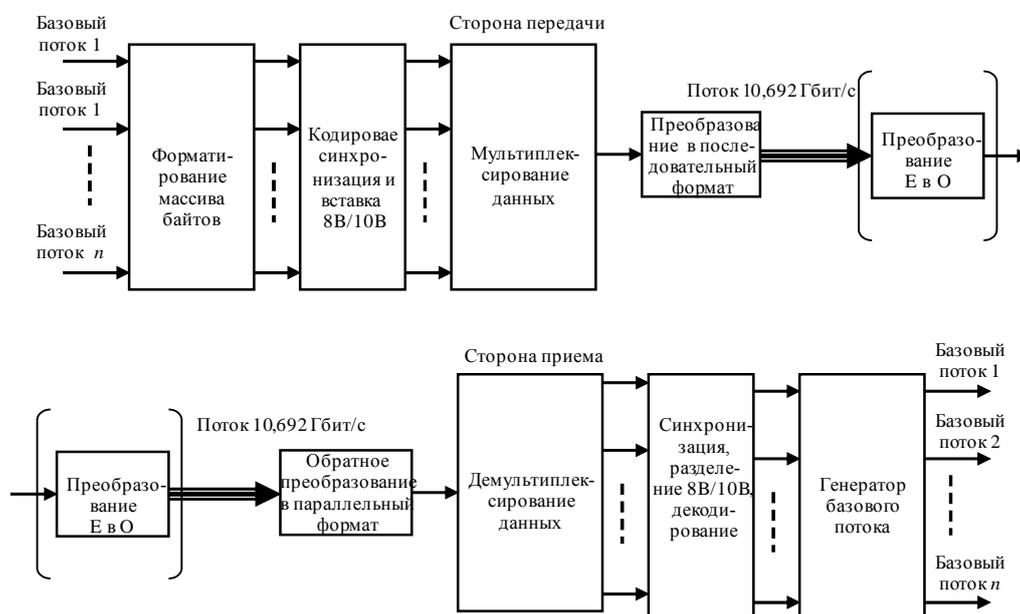
Реализуется следующая схема процесса преобразования:

- 10-битовые базовые потоки упаковываются в массивы из 8-битовых слов;
- генерируемый массив байтов кодируется в канале по схеме 8В/10В;
- блоки кодированных данных перемежаются и преобразуются в последовательный поток 10,692 Гбит/с.

В случае преобразования в режимах В, С или D данные HANC некоторых базовых потоков не перемежаются в поток 10,692 Гбит/с. Подробнее см. в пунктах В1.2, В1.3 и В1.4.

На рисунке 1-В1 показана обработка сигнала, производимая со стороны передачи и приема. В неиспользуемое пространство данных HANC базового потока, если он не преобразован в поток 10,692 Гбит/с, вставляются значения данных по умолчанию (040_h для данных Y' и 200_h для данных C'_V/C'_R).

РИСУНОК 1-В1
Общая блок-схема



В1 Преобразование данных базового потока

В этом разделе определены четыре структуры преобразования данных. Для изображений систем 1.1–4.3 используются преобразования в режиме А и в режиме В. Режим D используется для преобразования изображений систем 8.2–8.7 и до четырех пар изображений систем 2.2–2.5 или до двух пар изображений систем 4.1–4.3. Номера систем определены в Приложении А к части 1.

В режиме А возможна передача до пяти базовых потоков, как указано в Приложении А к части 1, в режиме В – до шести базовых потоков, а в режиме D – до восьми базовых потоков. Все базовые потоки, которые преобразуются вместе в поток 10,692 Гбит/с, имеют одну и ту же частоту кадров и одинаковое количество горизонтальных отсчетов в строке.

Размещение в базовых потоках данных ANC, включая идентификатор полезной нагрузки, как указано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1614, осуществляется сразу после строк(и) SAV, как указано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120.

Тактовая частота слов каждого базового потока определена в Приложении А к части 1 и составляет 148,5 МГц или 148,5/1,001 МГц. Тактовая частота слов синхронизирована с тактовой частотой последовательного интерфейса (10,692 ГГц или 10,692/1,001 ГГц).

В1.1 5-канальный режим (режим А)

Используя режим А для преобразования в поток 10,692 Гбит/с, можно встроить до пяти базовых потоков. При этом преобразовании должна сохраняться вся информация, включенная в каждый из пяти базовых потоков.

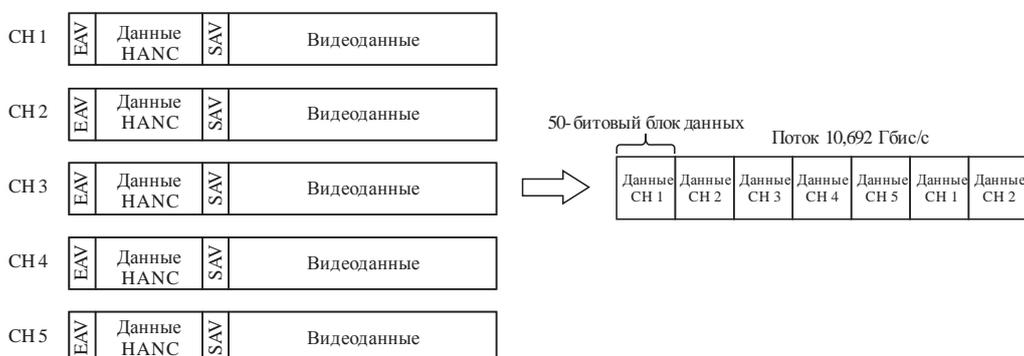
Данные 50-битового блока данных в кодировке 8В/10В каждого базового потока мультиплексируются в единый поток посредством перемежения 50-битовых блоков. Способ упаковки 50-битовых блоков описывается в пункте В1.1.1.

Данные базового потока СН1 присутствуют всегда для целей синхронизации кодера и декодера. В другие каналы, если они не используются для данных изображения, включаются заполняющие данные со значением 100_h.

Общая концепция преобразования в режиме А иллюстрируется на рисунке 1-В2.

РИСУНОК 1-В2

Перемежение базовых потоков в режиме А



ВТ.2077-0-В02

В1.1.1 Компонование 50-битовых блоков данных и их кодирование по схеме 8В/10В в режиме А

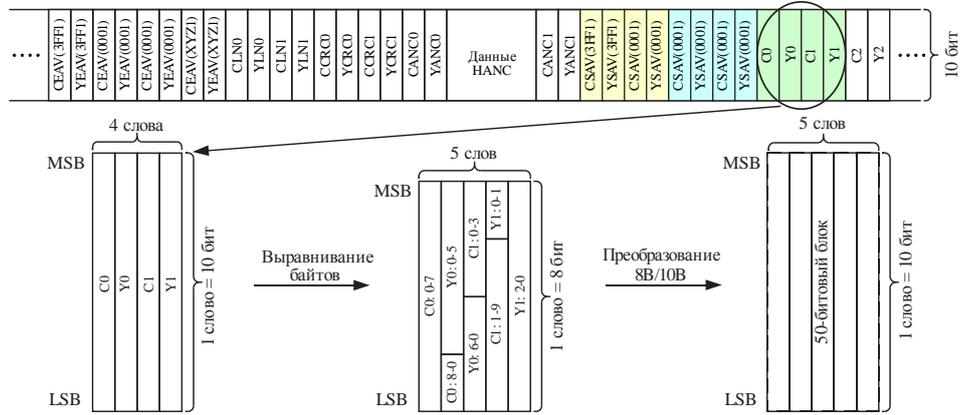
Для процесса компонования блоков данных используются (40-битовые) блоки данных исходного базового потока из четырех слов, начиная с первых данных SAV.

Каждый 40-битовый блок данных компонуется в пять 8-разрядных слов, а затем кодируется по схеме 8В/10В, как указано в пункте 11 стандарта ANSI INCITS 230. Следовательно, из 40-битового блока исходных данных будет сформирован 50-битовый блок кодированных данных. Процесс компонования блоков иллюстрируется на рисунке 1-В3.

Разбаланс кодирования изменяется в каждом 10-битовом слове потока 10,692 Гбит/с. Первому слову SAV CH1 каждой строки присваивается начальное значение отрицательного разбаланса.

РИСУНОК 1-B3

Процесс выравнивания данных и кодирования по схеме 8В/10В блока данных из четырех слов



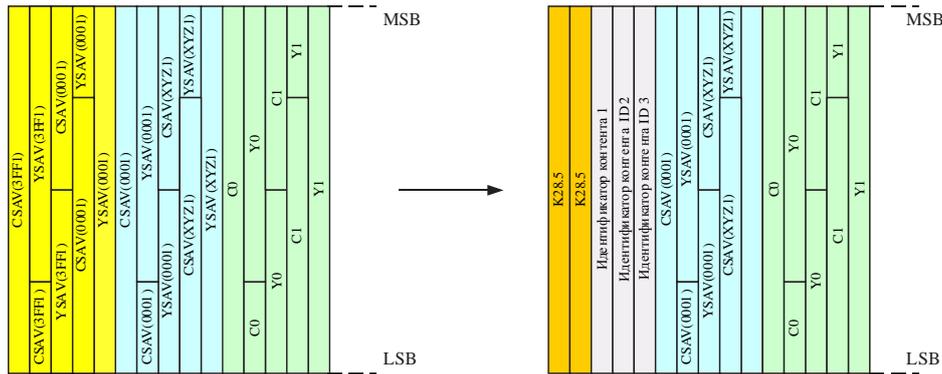
ВТ.2077-0-B03

В1.1.2 Замена данных SAV для части базового потока CH1

В базовом потоке CH1 первый выровненный по байтам 40-битовый блок в начале каждого SAV заменяется блоком синхронизации. Этот процесс, показанный на рисунке 1-B4, выполняется до кодирования 8В/10В.

РИСУНОК 1-B4

Замена данных SAV для базового потока CH1



ВТ.2077-0-B03

Первые два байта данных SAV, выровненных по байтам, заменяются двумя специальными символами K28.5, определенными при кодировании 8В/10В, а три последующих слова вышеупомянутых данных заменяются байтами идентификатора контента, как указано в таблице 1-B1.

Расположение слов идентификатора контента указано в таблице 1-B1.

В случае базового потока 1920 × 1080 бит 7 ID1 устанавливается в 0, значение 1 резервируется.

Биты 5 и 6 ID1 указывают структуру преобразования, и их значения определяются в таблице 1-B3.

Биты 0–4 ID1 указывают номер системы базового потока CH1 и устанавливаются, как указано в таблице 1-B2.

ТАБЛИЦА 1-В1

Структура данных идентификатора контента для режима А

Бит	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
ID1	Базовый поток	Структура преобразования – 00		Идентификатор системы				
ID2	Зарезервировано (00 _h)							
ID3	Зарезервировано (00 _h)							

MSB – старший бит.

LSB – младший бит.

ТАБЛИЦА 1-В2

Назначение идентификатора системы

Идентификатор системы	Номер системы
00000	1.1
00001	1.2
00010 ~ 00011	Зарезервировано
00100	2.1
00101	2.2
00110	2.3
00111	2.4
01000	2.5
01010	Зарезервировано
01011 ~ 01111	Зарезервировано
10000	4.1
10001	4.2
10010	4.3
10011 ~ 10101	Зарезервировано
10110	8.2
10111	8.3
11000	8.4
11001	8.5
11010	Зарезервировано
11011	8.7
11100 ~ 11111	Зарезервировано

ТАБЛИЦА 1-В3

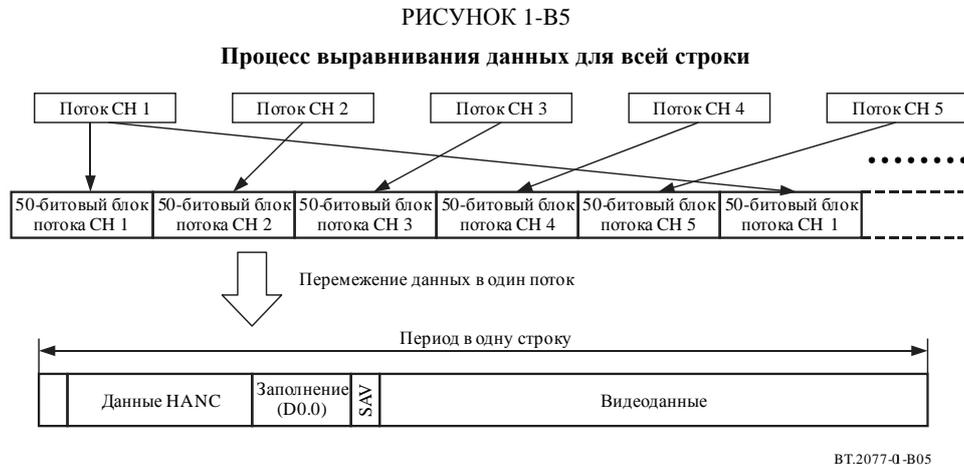
Значение структуры преобразования

00 режим А	01 режим В	10 зарезервировано	11 режим D
---------------	---------------	-----------------------	---------------

В1.1.3 Передача потока 10,692 Гбит/с в режиме А

Модули 50-битового блока кодированных данных из пяти исходных потоков перемежаются от СН1 до СН5, как показано на рисунке 1-В5. В конец блоков кода HANC добавляются заполняющие данные для корректировки периода данных строки в режиме А, чтобы он соответствовал периоду строки исходного потока. Длина данных в строке и количество байтов заполняющих данных в режиме А указаны в таблице 1-А1 Прилагаемого документа А к Приложению В части 1.

Перемежаемый поток преобразуется в последовательный поток 10,692 Гбит/с, где младший бит идет первым.



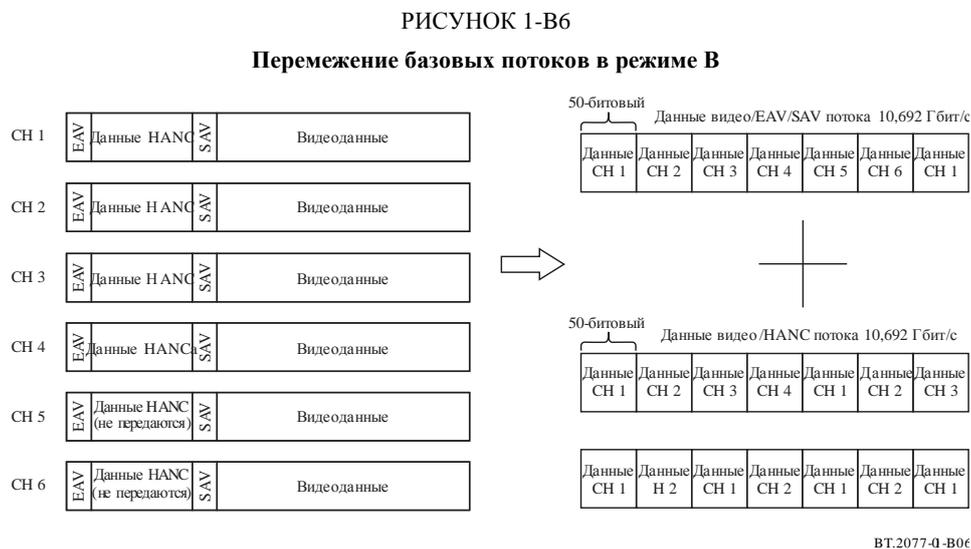
В1.2 6-канальный режим (режим В)

Используя режим преобразования В, в поток 10,692 Гбит/с можно встроить до шести базовых потоков.

При преобразовании в режиме В должна сохраняться вся информация, содержащаяся в базовых потоках СН1–СН6, за исключением данных HANC базовых потоков, назначенных каналам 5 и 6.

Базовый поток СН1 присутствует всегда для синхронизации кодера и декодера. В другие каналы, если они не используются для данных изображения, включаются заполняющие данные.

Общая концепция преобразования в режиме В иллюстрируется на рисунке 1-В6.



В1.2.1 Компонование 50-битовых блоков данных и их кодирование по схеме 8В/10В в режиме В

Для процесса компонования блоков данных используются блоки данных исходного потока из четырех слов (40 битов), начиная с первых данных SAV.

Каждый блок из четырех слов компонуется в пять 8-битовых слов, а затем кодируется по схеме 8В/10В, как указано в пункте В1.1.1.

В1.2.2 Замена данных SAV-части СН1

Замена данных каждого SAV базового потока СН1 осуществляется, как указано в пункте В1.1.2.

Расположение слов идентификатора контента в режиме В указано в таблице 1-В4.

ТАБЛИЦА 1-В4

Структура данных идентификатора контента для режима В

Бит	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
ID1	Базовый поток	Структура преобразования – 01		Идентификатор системы				
ID2	Разделение	Зарезервировано (0)						
ID3		Зарезервировано (00 _h)						

Бит 7 идентификатора ID1 установлен с использованием тех же определений, что и в пункте В1.1.2, а идентификаторы ID2 и ID3 устанавливаются конкретно для режима В.

В случае разделения на прямоугольники бит 7 ID2 устанавливается в 0, а в случае разделения с перемежением двух отсчетов – в 1.

Биты 0–6 идентификатора ID2 зарезервированы и устанавливаются в 0.

Идентификатор ID3 зарезервирован и устанавливается в 00_h.

В1.2.3 Передача потока 10,692 Гбит/с в режиме В

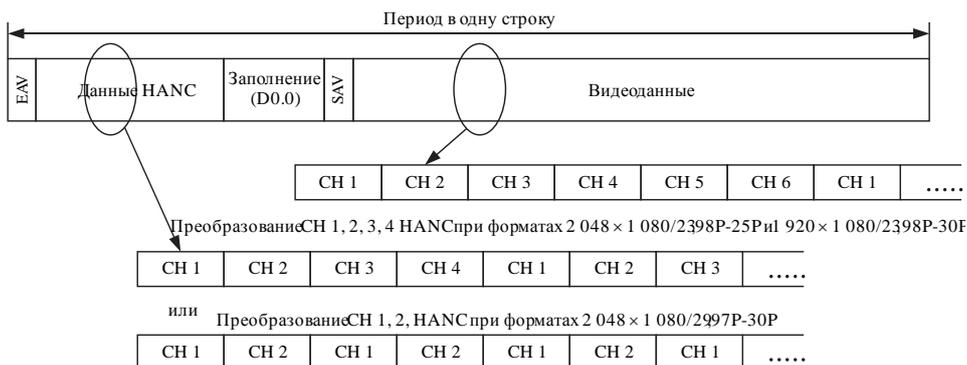
На рисунке 1-В7 показана структура потока передачи в режиме В. Преобразование в этом режиме охватывает все видеоданные, включенные в базовый поток СН1–СН6.

Для базового потока 1920 × 1080 данные HANC, включенные в СН1–СН4 при частотах кадров от 23,98 Гц до 30 Гц, кодируются по схеме 8В/10В и внедряются в поток 10,692 Гбит/с 50-битовыми блоками. Каждый блок данных HANC из четырех слов компонуется в пять 8-битовых слов, а затем кодируется по схеме 8В/10В, как указано в пункте В1.1.1. Данные HANC, включенные в другие каналы, отбрасываются. Все другие данные, включенные в каналы СН1–СН6, встраиваются так же, как при передаче в режиме А.

В конец кодовых блоков HANC добавляются заполняющие данные для корректировки периода данных строки в режиме В, чтобы он соответствовал периоду строки исходного потока. Длина данных в строке и количество байтов заполняющих данных в режиме В указаны в таблице 1-А2 Прилагаемого документа А к Приложению В части 1.

Перемежаемый поток преобразуется в последовательный поток 10,692 Гбит/с, где младший бит идет первым.

РИСУНОК 1-В7
Структура выравнивания данных потока в режиме В



ВТ.2077-0-В07

В1.3 8-канальный режим (режим С)

Режим С зарезервирован и не используется в настоящей Рекомендации.

В1.4 8-канальный режим (режим D)

Используя режим преобразования D, в поток 10,692 Гбит/с можно встроить до восьми базовых потоков. Режим D используется для передачи изображений систем 8.2–8.7 до четырех пар изображений систем 2.2–2.6 или до двух пар изображений систем 4.1–4.3. Преобразование в этом режиме охватывает все видеоданные, включенные в базовый поток CH1–CH8. Режим D также переносит данные HANC, включенные в базовые потоки CH1, CH3, CH5, CH7 формата 1920 × 1080 с частотой кадров 23,98 Гц, 24 Гц и 25 Гц и в базовый поток CH1 1920 × 1080 с частотой кадров 29,97 Гц и 30 Гц.

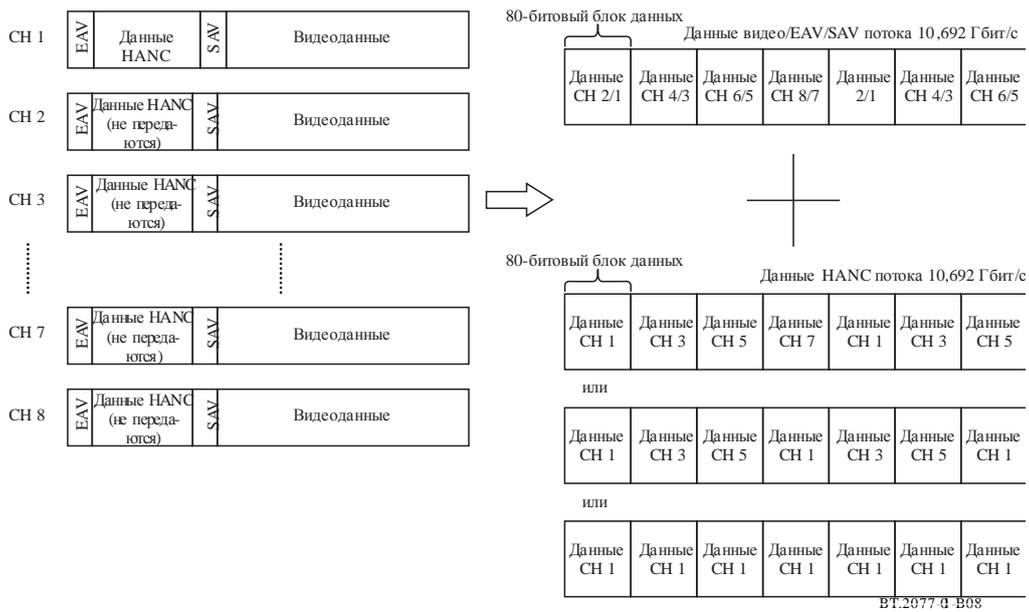
Пара из четырех блоков слов каждого нечетного и четного базового потока, полученного из каждого субизображения, объединяется в 80-битовый блок. Описание 80-битового блока дано в пункте В1.4.1. Состав блоков для пространства данных HANC потоков CH1 или CH1, CH3, CH5, CH7 (линии А) определен в пункте В1.1.1.

Данные базового потока CH1 присутствуют всегда для синхронизации кодера и декодера. В другие каналы, если они не используются для видеоданных и данных HANC, вносятся заполняющие данные.

Общая концепция преобразования в режиме D иллюстрируется на рисунке 1-В8.

РИСУНОК 1-В8

Пережевание базовых потоков в режиме D

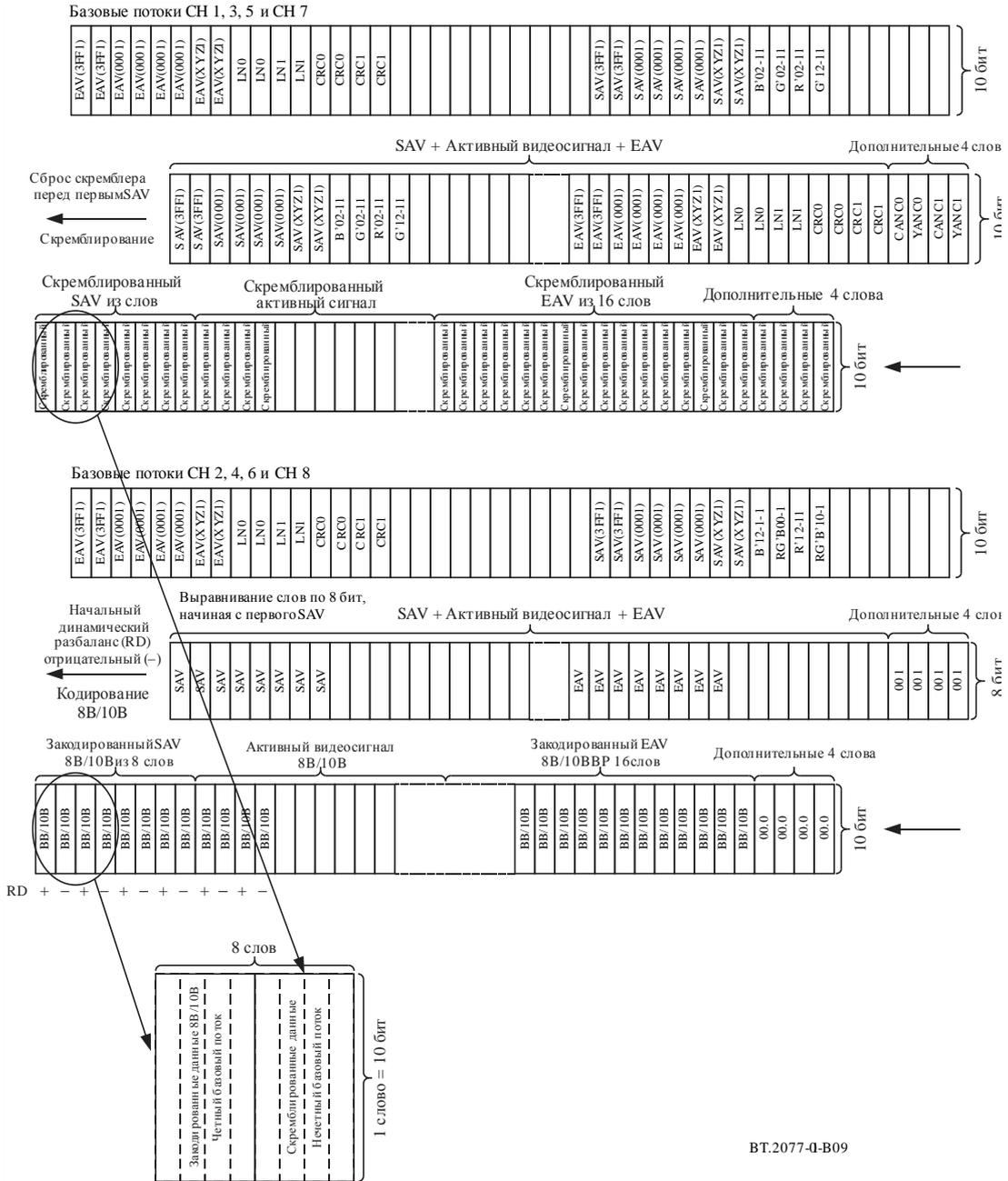


В1.4.1 Компонование, скремблирование и кодирование по схеме 8В/10В блоков видеоданных в режиме D

Для операции преобразования используются блоки данных исходного потока из четырех слов (40 битов), начиная с первых данных SAV. Процесс компонования блоков подробно иллюстрируется на рисунке 1-В9.

РИСУНОК 1-В9

Состав 80-битовых блоков в режиме D



Каждый блок из четырех слов каждого нечетного базового потока скремблируется с использованием скремблирующего полинома, определенного в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120, причем перед первым SAV каждой строки начальное значение скремблера устанавливается в 0. Биты b0 и b1 кода XYZ_h(C) в SAV потоков CH1, CH3, CH5 и CH7 устанавливаются соответственно в (0,0), (0,1), (1,0) и (1,1) для рандомизации скремблированных данных каждого из них. Скремблированные данные начинаются с кода 1F5_h, который представляет собой скремблированное значение кода 3FF_h(C) и не включает начальное значение 0 регистра.

На стороне приемника выполняется дескремблирование с начальным значением дескремблера, устанавливаемым в 0 перед первым SAV каждой строки. После дескремблирования биты b0 и b1 кода XYZ_h(C) SAV устанавливаются в (0,0).

В четных базовых потоках биты b8 и b9 из числа битов четности и биты b0 и b1 из числа зарезервированных битов, включенных в блок данных альфа-канала, перед компонованием блоков

отбрасываются. Оставшиеся 32-битовые данные блока из четырех слов выравниваются по длине до четырех байтов. Исключение составляют значения LN и CRC в альфа-канале, где используется процесс компоновки блоков данных, определенный в пункте В1.4.2.

Блок из четырех байтов четного базового потока имеет кодировку 8В/10В для перемежения положительного и отрицательного динамического разбаланса (RD) 40-битовых блоков данных, закодированных по схеме 8В/10В, начиная с первого SAV.

40-битовый блок данных, закодированный по схеме 8В/10В, из четного базового потока и 40-битовый скремблированный блок данных из нечетного базового потока перемежаются так, что за четным базовым потоком следует нечетный базовый поток, и компонуются в 80-битовый блок.

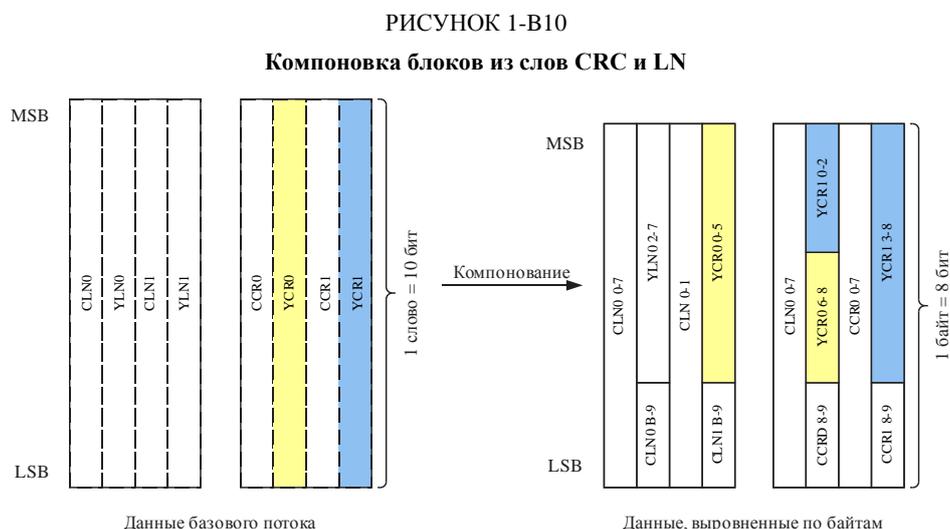
В случае изображений системы 8.2 неиспользуемый входной канал четных базовых потоков (линия В) не используется.

В1.4.2 Компонование блоков данных для области CRC и LN четного базового потока

18-битовые данные CRC в альфа-канале четного базового потока выравниваются с тремя 6-битовыми областями в двух блоках данных по четыре байта, как показано на рисунке 1-В10 и определено в пункте В1.3.2. Перед компоновкой блоков бит четности (b9) в словах CRC отбрасывается.

Младшие шесть битов слова YCR0 выравниваются так, чтобы следовать за словом CLN1. Старшие три бита слова YCR0 и младшие три бита слова YCR1 выравниваются так, чтобы следовать за словом CCR0. Старшие шесть битов слова YCR1 выравниваются так, чтобы следовать за словом CCR1.

Эти процессы используются для компоновки блоков из четырех слов, содержащих значения CRC и LN в четном базовом потоке.



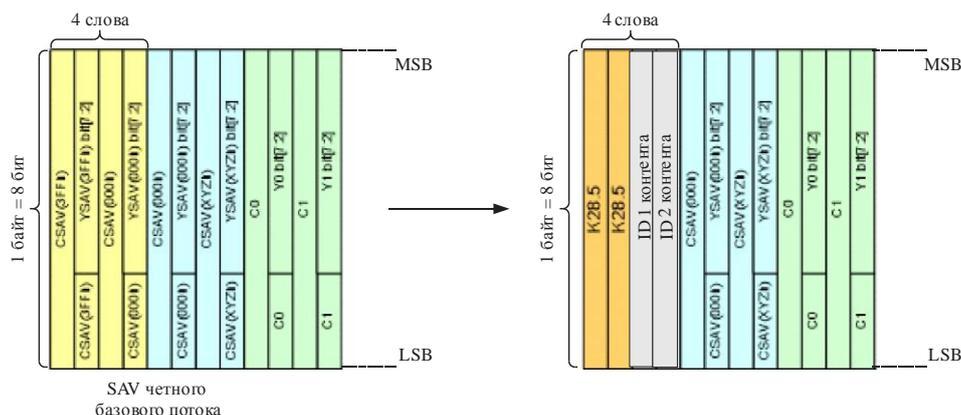
ВТ.2077-4-В10

В1.4.3 Замена данных SAV-части базового потока CH2

Замена данных слова синхронизации выполняется с выровненными по байтам данными в начале SAV базового потока CH2 в режиме D. Этот процесс осуществляется до кодирования 8В/10В.

Первые два слова SAV заменяются двумя специальными символами К28.5, определенными при кодировании 8В/10В, а два последующих слова, выровненных по байтам данных, заменяются идентификаторами контента. Эти процессы иллюстрируются на рисунке 1-В11.

РИСУНОК 1-B11
Замена данных SAV базового потока CH2



ВТ.2077-0-B11

Расположение слов идентификатора контента в режиме D указано в таблице 1-B5. ID1 устанавливается с использованием тех же определений, что и в пункте В1.1.2, а ID2 – это специальный идентификатор для режима D. Информация идентификатора системы представляет собой номер системы базового потока CH1, как указано в таблице 1-B2.

ТАБЛИЦА 1-B5
Структура данных идентификатора контента для режима D

Бит	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
ID1	Базовый поток	Структура преобразования – 11			Идентификатор системы			
ID2	Разделение	Зарезервировано (0)						

В случае базового потока 1920 × 1080 бит 7 ID1 устанавливается в 0.

В случае разделения на прямоугольники бит 7 ID2 устанавливается в 0, а в случае разделения с перемежением двух отсчетов – в 1. Разделение на прямоугольники и разделение с перемежением двух отсчетов определены в Приложении А к части 1.

Биты 0–6 ID2 зарезервированы и устанавливаются в 0.

В1.4.4 Передача потока 10,692 Гбит/с в режиме D

На рисунке 1-B12 показана структура потока видеоданных при передаче в режиме D. Данные каждого субизображения перемежаются с модулем 80-битового блока.

РИСУНОК 1-B12
Перемежение 80-битовых массивов, полученное из пары базовых потоков



ВТ.2077-0-B12

На рисунке 1-B12 показана структура потока при передаче в режиме D.

В случае базового потока 1920×1080 данные HANC, содержащиеся в базовых потоках CH1, CH3, CH5 и CH7 с частотой кадров 23,98 Гц, 24 Гц, 25 Гц, и данные HANC, содержащиеся в базовом потоке CH1 с частотой кадров 29,97 Гц, 30 Гц, кодируются по схеме 8В/10В и встраиваются в поток 10,692 Гбит/с, скомпонованный из 50-битовых блоков. Данные HANC, содержащиеся в других каналах, отбрасываются. Все прочие данные, содержащиеся в каналах CH1–CH8, составляют перемежение 80-битовых блоков.

Переключаемый поток преобразуется в последовательный поток 10,692 Гбит/с, где младший бит идет первым. Длина данных в строке для режима В указана в таблице 1-АВ.3 Прилагаемого документа А к Приложению В части 1.

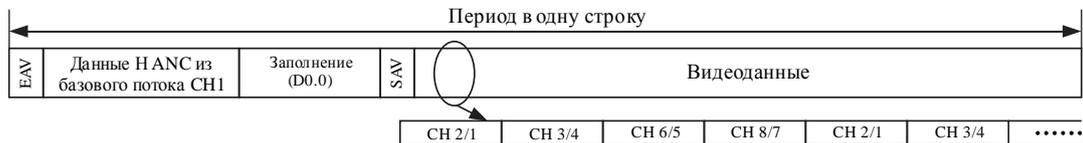
РИСУНОК 1-B13

Структура выравнивания данных потока в режиме D

Преобразование HANC-потоков CH1, 3, 5 формата $2048 \times 1080/2398P, 24P, 25P$



Преобразование HANC-потоков CH1 формата $1920 \times 1080/2997P, 30P$



Преобразование HANC-потоков CH1, 3, 5, 7 формата $1920 \times 1080/2398P, 24P, 25P$



Прилагаемый документ А

к Приложению В

части 1 (нормативное)

Длина данных в строке для режимов А, В и D

Длина данных в строке для режимов А, В и D указана соответственно в таблицах 1-АВ.1, 1-АВ.2 и 1-АВ.3.

ТАБЛИЦА 1-АВ.1

Длина данных в строке (режим А)

Базовый поток	Номер системы	Частота кадров	Общее количество слов в строке	Видео-данные	Данные HANC и EAV/SAV		Данные заполнения
					СН1, 2, 3, 4, 5		
1 920 × 1 080	1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 4.3	23,98 Гц или 24 Гц	39 600	24 000	СН1, 2, 3, 4, 5	10 375	5 225
		25 Гц или 50 Гц	38 016	24 000	СН1, 2, 3, 4, 5	9 000	5 016
		29,97 Гц, 30 Гц 59,94 Гц или 60 Гц	31 680	24 000	СН1, 2, 3, 4, 5	3 500	4 180

ТАБЛИЦА 1-АВ.2

Длина данных в строке (режим В)

Базовый поток	Номер системы	Частота кадров	Общее количество слов в строке	Видео-данные	Данные HANC и EAV/SAV		Данные заполнения
					СН1, 2, 3, 4		
1 920 × 1 080	1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 4.3	23,98 Гц или 24 Гц	39 600	28 800	СН1, 2, 3, 4	8 360	2 440
		25 Гц или 50 Гц	38 016	28 800	СН1, 2, 3, 4	7 260	1 956
		29,97 Гц, 30 Гц 59,94 Гц или 60 Гц	31 680	28 800	СН1, 2, 3, 4	2 860	20

ТАБЛИЦА 1-АВ.3

Длина данных в строке (режим D)

Базовый поток	Номер системы	Частота кадров	Общее количество слов в строке	Видео-данные	Данные HANC и EAV/SAV		Данные заполнения
					СН1, 3, 5, 7		
1 920 × 1 080	8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.7	23,98 Гц или 24 Гц	39 600	30 720	СН1, 3, 5, 7	8 372	508
		25 Гц	38 016	30 720	СН1, 3, 5, 7	7 272	24
		29,97 Гц или 30 Гц	31 680	30 720	СН1	862	98

Прилагаемый документ В

к Приложению В

части 1 (информативное)

Назначение каналов базовых потоков

В таблицах 1-BB.1, 1-BB.2, 1-BB.3 и 1-BB.4 приведены примеры распределения каналов интерфейса 10,692 Гбит/с.

Во всех схемах назначения каналов в качестве опорного канала используется СН1.

ВВ.1 Примеры назначения каналов в режиме А

Режим А используется для передачи до пяти каналов потоков данных 1,5 Гбит/с, до двух пар двухканальных потоков данных 1,5 Гбит/с, четырехканального потока данных 1,5 Гбит/с или их комбинаций, в которых общее количество входных каналов не превышает пяти. Примеры таких назначений приведены в таблице 1-BB.1.

ТАБЛИЦА 1-BB.1

Примеры назначения каналов в режиме А

Базовый поток 1 920 × 1 080				
СН1	СН2	СН3	СН4	СН5
Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P
Система 2.1 1 920/50/P, линия (базовый поток) А, В		Система 2.1 1 920/50/P, линия (базовый поток) А, В		Система 1.1 1 920/25/P
Система 2.1 1 920/50/P, линия (базовый поток) А, В		Система 1.1 1 920/50/P	Система 1.1 1 920/25/P	Система 1.1 1 920/25/P
Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 1 920/24/P, линия (базовый поток) А, В		Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 1 920/24/P, линия (базовый поток) А, В		Система 1.1 1 920/24/P или отсутствует
Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P	Система 1.1 1 920/24/P	Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 или 2.6 1 920/24/P, линия (базовый поток) А, В	
Система 4.1, 4.2 или 4.3 1 920/50/P, базовый поток А, В, D				Система 1.1 1 920/25/P

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Значения частоты кадров, указанные в этой таблице, являются наименьшими для каждой системы изображения. Могут применяться и другие значения частоты кадров, насколько позволяет формат изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Затененная область указывает на необязательное использование.

ВВ.2 Примеры назначения каналов в режиме В

Режим В используется для передачи до шести каналов потоков данных 1,5 Гбит/с, до трех пар двухканальных потоков данных 1,5 Гбит/с, четырехканального потока данных 1,5 Гбит/с или их комбинаций, в которых общее количество входных каналов не превышает шести. Примеры таких назначений приведены в таблице 1-BB.2.

ТАБЛИЦА 1-BB.2

Примеры назначения каналов в режиме В

Базовый поток 1 920 × 1 080					
СН1	СН2	СН3	СН4	СН5	СН6
Система 1.1 1 920/24/Р	Система 1.1 1 920/24/Р	Система 1.1 1 920/24/Р	Система 1.1 1 920/24/Р	Система 1.1 1 920/24/Р	Система 1.1 1 920/24/Р
Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В	
Система 4.1, 4.2 или 4.3 1 920/50/Р, базовый поток А, В, D				Система 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/25/Р, линия (базовый поток) А, В	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Данные HANC, содержащиеся в СН5 и СН6, отбрасываются.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значения частоты кадров, указанные в этой таблице, являются наименьшими для каждой системы изображения. Могут применяться и другие значения частоты кадров, насколько позволяет формат изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Затененная область указывает на необязательное использование.

ВВ.3 Примеры назначения каналов в режиме D

Режим D используется для систем 8.2–8.7 из восьмиканальных базовых потоков 1920 × 1080 с частотой кадров от 23,98 Гц до 30 Гц.

Режим D также используется для передачи четырехканальных базовых потоков 1920 × 1080 с частотой кадров от 50 Гц до 60 Гц или их комбинаций, в которых общее количество входных каналов не превышает восьми.

Примеры таких назначений приведены в таблице 1-BB.3.

ТАБЛИЦА 1-BB.3

Примеры назначения каналов в режиме D

Базовый поток 1 920 × 1 080							
СН1	СН2	СН3	СН4	СН5	СН6	СН7	СН8
Система 8.2, 8.3, 8.5, или 8.7 3 840/24/Р, базовый поток СН1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8							
Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В	Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		
Система 4.1, 4.2 или 4.3 1 920/50/Р, базовый поток А, В, С, D				Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В		Система 2.2, 2.3, 2.4 или 2.5 1 920/24/Р, линия (базовый поток) А, В	
Система 4.1, 4.2 или 4.3 1 920/50/Р, базовый поток А, В, С, D				Система 4.1, 4.2 или 4.3 1 920/50/Р, базовый поток А, В, С, D			

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Данные HANC, содержащиеся в СН2–СН8 с частотой кадров 29,97 Гц и 30 Гц, и данные HANC, содержащиеся в СН2, СН4, СН6 и СН8 с частотой кадров 23,98 Гц, 24 Гц и 25 Гц, отбрасываются.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Частота кадров, указанная в этой таблице, – самая низкая для каждой системы изображения. Могут применяться и другие значения частоты кадров, насколько позволяет формат изображения.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Затененная область указывает на необязательное использование.

Приложение С

к части 1 (нормативное)

Последовательный интерфейс сигнала/данных 10 Гбит/с – интерфейс оптоволоконных кабелей

Обзор

Спецификация интерфейса, определенного в настоящем Приложении, относится к реализациям с использованием одномодового волокна на расстояниях до 2 км.

С1 Оптические и электрические спецификации последовательного интерфейса оптоволоконных кабелей

Данный интерфейс состоит из одного передатчика и одного приемника, соединенных по схеме пункт–пункт.

С1.1 Характеристики оптического передатчика с номинальной длиной волны 1310 нм или 1550 нм должны соответствовать показателям, приведенным в таблице 1-С1

Характеристики оптического передатчика DWDM с номинальной длиной волны 1550 нм должны быть такими, как указано в таблице 1-С1. Спектральные сетки для приложений DWDM должны соответствовать спектральным сеткам 100 ГГц и выше, определенным в Рекомендации МСЭ-T G.694.1.

Глазковая диаграмма измеряется относительно глазковой маски, используя приемник с характеристикой Бесселя-Томсона четвертого порядка при ослаблении 3 дБ на частоте $0,75 \times 10,692 \text{ ГГц} = 8 \text{ ГГц}$.

ТАБЛИЦА 1-С1

Характеристики оптического передатчика

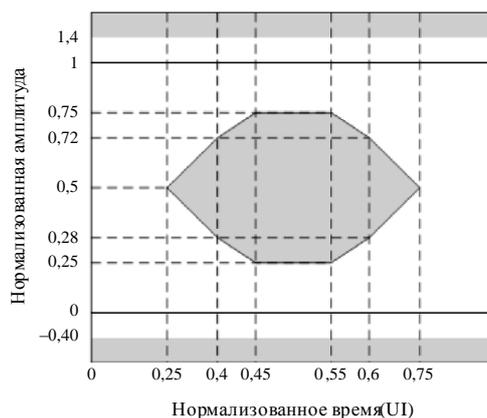
Номинальная длина волны	1 310 нм	1 550 нм	1 550 нм для применений DWDM
Оптическая длина волны	1 260–1 355 нм	1 530–1 565 нм	1 530–1 565 нм
Точность длины волны	Неприменимо	Неприменимо	От –100 пм до +100 пм
Спектральная ширина при –20 дБ (макс.)	1 нм	1 нм	1 нм
Средняя выходная мощность (макс.) (Примечание 1)	+0,5 дБм	+4 дБм	+4 дБм
Средняя выходная мощность (мин.) (Примечание 1)	–5,5 дБм	–4,7 дБм	–1 дБм
Коэффициент экстинкции (мин.)	6 дБ	6 дБ	8,2 дБ
Максимальная отражаемая мощность (Примечание 1)	–12 дБ	–21 дБ	–21 дБ
Выходная оптическая глазковая маска (Примечание 2)	См. рисунок 1-С1		
Входная электрическая глазковая маска (Примечание 2)	См. рисунок 1-С2 и таблицу 1-С2		
Дрожание	См. раздел С2		
Электрическая оптическая передаточная функция	Логическая 1 – высокая оптическая мощность/ логический 0 – низкая оптическая мощность		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Мощность – это средняя мощность, измеренная с помощью ваттметра для отсчета средних показаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для проверки на соответствие оптической выходной глазковой маски передатчика рекомендуется использовать тысячу накопленных сигналов.

РИСУНОК 1-С1

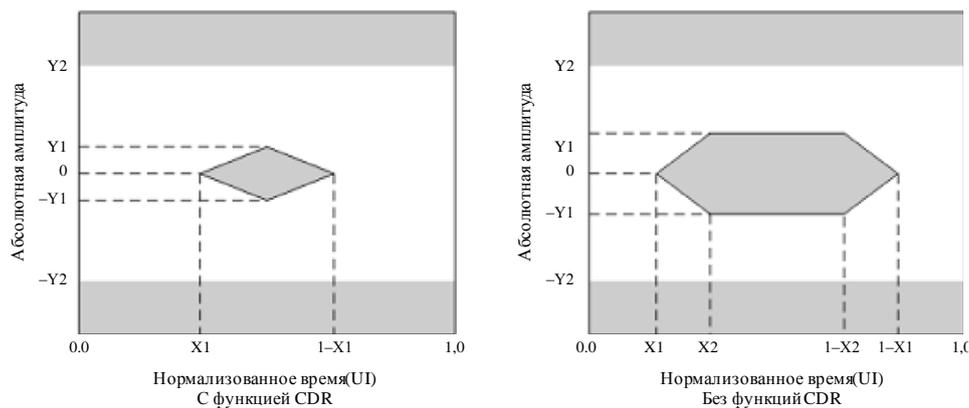
Выходная оптическая глазковая маска передатчика



ВТ.2077-4-С01

РИСУНОК 1-С2

Дифференциальная входная электрическая глазковая маска передатчика



ВТ.2077-4-С02

ТАБЛИЦА 1-С2

Спецификации дифференциальной входной электрической глазковой маски передатчика

Применение		С функцией CDR	Без функции CDR
Глазковая маска	X1	0,305 UI макс.	0,12 UI макс.
Глазковая маска	X2	Неприменимо	0,33 UI макс.
Глазковая маска	Y1	60 мВ мин.	95 мВ мин.
Глазковая маска	Y2	410 мВ макс.	350 мВ макс.

С1.2 Характеристики оптического волокна должны быть такими, как указано в таблице 1-С3

Указанные в спецификации соединители для оптического приемопередатчика должны соответствовать типу LC/PC симплекс/дуплекс, как определено в документе ИЕС 61754-20. Соединители по другую сторону адаптерных кабелей, проложенных между оптическими приемопередатчиками и коммутационными панелями, могут относиться к типам SC, ST, FC, MU и т. д.

ТАБЛИЦА 1-С3
Характеристики оптоволоконной линии

Тип волокна	Одномодовое (согласно IEC 60793-2)
Соединитель	LC/PC симплекс/дуплекс (согласно IEC 61754-20)

Характеристики приемника должны соответствовать показателям таблицы 1-С4.

Электрический выходной сигнал с функцией восстановления тактовой частоты синхронизации (CDR) и без нее на соединителе модуля приемника на основной плате должен соответствовать уровням, указанным на рисунке 1-С3 и в таблицах 1-С4, 1-С5 и 1-С6.

В пределах входного диапазона приемника должно быть достигнуто значение $BER < 10^{-12}$ при использовании тестовых сигналов, определенных в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1729, или комбинация PRBS $2^{31} - 1$ (при тестировании компонентов системы с помощью измерителей BER).

Рекомендуется значение $BER < 10^{-14}$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Генератор испытательных сигналов PRBS $2^{31} - 1$ определен в IEEE 802.3ae-2002.

ТАБЛИЦА 1-С4
Характеристики оптического приемника

Номинальная длина волны	1 310 нм	1 550 нм	1 550 нм для применений DWDM
Средняя принимаемая мощность (макс.) (Примечание 1)	0,5 дБм	-1 дБм	-1 дБм
Средняя принимаемая мощность (мин.) ($BER = 10^{-12}$) (Примечания 1, 2)	-13,5 дБм	-13,5 дБм	-15,5 дБм
Порог повреждения детектора (мин.) (Примечание 3)	+1 дБм	+4 дБм	+4 дБм
Выходная электрическая глазковая маска (Примечание 4)	См. рисунок 1-С3, таблицы 1-С5 и 1-С6		
Дрожание	См. пункт С2.1		
Оптическая/электрическая передаточная функция	Высокая оптическая мощность – логическая 1/ низкая оптическая мощность – логический 0		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Мощность – это средняя мощность, измеренная с помощью ваттметра для отсчета средних показаний.

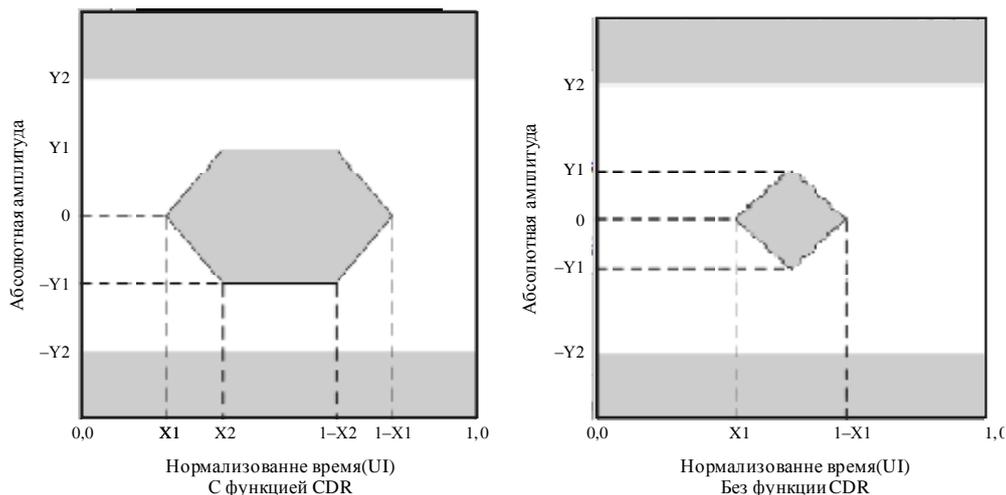
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для проверки условия $BER < 10^{-12}$ с использованием испытательного оборудования на основе BER рекомендуется измерение в течение 5 минут.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Чтобы избежать повреждения приемника при подключении к передатчику 1550 нм, рекомендуется порог повреждения детектора выше +4 дБм.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Для проверки на соответствие электрической выходной глазковой маски приемника рекомендуется использовать тысячу накопленных периодов сигнала.

РИСУНОК 1-С3

Дифференциальная электрическая выходная глазковая маска приемника



ВТ.2077-0-С03

ТАБЛИЦА 1-С5

Входные оптические и выходные электрические спецификации приемопередатчика

Применение	С функцией CDR	Без функции CDR
Импеданс дифференциального входа/выхода (тип)	100 Ом	100 Ом
Рассогласование окончания (макс.)	5%	5%
Дифференциальные потери на отражение для входа/выхода (мин.) SDD11/SDD22	20 дБ (0,05–0,1 ГГц)	Примечание 2 (0,01–4,1 ГГц)
	8 дБ (0,1–5,5 ГГц)	
	Примечание 1 (5,5–12 ГГц)	Примечание 3 (4,1–11,1 ГГц)
Синфазные потери на отражение для входа/выхода (мин.) SCC11 (Примечание 5)/SCC22	3 дБ (0,1–15 ГГц)	Примечание 4 (0,01–2,5 ГГц) 3 дБ (2,5–11,1 ГГц)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Дифференциальные потери на отражение определяются с помощью уравнений SDD11 (дБ) и SDD22 (дБ): $8 - 20,66 \times \log_{10}(f/5,5)$, где f измеряется в ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Дифференциальные потери на отражение определяются с помощью уравнений SDD11 (дБ) и SDD22 (дБ): $12 - 2 \times \text{SQRT}(f)$, где f измеряется в ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Дифференциальные потери на отражение определяются с помощью уравнений SDD11 (дБ) и SDD22 (дБ): $6,3 - 13 \times \log_{10}(f/5,5)$, где f измеряется в ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Синфазные потери на отражение определяются с помощью уравнения SCC22 (дБ): $7 - 1,6 \times f$, где f измеряется в ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Для входных характеристик применений без функции CDR синфазные потери на отражение SCC11 не указываются.

ТАБЛИЦА 1-С6

**Спецификации дифференциальной выходной электрической
глазковой маски приемника**

Применение		С функцией CDR	Без функции CDR
Глазковая маска	X1	0,17 UI макс.	0,35 UI макс.
Глазковая маска	X2	0,42 UI макс.	Неприменимо
Глазковая маска	Y1	170 мВ мин.	150 мВ мин.
Глазковая маска	Y2	425 мВ макс.	425 мВ макс.

C2 Спецификации дрожания последовательного оптоволоконного интерфейса

C2.1 Дрожание синхронизации при переходных процессах сигнала данных должно измеряться в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1363

Параметры измерений определены в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1363 и должны иметь значения, указанные в таблице 1-С7. Характеристики дрожания, указанные в этом разделе, относятся к оптическим приемникам, оснащенным функцией CDR.

ТАБЛИЦА 1-С7

Спецификации дрожания

Параметр	Значение	Описание
f_1	10 Гц	Предел низкочастотной характеристики
f_2	20 кГц	Верхняя граница диапазона для A1
f_3	4 МГц	Нижняя граница диапазона для A2
f_4	> 1/10 тактовой частоты	Предел высокочастотной характеристики
A1	10 UI	Дрожание синхронизации – амплитуда синусоидального дрожания должна быть меньше чем $2 \times 10^5/f + 0,1$ UI при $20 \text{ кГц} < f \leq 4 \text{ МГц}$
A2	0,15 UI	Дрожание выравнивания – амплитуда синусоидального дрожания должна быть меньше чем 0,15 UI при $f > 4 \text{ МГц}$
Критерий погрешности	BER = 10^{-12}	Критерий возникновения ошибок
Испытательный сигнал	PRBS $2^{31} - 1$ или испытательный сигнал МСЭ-R	Скорость передачи данных PRBS $2^{31} - 1$ должна составлять 10,692 Гбит/с, или 10,692/1,001 Гбит/с, или испытательный сигнал МСЭ-R ВТ.1729, закодированный в каждом базовом потоке согласно части 1 настоящей Рекомендации (Примечания 1, 2)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для измерения может использоваться любая применимая система изображения и любой режим преобразования.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для измерений дрожания на месте выбирается испытательный сигнал МСЭ-R согласно Рекомендации МСЭ-R ВТ.1729.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Определение условий дрожания см. в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1363.

С2.2 Оптический передатчик и приемник должны удовлетворять требованиям, указанным в таблицах 1-С8 и 1-С9

ТАБЛИЦА 1-С8

Требования к передатчику оптического модуля

Параметр	Символ	Условия	Мин.	Тип.	Макс.
Ширина полосы дрожания при переходных процессах	BW	PRBS $2^{31} - 1$			8 МГц
Пиковая амплитуда дрожания		Частота > 50 кГц			1 дБ

ТАБЛИЦА 1-С9

Требования к приемнику оптического модуля

Параметр	Символ	Условия	Мин.	Тип.	Макс.
Ширина полосы дрожания при переходных процессах	BW	PRBS $2^{31} - 1$			8 МГц
Пиковая амплитуда дрожания		Частота > 50 кГц			1 дБ

ЧАСТЬ 2

1 Определение терминов

8К-изображение	Изображение формата 7680×4320 пикселей, указываемое для системы ТСВЧ2
4К-изображение	Изображение формата 3840×2160 пикселей, указываемое для системы ТСВЧ1
4К-субизображение	Изображение формата 3840×2160 пикселей каждой цветовой компоненты, полученное путем субдискретизации 8К-изображения
Базовое изображение	Изображение формата 1920×1080 пикселей каждой цветовой компоненты, полученное путем субдискретизации 4К-изображения или 4К-субизображения
8К/ Fr	8К-изображение с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
4К/ Fr	4К-изображение с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
4Кs/ Fr	4К-субизображение с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
2К/ Fr	Базовое изображение с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
Базовый поток	Мультиплексированный поток 12-битовых слов данных, состоящий из четырех слов кода опорного синхросигнала EAV (конец активного видеосигнала), двух слов номера строки (LN), двух слов кода обнаружения ошибок CRCC (циклический код проверки избыточности), вспомогательных данных или данных гашения кадра, четырех слов кода опорного синхросигнала SAV (начало активного видеосигнала) и видеоданных
Активная строка	1920 слов данных, составляющих одну строку базового изображения
Активный кадр	1080 строк, которые включают все активные строки
Интервал гашения кадра	Строки между активным кадром и следующим активным кадром
Динамический разбаланс	Двоичный параметр, указывающий накопленный разбаланс (положительный или отрицательный) всех ранее выданных символов передачи

2 Сигналы видеоданных**2.1 Обзор преобразования 8К- или 4К-изображений в сигналы для передачи по линиям 10G****2.1.1 Преобразование 8К- или 4К-изображений с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц**

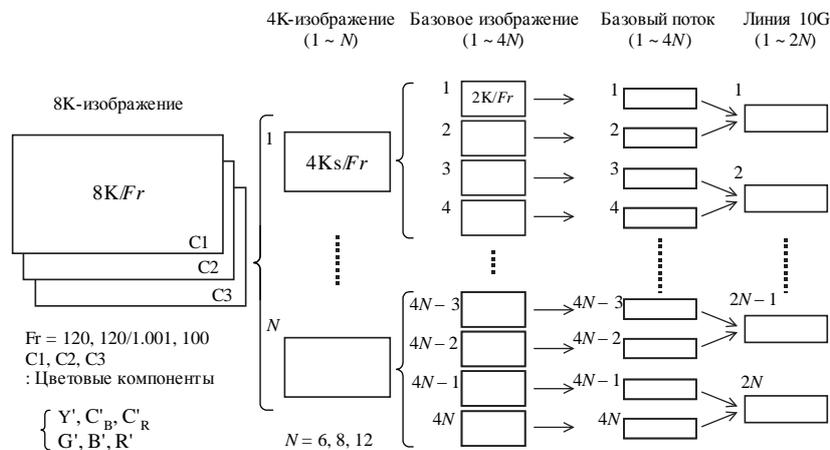
Процесс преобразования 8К-изображений с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц в несколько сигналов для линий 10G иллюстрируется на рисунке 2-1, а 4К-изображений с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц – на рисунке 2-2. Цветовые компоненты C₁, C₂ и C₃ на каждом рисунке обозначены соответственно как Y', C'_B и C'_R или G', B' и R'.

Для изображений 8К/ Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100$) три цветовых компоненты соответственно разделяются на четыре, что дает N ($N = 6, 8$ или 12) 4К-субизображений, каждое из которых затем разделяется на $4N$ базовых изображений. Эти $4N$ базовых изображений преобразуются в $4N$ базовых потоков, каждые два из которых используются при формировании одного сигнала для передачи по линиям 10G, что дает $2N$ сигналов для линий 10G.

Для изображений $4K/Fr$ ($Fr = 120, 120/1,001, 100$) три цветовых компоненты соответственно разделяются на четыре, что дает M ($M = 6, 8$ или 12) базовых изображений. Эти M базовых изображений затем преобразуются в M базовых потоков, каждые два из которых используются при формировании сигнала для одной линии 10G, что дает 4 или 6 сигналов для линий 10G. Причина отсутствия $M/2$ заключается в том, что сигналы для линий 10G генерируются для каждой цветовой компоненты. Подробное описание приведено в пункте 4.2.4.

РИСУНОК 2-1

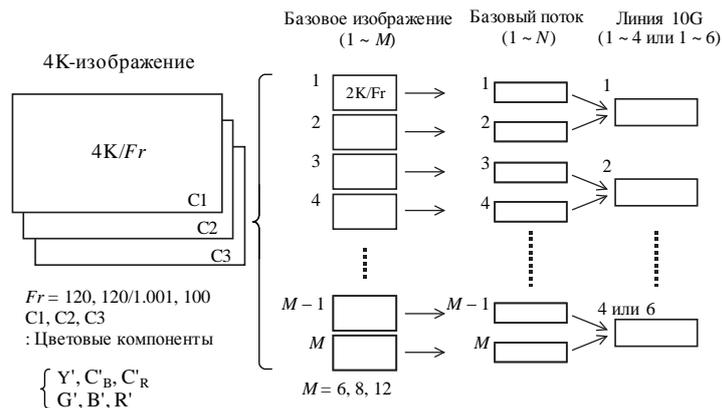
Схема преобразования 8К-изображений с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц



ВТ.2077-02-01

РИСУНОК 2-2

Схема преобразования 4К-изображений с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц



ВТ.2077-02-02

2.1.2 Преобразование 8К- или 4К-изображений с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц

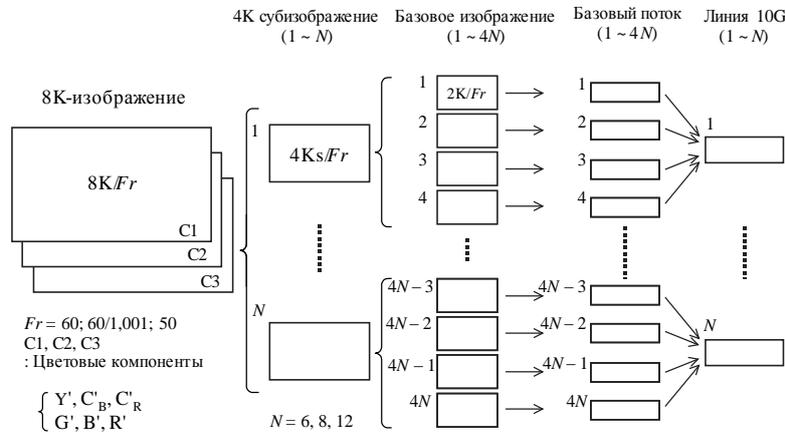
Процесс преобразования 8К-изображений с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц в несколько сигналов для линий 10G иллюстрируется на рисунке 2-3, а 4К-изображений с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц – на рисунке 2-4.

Для изображений $8K/Fr$ ($Fr = 60, 60/1,001, 50$) три цветовых компоненты соответственно разделяются на четыре, что дает N ($N = 6, 8$ или 12) 4К-субизображений, после чего формируются $4N$ базовых изображений. Затем $4N$ базовых изображений преобразуются в $4N$ базовых потоков, каждые четыре из которых используются для формирования одного сигнала для передачи по линиям 10G, что дает N сигналов для линий 10G.

Для изображений $4K/Fr$ ($Fr = 60, 60/1,001, 50$) три цветовых компонента соответственно разделяются на четыре, что дает M ($M = 6, 8$ или 12) базовых изображений. Эти M базовых изображений затем преобразуются в M базовых потоков, каждые четыре из которых используются для формирования одного сигнала для передачи по линиям 10G, что дает три сигнала для линий 10G. Причина отсутствия $M/4$ заключается в том, что сигналы для линий 10G генерируются для каждой цветовой компоненты. Подробное описание приведено в пункте 4.2.5.

РИСУНОК 2-3

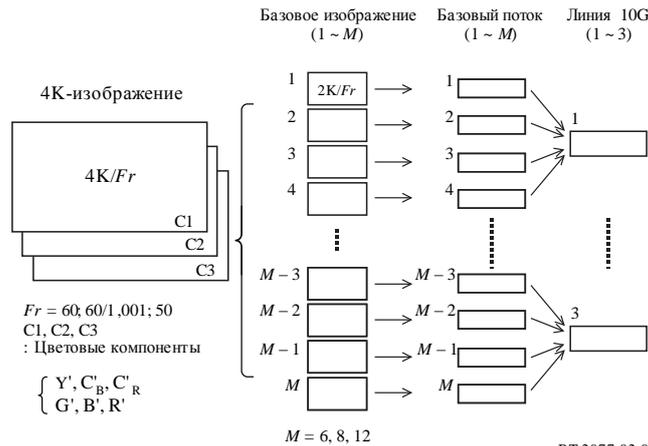
Схема преобразования 8K-изображений с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц



ВТ.2077-02-03

РИСУНОК 2-4

Схема преобразования 4K-изображений с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц



ВТ.2077-02-04

2.1.3 Преобразование 8K- или 4K-изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц

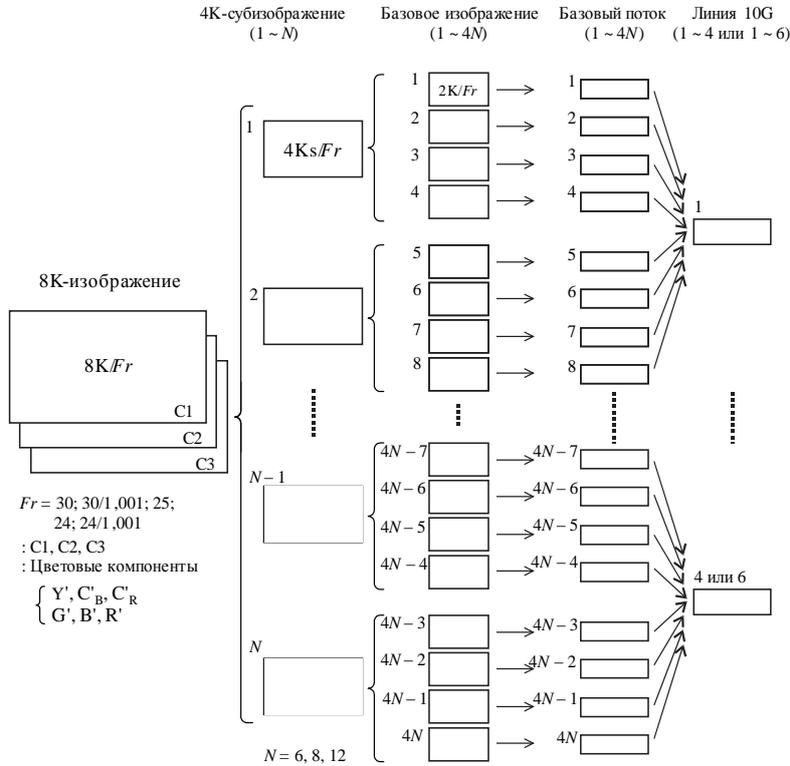
Процесс преобразования 8K-изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц в несколько сигналов для линий 10G иллюстрируется на рисунке 2-5, а 4K-изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц – на рисунке 2-6.

Для изображений $8K/Fr$ ($Fr = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$) три цветовых компонента соответственно разделяются на четыре, что дает N ($N = 6, 8$ или 12) 4K-субизображений, после чего формируются $4N$ базовых изображений. Затем $4N$ базовых изображений преобразуются в $4N$ базовых потоков, каждые восемь из которых используются для формирования одного сигнала для передачи по линиям 10G, что дает 4 или 6 сигналов для линий 10G. Причина отсутствия $N/2$ заключается в том, что сигналы для линий 10G генерируются для каждой цветовой компоненты. Подробное описание приведено в пункте 4.2.3.

Для изображений $4K/Fr$ ($Fr = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$) три цветные компоненты соответственно разделяются на четыре, что дает M ($M = 6, 8$ или 12) базовых изображений. Эти M базовых изображений затем преобразуются в M базовых потоков, каждые восемь из которых используются для формирования одного сигнала для передачи по линиям 10G, что дает три сигнала для линий 10G. Причина отсутствия $M/8$ заключается в том, что сигналы для линий 10G генерируются для каждой цветовой компоненты. Подробное описание приведено в пункте 4.2.6.

РИСУНОК 2-5

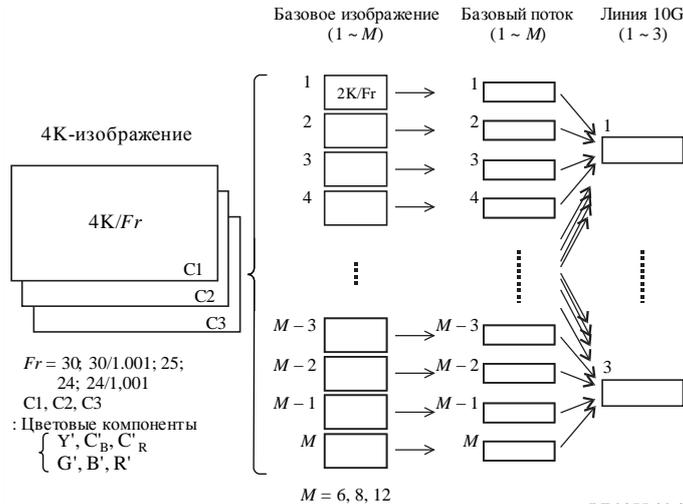
Схема преобразования 8К-изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц



ВТ.2077-02-05

РИСУНОК 2-6

Схема преобразования 4К-изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц



ВТ.2077-02-06

2.1.4 Конфигурация цветовых компонент сигнала и идентификация систем

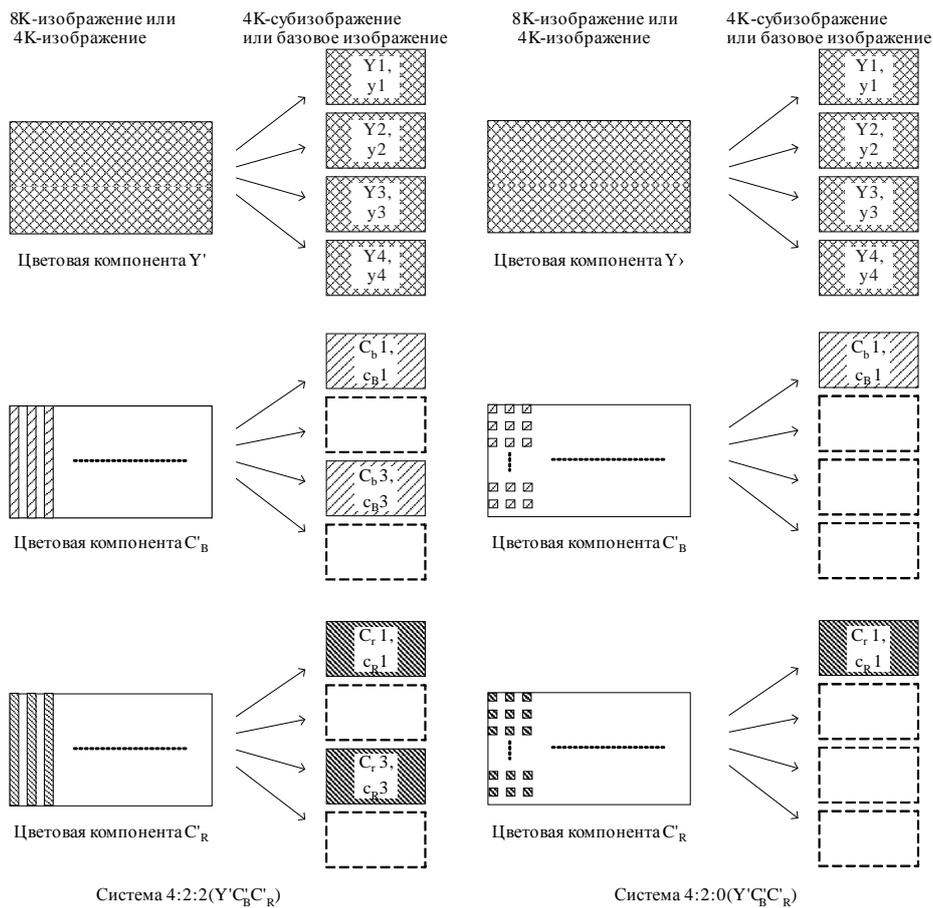
Рисунок 2-7 иллюстрирует разделение 8К-изображений на 4К-субизображения и 4К-изображений на базовые изображения, если структурами дискретизации 8К-изображений и 4К-изображений являются $4:2:2 (Y'C'_B C'_R)$ или $4:2:0 (Y'C'_B C'_R)$.

Для структуры дискретизации $4:2:2 (Y'C'_B C'_R)$ цветовые компоненты 4К-субизображений, сформированных из 8К-изображений, ограничиваются набором $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, C_{B1}, C_{B3}, C_{R1}$ и C_{R3} , а цветовые компоненты базовых изображений, сформированных из 4К-изображений, – набором $y_1, y_2, y_3, y_4, c_{B1}, c_{B3}, c_{R1}$ и c_{R3} .

Для структуры дискретизации $4:2:0 (Y'C'_B C'_R)$ цветовые компоненты 4К-субизображений, сформированных из 8К-изображений, ограничиваются набором $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, C_{B1}, C_{R1}$, а цветовые компоненты базовых изображений, сформированных из 4К-изображений, – набором $y_1, y_2, y_3, y_4, c_{B1}$ и c_{R1} .

РИСУНОК 2-7

Разделение изображений систем $4:2:2 (Y'C'_B C'_R)$ и $4:2:0 (Y'C'_B C'_R)$



ВТ 2077-02-07

Номера систем для идентификации форматов изображений приведены в таблице 2-1 для 8К-изображений и в таблице 2-2 для 4К-изображений.

ТАБЛИЦА 2-1

Форматы 8К-изображений

Структура дискретизации 8К-изображений	4К-субизображение		Частота кадров (Гц)	Количество линий 10G	Номер системы
	Количество субизображений (N)	Элементы цветowych компонент			
8К 4 : 4 : 4 (G'B'R')	12	G1, G2, B1, B2, R1, R2, G3, G4, B3, B4, R3, R4	120, 120/1,001	24	U2.1
			100	24	U2.2
			60, 60/1,001	12	U2.3
			50	12	U2.4
			30, 30/1,001	6	U2.5
			25	6	U2.6
			24, 24/1,001	6	U2.7
8К 4 : 4 : 4 (Y'C _B C _R)	12	Y1, Y2, C _{B1} , C _{B2} , C _{R1} , C _{R2} , Y3, Y4, C _{B3} , C _{B4} , C _{R3} , C _{R4}	120, 120/1,001	24	U2.8
			100	24	U2.9
			60, 60/1,001	12	U2.10
			50	12	U2.11
			30, 30/1,001	6	U2.12
			25	6	U2.13
			24, 24/1,001	6	U2.14
8К 4 : 2 : 2 (Y'C _B C _R)	8	Y1, Y2, C _{B1} , C _{R1} , Y3, Y4, C _{B3} , C _{R3}	120, 120/1,001	16	U2.15
			100	16	U2.16
			60, 60/1,001	8	U2.17
			50	8	U2.18
			30, 30/1,001	4	U2.19
			25	4	U2.20
			24, 24/1,001	4	U2.21
8К 4 : 2 : 0 (Y'C _B C _R)	6	Y1, Y2, C _{B1} , C _{R1} , Y3, Y4	120, 120/1,001	12	U2.22
			100	12	U2.23
			60, 60/1,001	6	U2.24
			50	6	U2.25
			30, 30/1,001	4	U2.26
			25	4	U2.27
			24, 24/1,001	4	U2.28

ТАБЛИЦА 2-2
Форматы 4К-изображений

Структура дискретизации 4К-изображений	Базовое изображение		Частота кадров (Гц)	Количество линий 10G	Номер системы
	Количество базовых изображений (M)	Элементы цветowych компонент			
4К 4 : 4 : 4 (G'B'R')	12	g1, g2, b1, b2, r1, r2, g3, g4, b3, b4, r3, r4	120, 120/1,001	6	U1.1
			100	6	U1.2
			60, 60/1,001	3	U1.3
			50	3	U1.4
			30, 30/1,001	3	U1.5
			25	3	U1.6
			24, 24/1,001	3	U1.7
4К 4 : 4 : 4 (Y'C'B'CR')	12	y1, y2, cB1, cB2, cR1, cR2, y3, y4, cB3, cB4, cR3, cR4	120, 120/1,001	6	U1.8
			100	6	U1.9
			60, 60/1,001	3	U1.10
			50	3	U1.11
			30, 30/1,001	3	U1.12
			25	3	U1.13
			24, 24/1,001	3	U1.14
4К 4 : 2 : 2 (Y'C'B'CR')	8	y1, y2, cB1, cR1, y3, y4, cB3, cR3	120, 120/1,001	4	U1.15
			100	4	U1.16
			60, 60/1,001	3	U1.17
			50	3	U1.18
			30, 30/1,001	3	U1.19
			25	3	U1.20
			24, 24/1,001	3	U1.21
4К 4 : 2 : 0 (Y'C'B'CR')	6	y1, y2, cB1, cR1, y3, y4	120, 120/1,001	4	U1.22
			100	4	U1.23
			60, 60/1,001	3	U1.24
			50	3	U1.25
			30, 30/1,001	3	U1.26
			25	3	U1.27
			24, 24/1,001	3	U1.28

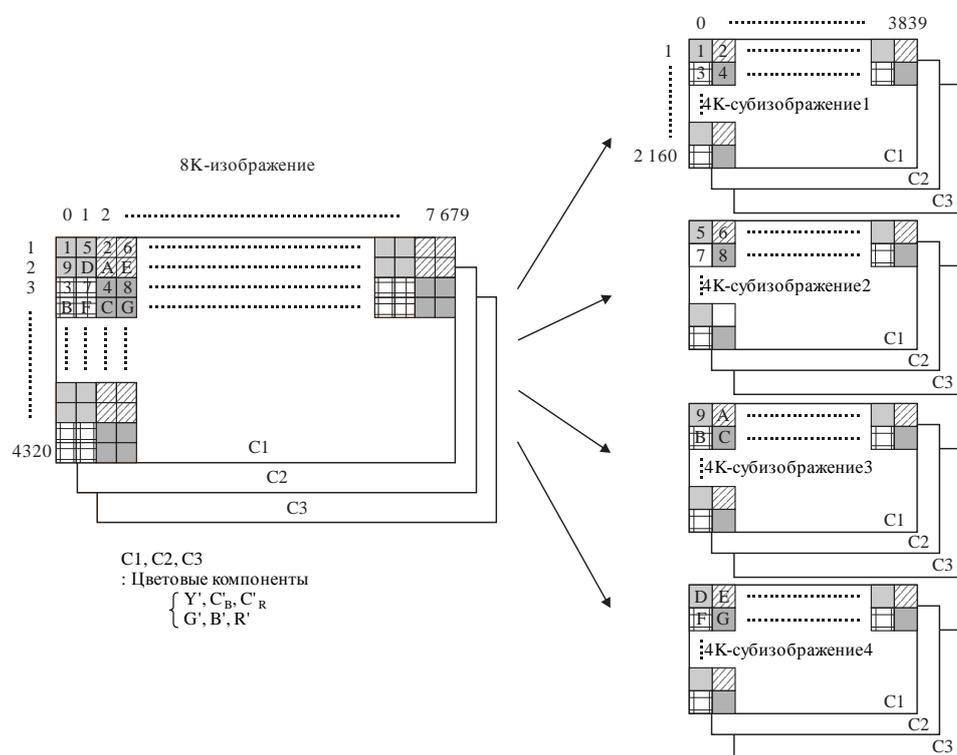
2.2 Разделение 8К-изображений на 4К-субизображения

Процесс разделения 8К-изображений на 4К-субизображения иллюстрируется на рисунке 2-8. При нумерации строк каждого отсчета 8К-изображения верхняя строка по вертикали обозначается номером 1, а нижняя – номером 4320; крайний левый отсчет по горизонтали обозначается номером 0, а крайний правый – номером 7679. Нумерация каждого отсчета 4К-субизображений осуществляется аналогично, так что верхняя строка по вертикали обозначается номером 1, а нижняя – номером 2160 и крайний левый отсчет по горизонтали обозначается номером 0, а крайний правый – номером 3839.

Отсчеты с четными номерами нечетных строк 8К-изображений преобразуются в 4К-субизображение 1, а отсчеты с нечетными номерами нечетных строк – в 4К-субизображение 2; отсчеты 8К-изображений с четными номерами четных строк преобразуются в 4К-субизображение 3, а отсчеты с нечетными номерами четных строк – в 4К-субизображение 4.

РИСУНОК 2-8

Разделение 8К-изображений на 4К-субизображения



ВТ.2077-02-03

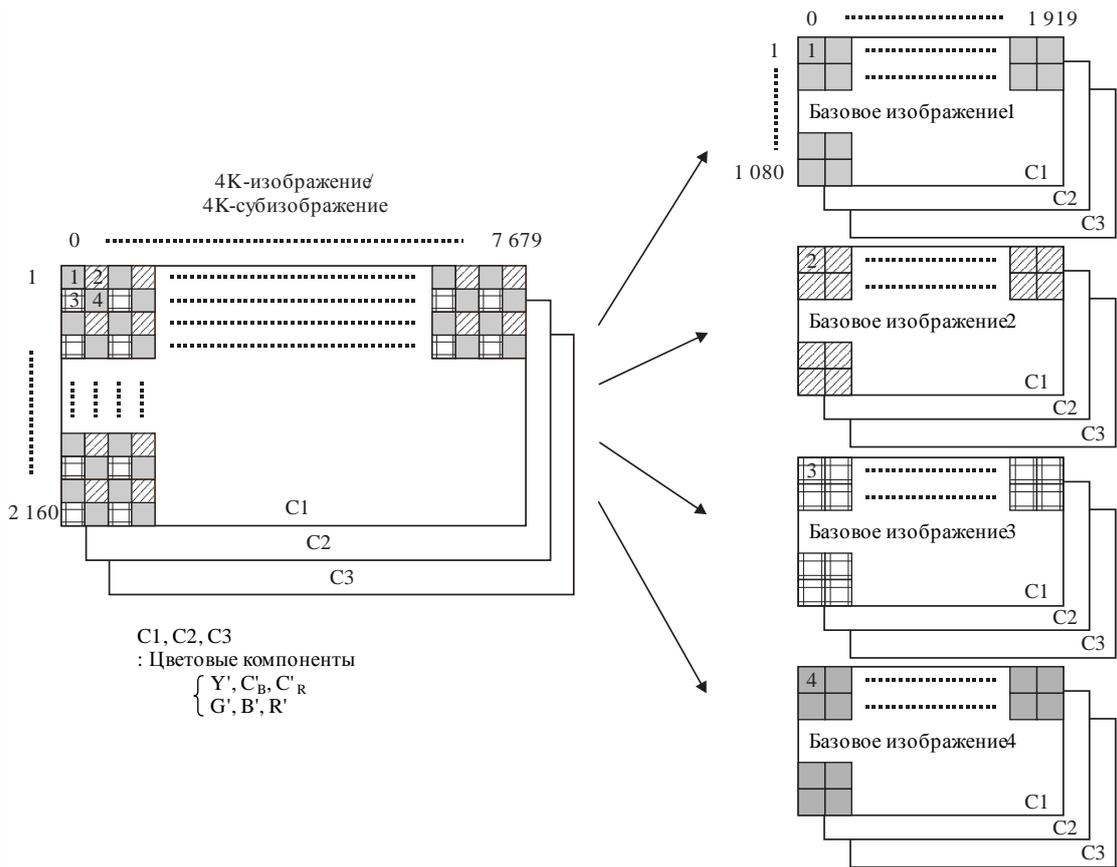
2.3 Разделение 4К-изображений и 4К-субизображений на базовые изображения

Процесс разделения 4К-изображений и 4К-субизображений на базовые изображения иллюстрируется на рисунке 2-9. Нумерация каждого отсчета 4К-изображений осуществляется таким же образом, как и для 4К-субизображений, так что верхняя строка по вертикали обозначается номером 1, а нижняя – номером 2160 и крайний левый отсчет по горизонтали обозначается номером 0, а крайний правый – номером 3839. Нумерация каждого отсчета базовых изображений осуществляется аналогично, так что верхняя строка по вертикали обозначается номером 1, а нижняя – номером 1080 и крайний левый отсчет по горизонтали обозначается номером 0, а крайний правый – номером 1919.

Отсчеты с четными номерами нечетных строк 4К-изображений и 4К-субизображений преобразуются в базовое изображение 1, а отсчеты с нечетными номерами нечетных строк – в базовое изображение 2; отсчеты с четными номерами четных строк 4К-изображений и 4К-субизображений преобразуются в базовое изображение 3, а отсчеты с нечетными номерами четных строк – в базовое изображение 4.

РИСУНОК 2-9

Разделение 4К-изображений или 4К-субизображений на базовые изображения



ВТ.2077-02-09

3 Базовый поток

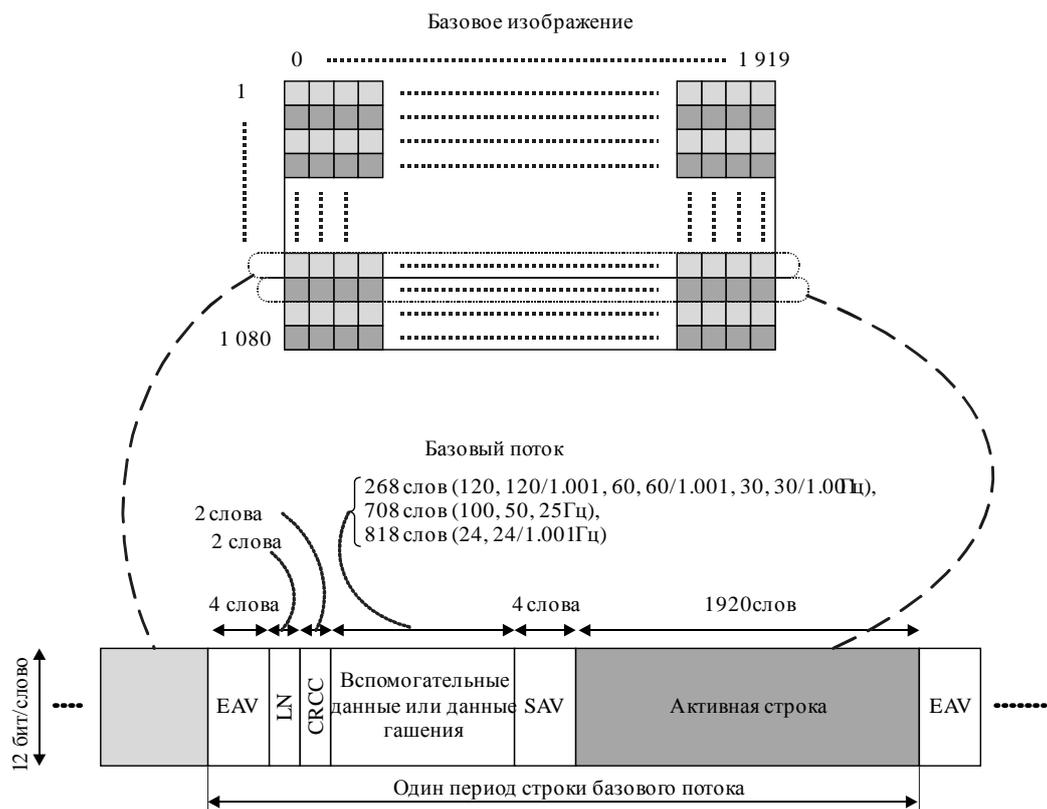
3.1 Преобразование базовых изображений в базовые потоки

Метод преобразования каждой строки базовых изображений в базовые потоки иллюстрируется на рисунке 2-10. Каждый отсчет базового изображения содержит 10 битов или 12 битов. Если он содержит 10 битов, то выполняется сдвиг на два разряда, чтобы заполнить два младших разряда значением 00, получив слово из 12 битов, так чтобы размер слова для всех базовых потоков составлял 12 битов.

Как показано на рисунке 2-10, период одной строки базового потока состоит из кода опорного синхросигнала EAV (конец активного видеосигнала) из четырех слов, кода LN из двух слов, кода обнаружения ошибки CRCC из двух слов, вспомогательных данных или данных гашения кадра, кода опорного синхросигнала SAV из четырех слов и видеоданных. Номера отсчетов базового потока указаны в таблице 2-3.

РИСУНОК 2-10

Структура строки базового потока



ВТ.2077-02-10

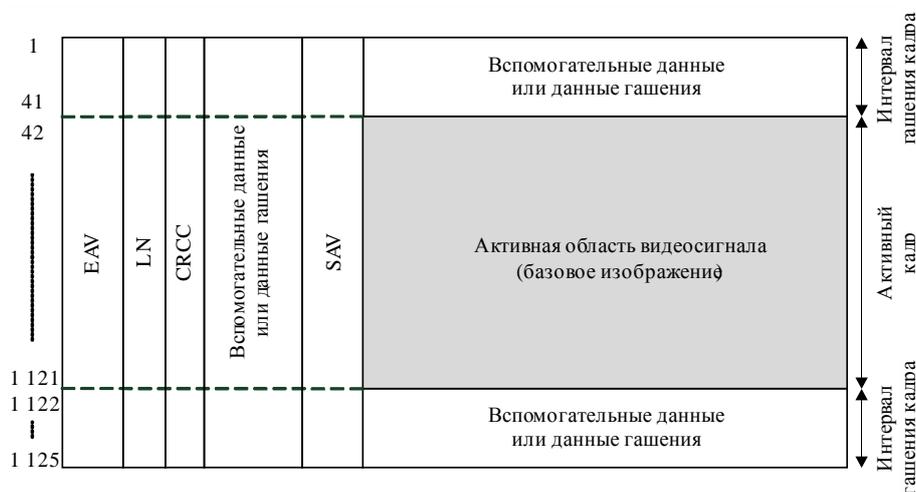
ТАБЛИЦА 2-3

Номера отсчетов базового потока

Элемент	Символ	Номер отсчета		
		Частота кадров 120, 120/1,001, 60, 60/1,001, 30 или 30/1,001 Гц	Частота кадров 100, 50 или 25 Гц	Частота кадров 24 или 24/1,001 Гц
Активная строка (видеоданные)	D	0–1919		
Код опорного синхросигнала (EAV)	EAV	1 920, 1 921, 1 922, 1 923		
Данные о номере строки	LN	LN0	1 924	
		LN1	1 925	
Циклические избыточные контрольные коды	CRCC	CRCC0	1 926	
		CRCC1	1 927	
Вспомогательные данные или данные гашения	ANC	1 928–2 195	1 928–2 635	1 928–2 745
Код опорного синхросигнала (SAV)	SAV	2 196, 2 197, 2 198, 2 199	2 636, 2 637, 2 638, 2 639	2 746, 2 747, 2 748, 2 749

Структура кадра базового потока показана на рисунке 2-11, а нумерация строк базового потока – в таблице 2-4. Базовый поток содержит активный кадр из 1080 строк и интервалы гашения кадров из 45 строк. Отсчеты от 1-й до 1080-й строки базового изображения относятся к строкам от 42-й до 1121-й базового потока. Интервал гашения кадра относится к интервалам строк 1–41 и 1122–1125. Структура строк гашения кадра та же, что и у активного кадра, показанного на рисунке 2-10, в котором область активной строки в 1920 слов выделена для вспомогательных данных или данных гашения кадра.

РИСУНОК 2-11
Структура кадра базового потока



ВТ.2077-02-11

ТАБЛИЦА 2-4
Номера строк базового потока

Элемент	Номер строки
Интервал гашения кадра	1–41, 1 122–1 125
Активный кадр	42–1 121

3.2 Коды опорного синхросигнала (SAV и EAV)

Два кода опорных синхросигналов – это код SAV, который помещается непосредственно перед видеоданными (активная строка), и код EAV, который помещается сразу после видеоданных. Распределения битов для SAV и EAV приведены в таблице 2-5, а распределения защитного бита – в таблице 2-6.

Буквой F в таблицах 2-5 и 2-6 обозначен идентификационный бит прогрессивной/чересстрочной развертки (первое/второе поле). Изображения, рассматриваемые в части 2 настоящей Рекомендации, имеют прогрессивную развертку, поэтому значение F фиксированно и равно 0. V – это бит идентификатора данных гашения кадра и активного видеосигнала. Значение V равно 1 для данных гашения кадра – от 1-й до 41-й строки и от 1122-й до 1125-й строки – и 0 для активных видеоданных от 42-й до 1121-й строки. Бит H – это бит идентификатора, который имеет значение 0 для SAV, и 1 для EAV. Значения P₀–P₃ служат битами контроля четности, которые используются для исправления ошибок в одном бите и обнаружения ошибок в двух битах на стороне приема. Распределение этих битов указано в таблице 2-6.

ТАБЛИЦА 2-5

Распределение битов для кодов опорных синхросигналов

Слово	Значение	Номер бита											
		b11 (MSB)	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0 (LSB)
1	FFFh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	000h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	000h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	XYZ	1	F	V	H	P ₃	P ₂	P ₁	P ₀	0	0	0	0

ТАБЛИЦА 2-6

Биты защиты для кодов опорных синхросигналов

Номер бита	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4
Функция	F	V	H	P ₃	P ₂	P ₁	P ₀
Битовая комбинация 0	0	0	0	0	0	0	0
Битовая комбинация 1	0	0	1	1	1	0	1
Битовая комбинация 2	0	1	0	1	0	1	1
Битовая комбинация 3	0	1	1	0	1	1	0

3.3 Данные о номере строки

Для нумерации строк базового потока используются не номера строк 8К- или 4К-изображений, а номера строк базового потока, указанные на рисунке 2-11 и в таблице 2-4. Данные о номере строки имеют двоичный формат из 11 битов от L0 (LSB) до L10 (MSB). Распределение битов для данных о номере строки LN0 и LN1 указано в таблице 2-7. Зарезервированные биты (см. таблицу 2-7) устанавливаются в 0.

ТАБЛИЦА 2-7

Распределение битов для номера строки

Номер бита	LN0	LN1
b11 (MSB)	NOT b10	NOT b10
b10	L6	Зарезервирован
b9	L5	Зарезервирован
b8	L4	Зарезервирован
b7	L3	L10 (MSB)
b6	L2	L9
b5	L1	L8
b4	L0 (LSB)	L7
b3	Зарезервирован	Зарезервирован
b2	Зарезервирован	Зарезервирован
b1	Зарезервирован	Зарезервирован
b0 (LSB)	Зарезервирован	Зарезервирован

3.4 Данные кода обнаружения ошибок

Данные кода обнаружения ошибок в базовом потоке представлены 18 битами от CRCC0 до CRCC17 и определяются следующим образом:

- (1) код обнаружения ошибок – CRCC (циклический код проверки избыточности);
- (2) полиномиальное уравнение генератора: $C(X) = X^{18} + X^5 + X^4 + 1$. Начальное значение равно 0;
- (3) диапазон генерации кода обнаружения ошибок:
 начальная точка – первое слово после SAV предыдущей строки;
 конечная точка – последнее слово данных о номере строки;
- (4) последовательность образования кода обнаружения ошибок:
 начинается с LSB первого слова диапазона генерации кода обнаружения ошибок и заканчивается MSB последнего слова этого диапазона;
- (5) распределение битов:
 распределение битов указано в таблице 2-8. CRCC0 – это MSB кода обнаружения ошибок;
 зарезервированные биты (см. таблицу 2-8) устанавливаются в 0.

ТАБЛИЦА 2-8

Распределение битов для CRCC

Номер бита	CRCC0	CRCC1
b11 (MSB)	NOT b10	NOT b10
b10	CRCC8	CRCC17
b9	CRCC7	CRCC16
b8	CRCC6	CRCC15
b7	CRCC5	CRCC14
b6	CRCC4	CRCC13
b5	CRCC3	CRCC12
b4	CRCC2	CRCC11
b3	CRCC1	CRCC10
b2	CRCC0	CRCC9
b1	Зарезервирован	Зарезервирован
b0 (LSB)	Зарезервирован	Зарезервирован

3.5 Вспомогательные данные

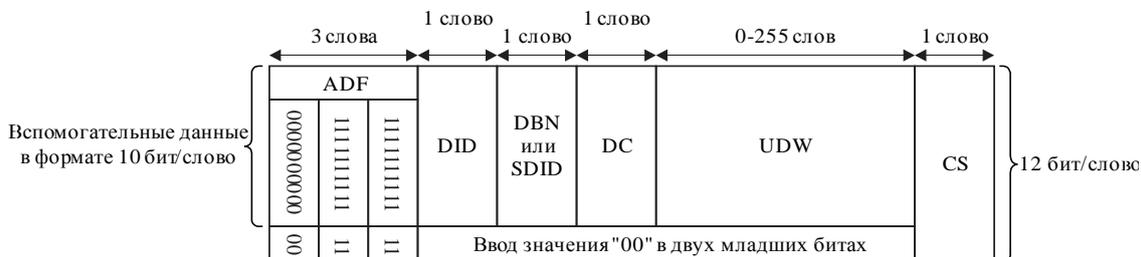
Вспомогательные данные преобразуются в область гашения базовых потоков 1 и 2. Формат этих данных должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

Поскольку пакет вспомогательных данных содержит 10 бит/слово, применяется преобразование, показанное на рисунке 2-12. ADF на рисунке 2-12 означает флаг вспомогательных данных, DID – слово идентификатора данных, DBN – слово номера блока данных, SDID – второе слово идентификатора данных, DC – слово счетчика данных, UDW – слово данных пользователя, а CS – слово контрольной суммы.

Для преобразования трех слов ADF в 12-битовые слова к двум младшим битам первого слова добавляется значение 00, а к двум младшим битам двух других слов – значение 11. Для преобразования данных в формат 12-битовых слов в интервале от DID и до конца UDW два младших бита каждого слова заполняются значениями 00. В CS младшим 11 битам суммы младших 11 битов всех слов от DID до последнего UDW присваиваются значения битов CS от b0 (LSB) до b10, а бит b11 (MSB) устанавливается равным обратному значению b10.

РИСУНОК 2-12

Преобразование пакета вспомогательных данных из формата 10 бит/слово в формат 12 бит/слово



ВТ.2077-02-12

3.6 Аудиоданные

Каждое базовое изображение имеет формат 1920×1080 пикселей изображения каждой цветовой компоненты, полученный путем разделения 4К-изображения или 4К-субизображения, и содержит встроенный аудиосигнал в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365. Поток данных Y и поток данных C_B/C_R согласно Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365 соответствует базовому потоку 1 и базовому потоку 2 согласно части 2 настоящей Рекомендации.

Пакеты управления звуком мультиплексируются в область вспомогательных данных строчной развертки строки 9 базового потока 1, а пакеты аудиоданных – в область вспомогательных данных строчной развертки базового потока 2.

В Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365 описывается процесс создания и добавления пакетов вспомогательных аудиоданных, включая пакеты управления звуком и пакеты аудиоданных, для четырех или менее аудиогрупп – с первой по четвертую. Это позволяет использовать до 16 каналов звука с частотой дискретизации 48 кГц или до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц. Еще четыре расширенные аудиогруппы с номерами 5, 6, 7 и 8, допускающие использование до 32 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или до 16 каналов с частотой дискретизации 96 кГц, можно вставить с использованием методов, описываемых в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, с разными значениями DID для пакетов аудиоданных и пакетов управления звуком.

Значения DID для расширенных пакетов аудиоданных определяются как 1A7_h для аудиогруппы 5, 2A6_h для аудиогруппы 6, 2A5_h для аудиогруппы 7 и 1A4_h для аудиогруппы 8.

Значения DID для расширенных пакетов управления звуком определяются как 2A3_h для аудиогруппы 5, 1A2_h для аудиогруппы 6, 1A1_h для аудиогруппы 7 и 2A0_h для аудиогруппы 8.

Для сигналов с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц данные о фазе тактовых аудиосигналов, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, рассчитываются с использованием тактовой частоты 74,25/(1,001) МГц.

Для сигналов с частотой кадров 50 Гц, 60/1,001 Гц и 60 Гц данные о фазе тактовых аудиосигналов, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, рассчитываются с использованием тактовой частоты 148,5/(1,001) МГц.

Для сигналов с частотой кадров 100 Гц, 120/1,001 Гц и 120 Гц данные о фазе тактовых аудиосигналов, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, рассчитываются с использованием тактовой частоты 297/(1,001) МГц.

3.7 Идентификатор полезной нагрузки

Распределение битов UDW пакета идентификатора полезной нагрузки указано в таблице 2-9. Пакет идентификатора полезной нагрузки мультиплексируется один раз за кадр базового потока. Рекомендуемое местоположение – сразу после CRCС базового потока в строке 10.

Применяются следующие значения идентификатора полезной нагрузки:

- 4К и 8К идентифицируются битами b0 и b1 слова 1, которым присваиваются следующие значения:
 - (0_h) зарезервировано;
 - (1_h) указывает на 4К;
 - (2_h) указывает на 8К;
 - (3_h) зарезервировано;
- характеристики передачи определяются битами b3 и b4 3-го слова со следующими значениями:
 - (0_h) указывает на SDR-TV;
 - (1_h) указывает на HLG;
 - (2_h) указывает на PQ;
 - (3_h) зарезервировано;
- для частоты кадров устанавливается значение полезной нагрузки ТСВЧ;
- порядок назначения каналов базового потока соответствует:
 - рисунку 2-13 для 120, 120/1,001, 100 Гц, как указано в пункте 4.1.1;
 - рисунку 2-17 для 60, 60/1,001, 50 Гц, как указано в пункте 4.1.2;
 - рисунку 2-19 для 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001 Гц, как указано в пункте 4.1.3;
- для структуры дискретизации устанавливается значение, соответствующее переносимой полезной нагрузке;
- порядок назначения каналов линии 10G соответствует:
 - рисункам 2-21 и 2-22 для 8К/*Fr* (*Fr* = 120, 120/1,001, 100), как указано в пункте 4.2.1;
 - рисунку 2-23 для 8К/*Fr* (*Fr* = 60, 60/1,001, 50), как указано в пункте 4.2.2;
 - рисунку 2-24 для 8К/*Fr* (*Fr* = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001), как указано в пункте 4.2.3;
 - рисунку 2-25 для 4К/*Fr* (*Fr* = 120, 120/1,001, 100), как указано в пункте 4.2.4;
 - рисунку 2-26 для 4К/*Fr* (*Fr* = 60, 60/1,001, 50), как указано в пункте 4.2.5;
 - рисунку 2-27 для 4К/*Fr* (*Fr* = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001), как указано в пункте 4.2.6;

- для флага яркостного и цветоразностного сигнала устанавливается значение (0) для непостоянной яркости $Y'C'_B C'_R$ и (1) для постоянной яркости SDR $Y'C'_B C'_R$ или HDR IC_{TCp} ;
- глубина цвета и узкий или полный диапазон кодирования при квантовании отсчетов определяется битами b0 и b1 слова 4, которым присваиваются следующие значения:
 - (0_h) означает дискретизацию с использованием 10-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием,
 - (1_h) означает дискретизацию с использованием 10-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием,
 - (2_h) означает дискретизацию с использованием 12-битовых отсчетов с узкодиапазонным кодированием,
 - (3_h) означает дискретизацию с использованием 12-битовых отсчетов с полнодиапазонным кодированием.

ТАБЛИЦА 2-9

Распределение битов пакета идентификатора полезной нагрузки

Номер бита	Слово 1	Слово 2	Слово 3	Слово 4
b9 (MSB)	NOT b8	NOT b8	NOT b8	NOT b8
b8	EP (Примечание 1)	EP	EP	EP
b7	1	Прогрессивная (1)	Назначение каналов базового потока CH1 (0 _h), CH2 (1 _h), CH3 (2 _h), CH4 (3 _h), CH5 (4 _h), CH6 (5 _h), CH7 (6 _h) или CH8 (7 _h)	Назначение линий 10G CH1 (00 _h) – CH24 (17 _h)
b6	0	Прогрессивная (1)		
b5	1	Характеристики передачи SDR-TV (0 _h) HLG (1 _h) PQ (2 _h) Не определена (3 _h)	Яркостный и цветоразностный сигналы NCL $Y'C'_B C'_R$ (0), CL SDR $Y'C'_B C'_R$ или HDR IC_{TCp} (1)	
b4	0			
b3	0	Частота кадров 24/1,001 Гц (2 _h) 24 Гц (3 _h) 25 Гц (5 _h) 30/1,001 Гц (6 _h) 30 Гц (7 _h) 50 Гц (9 _h) 60/1,001 Гц (A _h) 60 Гц (B _h) 100 Гц (D _h) 120/1,001 Гц (E _h) 120 Гц (F _h) Другие значения зарезервированы	Идентификация структуры дискретизации 4 : 2 : 2 ($Y'C'_B C'_R$ или IC_{TCp}) (0 _h) 4 : 4 : 4 ($Y'C'_B C'_R$ или IC_{TCp}) (1 _h) 4 : 4 : 4 (G'B'R') (2 _h) 4 : 2 : 0 ($Y'C'_B C'_R$ или IC_{TCp}) (3 _h)	Колориметрия с широкой гаммой в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.2020 (0) Зарезервировано (1)
b2	1			
b1	4K/8K Зарезервировано (0 _h) 4K (1 _h) 8K (2 _h) Зарезервировано (3 _h)			Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h) 10 бит, узкий диапазон (1 _h) 12 бит, узкий диапазон (2 _h) 12 бит, полный диапазон (3 _h)
b0 (LSB)				

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – EP – проверка на четность для b0–b7.

3.8 Данные гашения

Словам данных гашения кадра, приходящимся на интервалы гашения, которые не используются для кодов опорных синхросигналов (SAV и EAV), номеров строк, кодов обнаружения ошибок или вспомогательных данных, присваиваются следующие значения:

- (1) базовые потоки для цветowych компонент $Y', G', B', R' - 100_h$;
- (2) базовые потоки для цветowych компонент $C'_B, C'_R - 800_h$.

4 Формирование сигналов для передачи по линиям 10G

4.1 Формирование сигналов для передачи по линиям 10G из базовых потоков

4.1.1 Формирование сигналов для передачи по линиям 10G из базовых потоков 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц

На рисунках от 2-13 до 2-16 иллюстрируется способ преобразования двух базовых потоков 120, 120/1,001 или 100 Гц в один сигнал для передачи по линиям 10G.

Сначала два базовых потока, слово за словом, уплотняются и конвертируются в мультиплексированный поток данных. К двум базовым потокам добавляются заполняющие данные, как показано на рисунке 2-13. Результатом становится поток данных из 5280 слов на строку при частоте кадров 120 Гц и 120/1,001 Гц или 6336 слов на строку при частоте кадров 100 Гц. Эти заполняющие данные резервируются и заполняются значением 100_h .

РИСУНОК 2-13

Мультиплексирование двух базовых потоков 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц

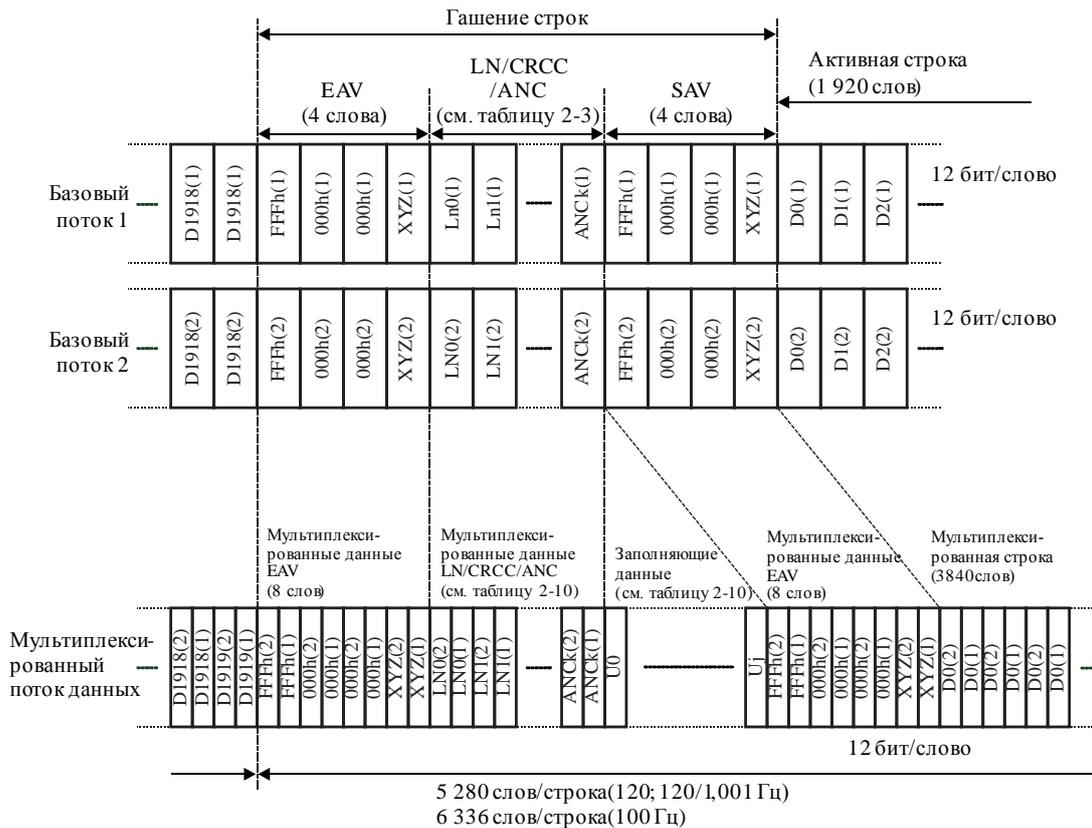


ТАБЛИЦА 2-10

Структура строк мультиплексированного потока данных 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц

Элемент	Количество слов данных	
	Частота кадров 120 или 120/1,001 Гц	Частота кадров 100 Гц
Мультиплексированные данные EAV	8	
Мультиплексированные данные LN/CRCC/ANC	544	1 424
Заполняющие данные	880	1 056
Мультиплексированные данные SAV	8	
Мультиплексированные данные активного видеосигнала	3 840	
Общее количество слов в строке	5 280	6 336

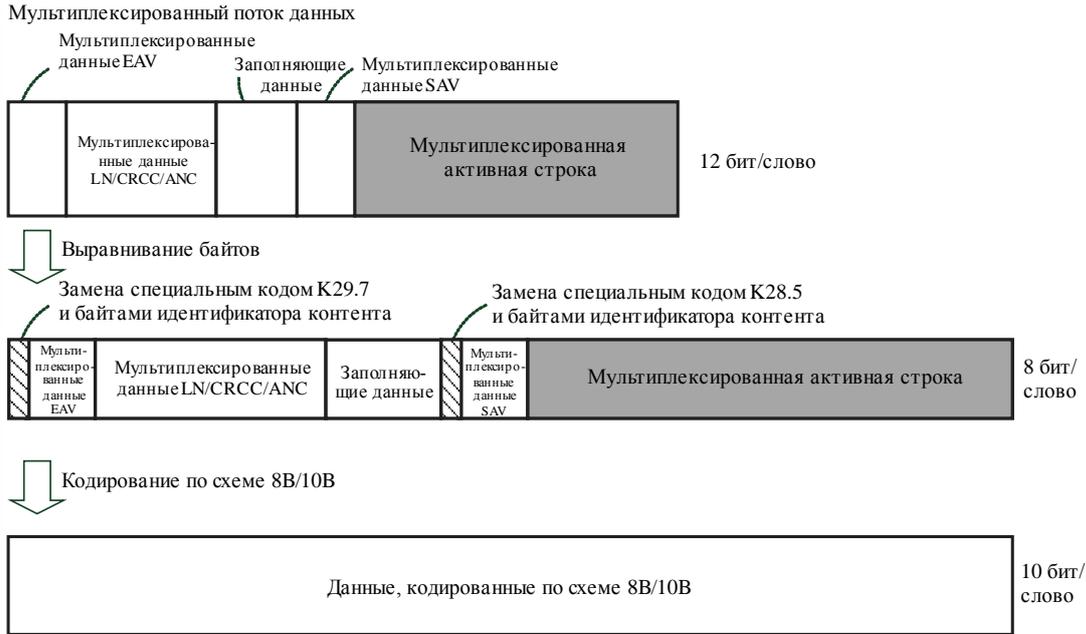
Затем поток данных с мультиплексированными словами кодируется по схеме 8В/10В, как указано в стандарте ANSI INCITS 230.

Мультиплексированный поток данных, состоящий из 12-битовых слов, сначала преобразуется в последовательность байтов, как показано на рисунке 2-14, а затем кодируется по схеме 8В/10В. Преобразование в последовательность байтов выполняется для каждой двух слов, начиная с активной строки (рисунок 2-15). При кодировании по схеме 8В/10В первые четыре байта мультиплексированных данных SAV и EAV заменяются блоком синхронизации (рисунок 2-16). Первые два слова мультиплексированных данных SAV заменяются специальными символами K28.5, эти же слова мультиплексированных данных EAV заменяются специальными символами K29.7, определенными в ANSI INCITS 230, а последующие два слова заменяются идентификаторами контента. Распределение битов идентификатора контента приведено в таблице 2-11, а распределение битов идентификатора системы, который входит в состав идентификатора контента, – в таблице 2-12. Процесс кодирования по схеме 8В/10В начинается с первого специального символа K28.5 с отрицательным динамическим разбалансом. Во всех последующих строках процесс кодирования по схеме 8В/10В осуществляется в соответствии с динамическим разбалансом.

При кодировании по схеме 8В/10В два 12-битовых слова данных преобразуются в три 10-битовых слова. Поток данных, мультиплексированных по словам, содержит 7920 слов на строку (10 бит/слово) при частоте кадров 120 Гц и 120/1,001 Гц и 9504 слова на строку (10 бит/слово) при частоте кадров 100 Гц.

РИСУНОК 2-14

Кодирование мультиплексированного потока данных по схеме 8В/10В



ВТ.2077-02-14

РИСУНОК 2-15

Процесс выравнивания данных и кодирования по схеме 8В/10В блока данных из двух слов

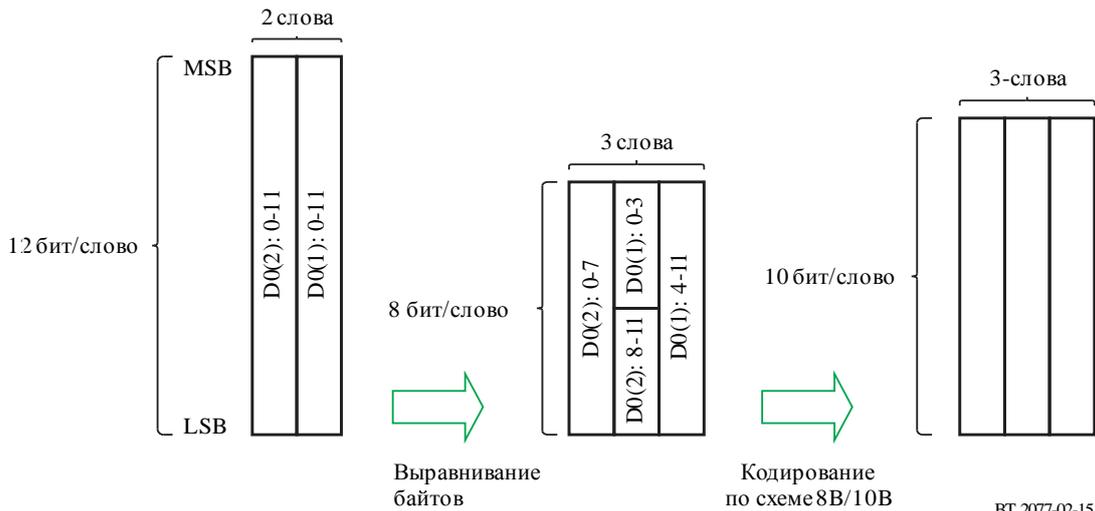


РИСУНОК 2-16

Замена мультимплексированных данных SAV и EAV блоком синхронизации (120, 120/1,001 или 100 Гц)



ВТ.2077-02-16

ТАБЛИЦА 2-11

Распределение битов идентификатора контента

Бит	ID1 контента	ID2 контента
b7 (MSB)	Зарезервировано (0 _h)	Зарезервировано (0 _h)
b6		
b5	Идентификатор системы	Назначение линий 10G от CH1 (00 _h) до CH24 (17 _h)
b4		
b3		
b2		
b1		
b0 (LSB)		

ТАБЛИЦА 2-12

Распределение битов идентификатора системы

ID системы (b5–b0)	Номер системы	ID системы (b5–b0)	Номер системы	ID системы (b5–b0)	Номер системы	ID системы (b5–b0)	Номер системы
000000	U1.1	001111	U1.16	100000	U2.1	101111	U2.16
000001	U1.2	010000	U1.17	100001	U2.2	110000	U2.17
000010	U1.3	010001	U1.18	100010	U2.3	110001	U2.18
000011	U1.4	010010	U1.19	100011	U2.4	110010	U2.19
000100	U1.5	010011	U1.20	100100	U2.5	110011	U2.20
000101	U1.6	010100	U1.21	100101	U2.6	110100	U2.21
000110	U1.7	010101	U1.22	100110	U2.7	110101	U2.22
000111	U1.8	010110	U1.23	100111	U2.8	110110	U2.23
001000	U1.9	010111	U1.24	101000	U2.9	110111	U2.24
001001	U1.10	011000	U1.25	101001	U2.10	111000	U2.25
001010	U1.11	011001	U1.26	101010	U2.11	111001	U2.26
001011	U1.12	011010	U1.27	101011	U2.12	111010	U2.27
001100	U1.13	011011	U1.28	101100	U2.13	111011	U2.28
001101	U1.14	011100	Зарезерви- ровано	101101	U2.14	111100	Зарезерви- ровано
001110	U1.15	011111		101110	U2.15	111111	

Затем данные, закодированные по схеме 8В/10В, преобразуются по порядку, начиная с LSB, в последовательный поток сигналов для передачи по линиям 10G. Скорость передачи сигналов по линии 10G, формируемых (см. описание выше) для частоты кадров 120 Гц, равна $7920 \text{ (слов/строка)} \times 10 \text{ (бит/слово)} \times 1125 \text{ (строк)} \times 120 \text{ (1/с)}$, или 10,692 Гбит/с. Для частоты кадров 120/1,001 Гц скорость передачи равна $7920 \text{ (слов/строка)} \times 10 \text{ (бит/слово)} \times 1125 \text{ (строк)} \times 120/1,001 \text{ (1/с)}$, или 10,692/1,001 Гбит/с. Для частоты кадров 100 Гц скорость передачи равна $9504 \text{ (слов/строка)} \times 10 \text{ (бит/слово)} \times 1125 \text{ (строк)} \times 100 \text{ (1/с)}$, или 10,692 Гбит/с.

4.1.2 Формирование сигналов для передачи по линиям 10G из базовых потоков 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц

Способ преобразования четырех базовых потоков 60, 60/1,001 или 50 Гц в один сигнал для передачи по линиям 10G иллюстрируется на рисунках 2-17 и 2-18. Сначала четыре базовых потока преобразуются в уплотненный поток данных путем пословного мультиплексирования. К четырем базовым потокам добавляются заполняющие данные, как показано на рисунке 2-17. В результате образуется поток данных из 10 560 слов на период строки при частоте кадров 60 Гц, или 60/1,001 Гц, или 12 672 слова на период строки при частоте кадров 50 Гц. Эти заполняющие данные резервируются и заполняются значением 100_h.

РИСУНОК 2-17

Мультиплексирование четырех базовых потоков 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц

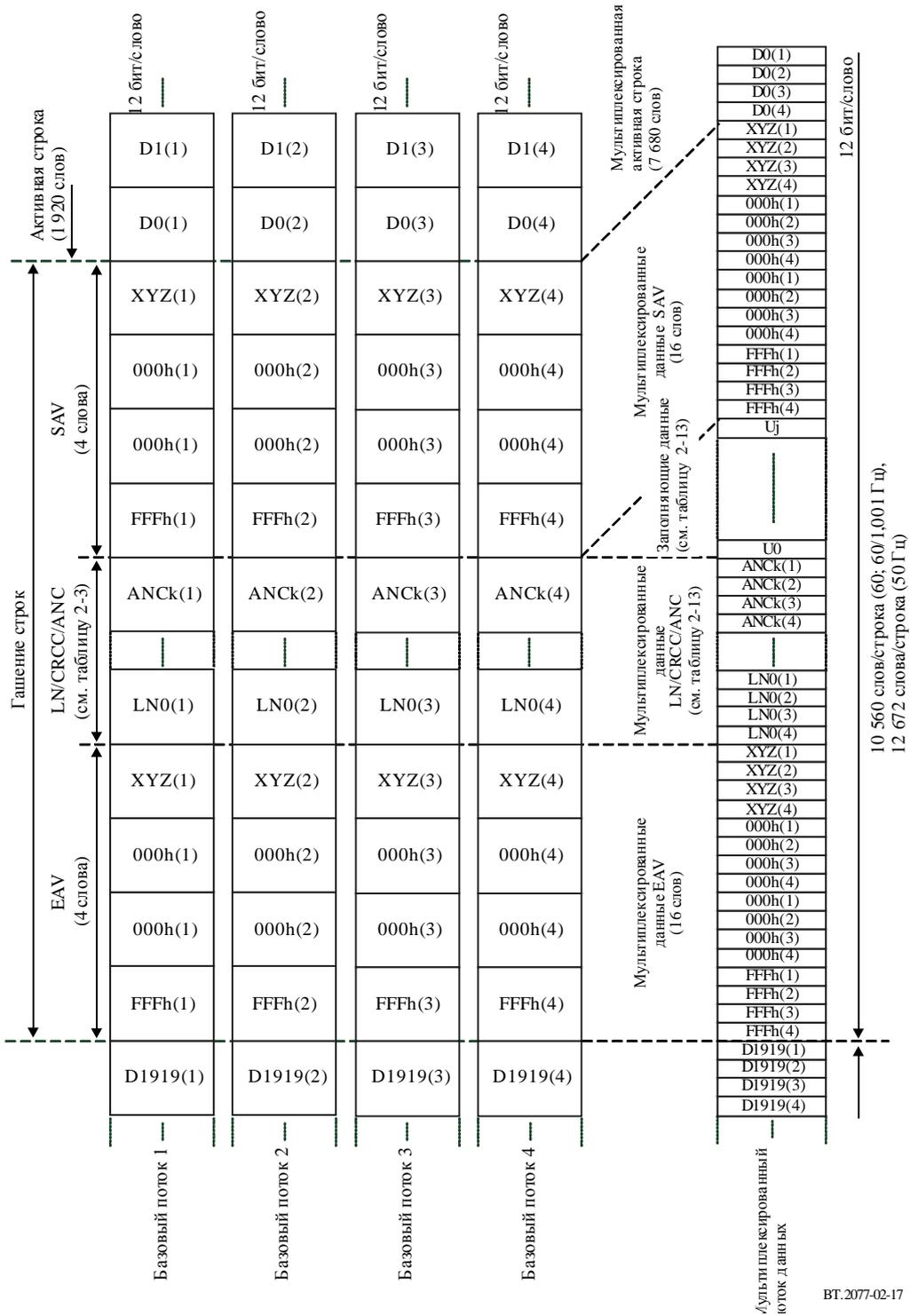


ТАБЛИЦА 2-13

Структура строк мультиплексированного потока данных 60 Гц, 60/1,001 Гц или 50 Гц

Элемент	Количество слов данных	
	Частота кадров 60 или 60/1,001 Гц	Частота кадров 50 Гц
Мультиплексированные данные EAV	16	
Мультиплексированные данные LN/CRCC/ANC	1 088	2 848
Заполняющие данные	1 760	2 112
Мультиплексированные данные SAV	16	
Мультиплексированные данные активного видеосигнала	7 680	
Общее количество слов в строке	10 560	12 672

Затем поток мультиплексированных по словам данных кодируется по схеме 8В/10В, как указано в стандарте ANSI INCITS 230.

Мультиплексированный поток данных, состоящий из 12-битовых слов, сначала преобразуется в последовательность байтов, а затем кодируется по схеме 8В/10В. Преобразование в последовательность байтов выполняется для каждого двух слов с начала активных данных D0(4) таким же образом, как это показано на рисунке 2-15. При кодировании по схеме 8В/10В первые четыре байта мультиплексированных данных SAV и EAV преобразуются в блок синхронизации, как показано на рисунке 2-18. Первые два слова мультиплексированных данных SAV заменяются специальными символами K28.5, эти же слова мультиплексированных данных EAV заменяются специальными символами K29.7, определенными в ANSI INCITS 230, а последующие два слова заменяются идентификаторами контента. Распределение битов идентификатора контента указано в таблицах 2-11 и 2-12. Процесс кодирования по схеме 8В/10В начинается с первого специального символа K28.5 с отрицательным динамическим разбалансом. Во всех последующих строках процесс кодирования по схеме 8В/10В осуществляется в соответствии с существующим динамическим разбалансом.

При кодировании по схеме 8В/10В два 12-битовых слова данных преобразуются в три 10-битовых слова. Поток мультиплексированных по словам данных содержит 15 840 слов (10 бит/слово) на период строки при частоте кадров 60 Гц и 60/1,001 Гц и 19 008 слов (10 бит/слово) на период строки при частоте кадров 50 Гц.

РИСУНОК 2-18

Замена мультиплексированных данных SAV и EAV блоком синхронизации (60, 60/1,001 или 50 Гц)



Затем данные, закодированные по схеме 8В/10В, преобразуются по порядку, начиная с LSB, в последовательный поток сигнала для передачи по линиям 10G. Скорость передачи сигналов по линии 10G, формируемых (как описано выше) для частоты кадров 60 Гц, равна $15\,840$ (слов/строка) \times 10 (бит/слово) \times 1125 (строк) \times 60 (1/с), или 10,692 Гбит/с. Для частоты кадров 60/1,001 Гц скорость передачи равна $15\,840$ (слов/строка) \times 10 (бит/слово) \times 1125 (строк) \times $60/1,001$ (1/с), или 10,692/1,001 Гбит/с. Для частоты кадров 50 Гц скорость передачи равна $19\,008$ (слов/строка) \times 10 (бит/слово) \times 1125 (строк) \times 50 (1/с), или 10,692 Гбит/с.

4.1.3 Формирование сигналов для передачи по линиям 10G из базовых потоков 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц

Способ преобразования восьми базовых потоков 30, 30/1,001, 25, 24 или 24/1,001 Гц в один сигнал для передачи по линиям 10G иллюстрируется на рисунках 2-19 и 2-20. Сначала восемь базовых потоков 30 Гц преобразуются в уплотненный по словам поток данных путем пословного мультиплексирования. К восьми базовым потокам добавляются заполняющие данные, как показано на рисунке 2-19. В результате образуется поток данных из 21 120 слов на строку при частоте кадров 30 Гц или 30/1,001 Гц, 25 344 слова на строку при частоте кадров 25 Гц и 26 400 слов на строку при частоте кадров 24 Гц или 24/1,001 Гц. Эти заполняющие данные резервируются и заполняются значением 100_h.

РИСУНОК 2-19

Мультиплексирование восьми базовых потоков 30 Гц, 30/1,001 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц

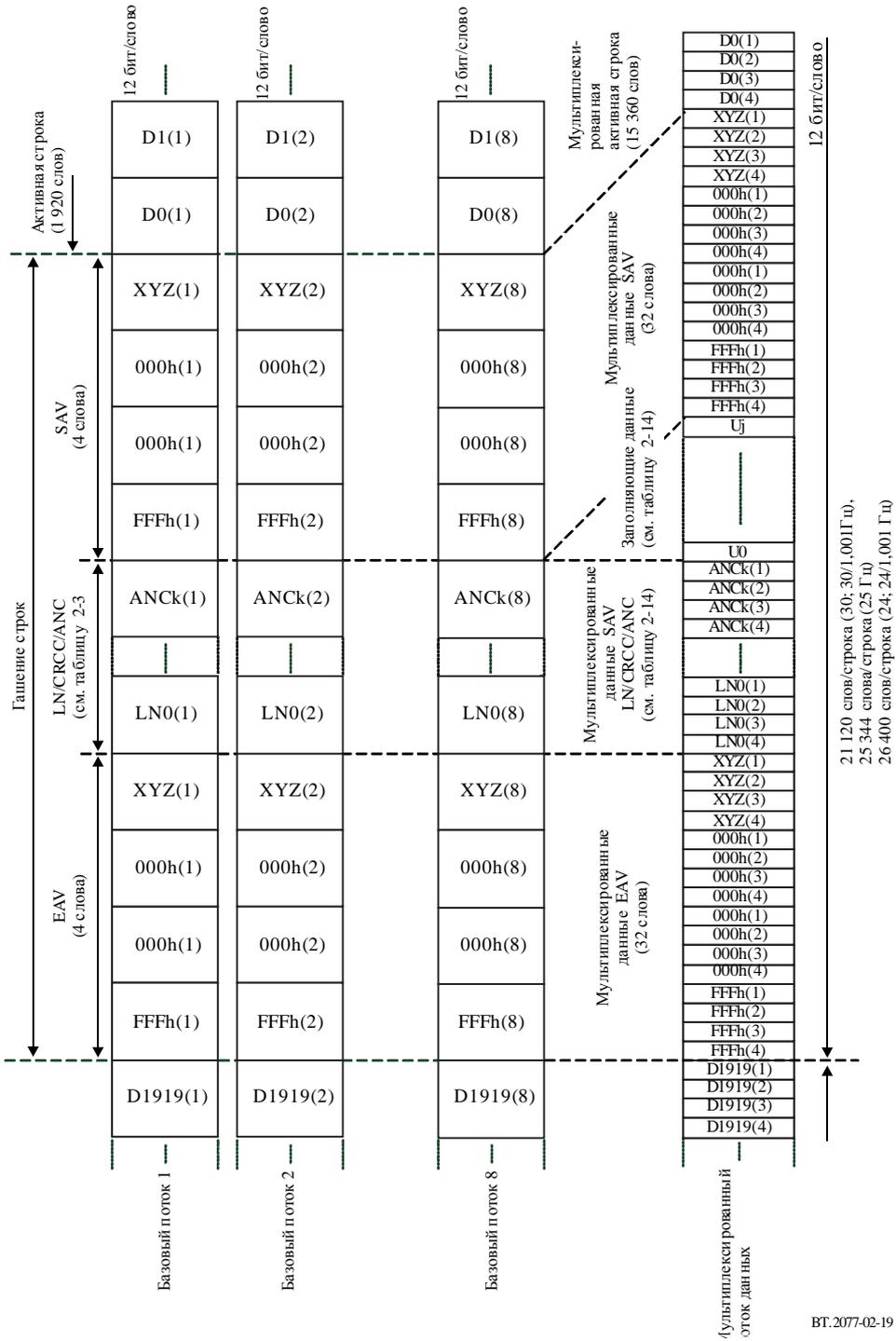


ТАБЛИЦА 2-14

**Структура строк мультимплексированного потока данных 30 Гц, 30/1,001 Гц,
25 Гц, 24 Гц или 24/1,001 Гц**

Элемент	Количество слов данных		
	Частота кадров 30 или 30/1,001 Гц	Частота кадров 25 Гц	Частота кадров 24 или 24/1,001 Гц
Мультимплексированные данные EAV	32		
Мультимплексированные данные LN/CRCC/ANC	2 176	5 696	6 576
Заполняющие данные	3 520	4 224	4 400
Мультимплексированные данные SAV	32		
Мультимплексированные данные активного видеосигнала	15 360		
Общее количество слов данных в строке	21 120	25 344	26 400

Затем поток мультимплексированных по словам данных кодируется по схеме 8В/10В, как указано в стандарте ANSI INCITS 230.

Мультимплексированный поток данных, состоящий из 12-битовых слов, сначала преобразуется в последовательность байтов, а затем кодируется по схеме 8В/10В. Преобразование в последовательность байтов выполняется по порядку для каждых двух слов с начала активных данных D0(8) таким же образом, как это показано на рисунке 2-15. При кодировании по схеме 8В/10В первые четыре байта мультимплексированных данных SAV и EAV преобразуются в блок синхронизации, как показано на рисунке 2-20. Первые два слова мультимплексированных данных SAV заменяются специальными символами K28.5, те же слова мультимплексированных данных EAV заменяются специальными символами K29.7, определенными в ANSI INCITS 230, а последующие два слова заменяются идентификаторами контента. Распределение битов идентификатора контента указано в таблицах 2-11 и 2-12. Процесс кодирования по схеме 8В/10В начинается с первого специального символа K28.5 с отрицательным динамическим разбалансом. Во всех последующих строках процесс кодирования по схеме 8В/10В осуществляется в соответствии с существующим динамическим разбалансом.

При кодировании по схеме 8В/10В два 12-битовых слова данных преобразуются в три 10-битовых слова. Поток мультимплексированных по словам данных содержит 31 680 слов (10 бит/слово) на строку при частоте кадров 30 Гц и 30/1,001 Гц, 38 016 слов (10 бит/слово) на строку при частоте кадров 25 Гц и 39 600 слов (10 бит/слово) на строку при частоте кадров 24 и 24/1,001 Гц.

РИСУНОК 2-20

Замена мультимплексированных данных SAV и EAV блоком синхронизации (30, 30/1,001, 25, 24 или 24/1,001 Гц)



Данные, закодированные по схеме 8В/10В, преобразуются по порядку, начиная с LSB, в последовательный поток сигналов для передачи по линиям 10G. Скорость передачи сигналов по линии 10G, сформированных (как описано выше) для частоты кадров 30 Гц, равна $31\,680$ (слов/строка) $\times 10$ (бит/слово) $\times 1125$ (строк) $\times 30$ (1/с), или $10,692$ Гбит/с. Для частоты кадров $30/1,001$ Гц скорость передачи равна $31\,680$ (слов/строка) $\times 10$ (бит/слово) $\times 1125$ (строк) $\times 30/1,001$ (1/с), или $10,692/1,001$ Гбит/с. Для частоты кадров 25 Гц скорость передачи равна $38\,016$ (слов/строка) $\times 10$ (бит/слово) $\times 1125$ (строк) $\times 25$ (1/с), или $10,692$ Гбит/с. Для частоты кадров 24 Гц скорость передачи равна $39\,600$ (слов/строка) $\times 10$ (бит/слово) $\times 1125$ (строк) $\times 24$ (1/с), или $10,692$ Гбит/с. Для частоты кадров $24/1,001$ Гц скорость передачи равна $39\,600$ (слов/строка) $\times 10$ (бит/слово) $\times 1125$ (строк) $\times 24/1,001$ (1/с), или $10,692/1,001$ Гбит/с.

4.2 Преобразование 8К- или 4К-изображений в сигналы для передачи по линиям 10G

4.2.1 8К/ Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100$)

На рисунках 2-21 и 2-22 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 8К/ Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100$) в сигналы для передачи по линиям 10G:

- U2.1, U2.2 (8К/ Fr , G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U2.8, U2.9 (8К/ Fr , Y'C'BC'R, 4 : 4 : 4);
- U2.15, U2.16 (8К/ Fr , Y'C'BC'R, 4 : 2 : 2);
- U2.22, U2.23 (8К/ Fr , Y'C'BC'R, 4 : 2 : 0).

Выражение $Slp.q$ (p – это целое число, большее или равное 1 и меньшее или равное 4, q – это целое число, большее или равное 1 и меньшее или равное 3) означает 4К-субизображение p для цветовой компоненты Cq , формируемое путем деления 8К-изображений, и преобразуется, как показано на рисунке 2-8. Выражение $Uu.p.q$ (u – это целое число, большее или равное 1 и меньшее или равное 4) означает базовое изображение u , формируемое в результате дальнейшего деления $4Ks/Fr Slp.q$, и преобразуется, как показано на рисунке 2-9. Выражения $BS1/Fr$ и $BS2/Fr$ означают соответственно базовый поток 1 с частотой кадров Fr (Гц) и базовый поток 2 с частотой кадров Fr (Гц), как показано на рисунке 2-13. Для преобразования 8К/ Fr из двух базовых потоков Fr (Гц) формируется один сигнал для передачи по линиям 10G. Как показано на рисунке 2-7, из 8К-изображения со структурой отсчетов 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0 (тот и другой Y'C'BC'R) формируется меньше 4К-субизображений, чем из 8К-изображения со структурой дискретизации 4 : 4 : 4 (G'B'R' или Y'C'BC'R). На рисунке 2-21 4К-субизображения, обозначенные *1, могут быть сформированы со структурой 4 : 4 : 4 и 4 : 2 : 2, а 4К-субизображения *2 – только со структурой 4 : 4 : 4.

РИСУНОК 2-21

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 8K/Fr (Fr = 120, 120/1,001, 100) со структурой 4 : 4 : 4 (G B R ' или Y C 'bC 'r) или 4 : 2 : 2 (Y C 'bC 'r)

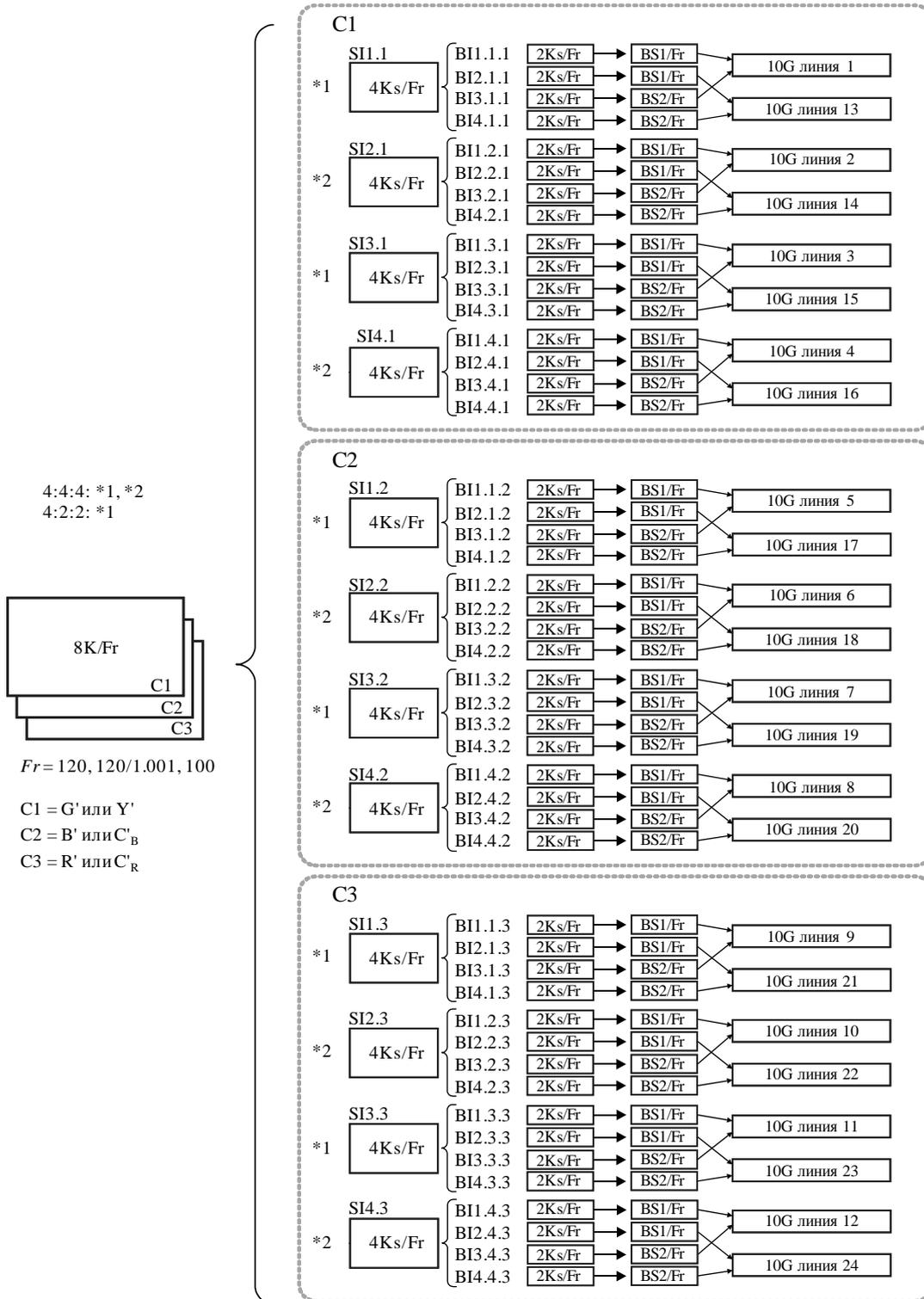
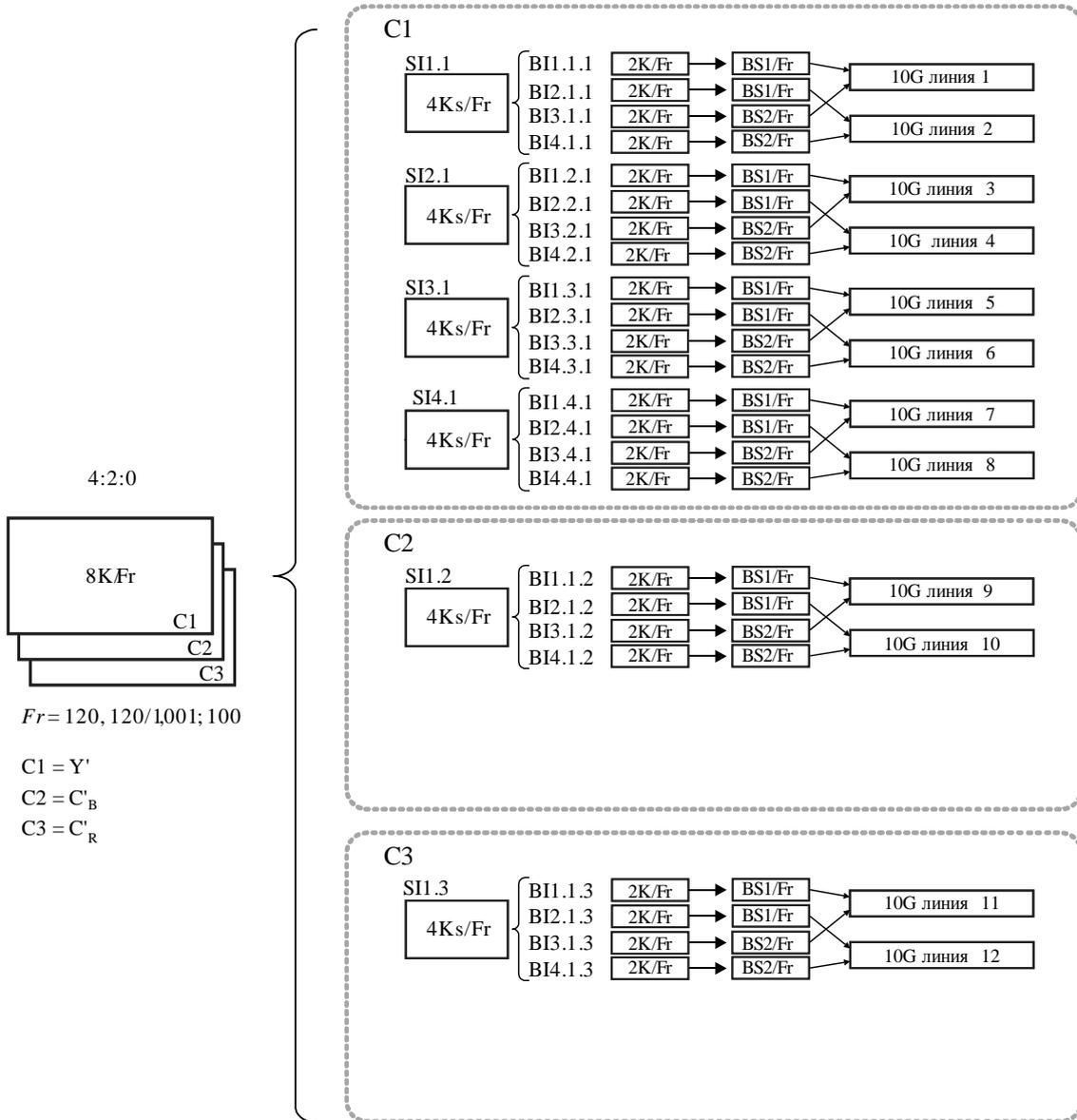


РИСУНОК 2-22

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 8K/*Fr* (*Fr* = 120, 120/1,001, 100) со структурой 4 : 2 : 0 (Y'C'B'C'R)



4.2.2 8K/Fr (Fr = 60, 60/1,001, 50)

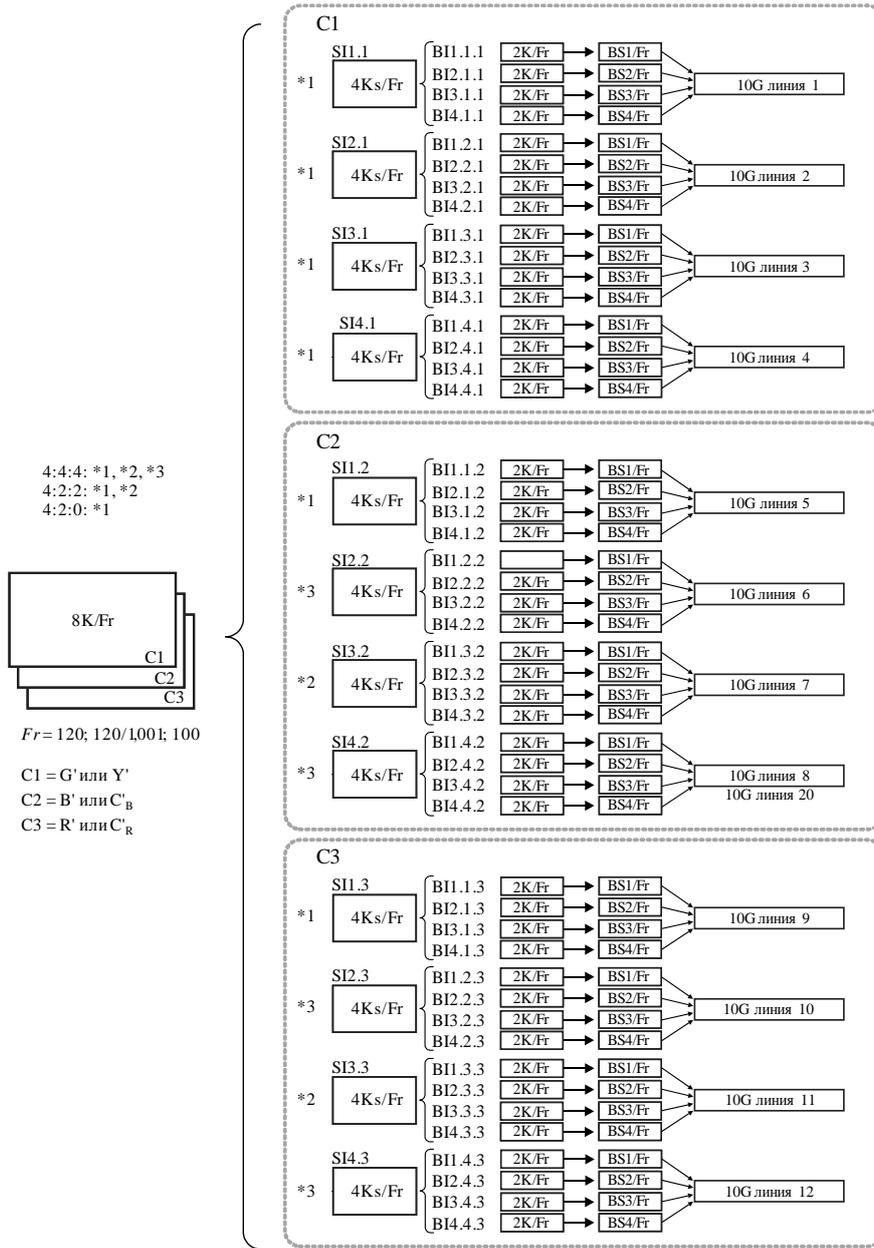
На рисунке 2-23 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 8K/Fr ($Fr = 60, 60/1,001, 50$) в сигналы для передачи по линиям 10G:

- U2.3, U2.4 (8K/Fr, G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U2.10, U2.11 (8K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 4 : 4);
- U2.17, U2.18 (8K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 2 : 2);
- U2.24, U2.25 (8K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 2 : 0).

Выражения Sp.r.q и Vu.p.q определены в пункте 4.2.1. Выражения BS1/Fr–BS4/Fr означают соответственно базовые потоки 1–4 с частотой кадров Fr (Гц), показанные на рисунке 2-17. Для 8K-преобразования формируется один сигнал для передачи по линиям 10G для каждого четырех базовых потоков. На рисунке 2-23 сигналы для передачи по линиям 10G, обозначенные как *1, формируются с полной структурой дискредитации 8K, сигналы *2 – только со структурами 4 : 4 : 4 и 4 : 2 : 2, а сигналы *3 – только со структурой 4 : 4 : 4.

РИСУНОК 2-23

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 8K/Fr (Fr= 60, 60/1,001, 50)



4.2.3 8K/*Fr* (*Fr* = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001)

На рисунке 2-24 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 8K/*Fr* (*Fr* = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001) в сигналы для передачи по линиям 10G:

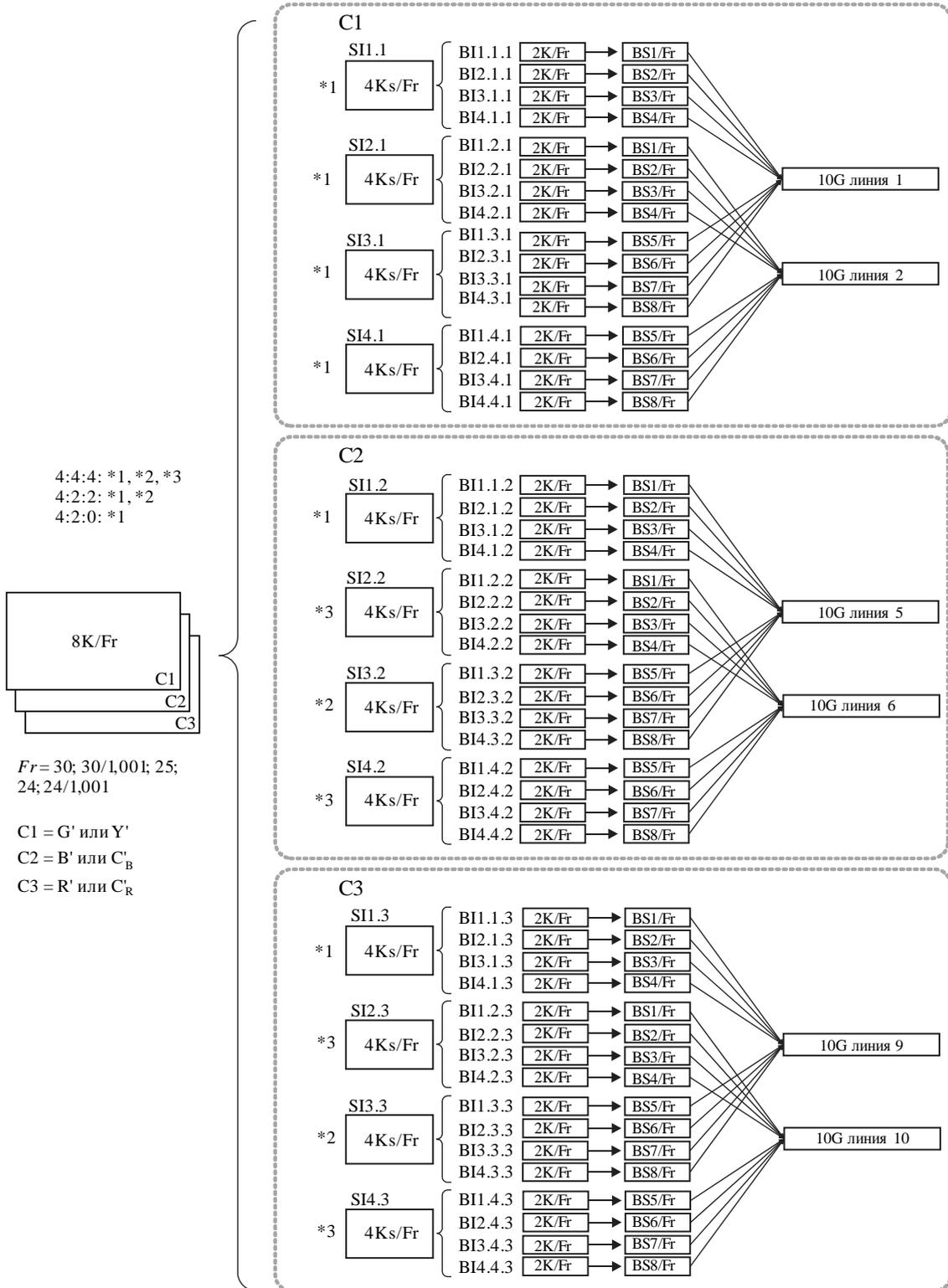
- U2.5, U2.6, U2.7 (8K/*Fr*, G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U2.12, U2.13, U2.14 (8K/*Fr*, Y'C_BC_R', 4 : 4 : 4);
- U2.19, U2.20, U2.21 (8K/*Fr*, Y'C_BC_R', 4 : 2 : 2);
- U2.26, U2.27, U2.28 (8K/*Fr*, Y'C_BC_R', 4 : 2 : 0).

Выражения Sp.q и Vu.p.q определены в пункте 4.2.1. Выражения BS1/*Fr*–BS8/*Fr* означают соответственно базовые потоки 1–8 с частотой кадров *Fr* (Гц), показанные на рисунке 2-19. Для преобразования 8K/*Fr* из каждого восьми базовых потоков формируется один сигнал для передачи по линиям 10G. На рисунке 2-24 4К-субизображения, обозначенные *1, формируются с полной структурой дискретизации 8К, субизображения *2 формируются только со структурами 4 : 4 : 4 и 4 : 2 : 2, а субизображения *3 формируются только со структурой 4 : 4 : 4.

В случае 4 : 2 : 0 4К-субизображения, обозначенные *2, не формируются, так что количество базовых потоков, формируемых из 4К-субизображений цветных компонент C_B' и C_R', обозначенных *1, меньше восьми. В этом случае базовые потоки создаются из базовых изображений, для которых 12-битовые данные полного отсчета составляют 800_h, и эти потоки преобразуются в BS5/*Fr*, BS6/*Fr*, BS7/*Fr* и BS8/*Fr* в целях формирования сигнала для передачи по линиям 10G.

РИСУНОК 2-24

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 8K/*Fr* (*Fr* = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001)



4.2.4 4K/Fr (Fr = 120, 120/1,001, 100)

На рисунке 2-25 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 4K/Fr (Fr = 120, 120/1,001, 100) в сигналы для передачи по линиям 10G:

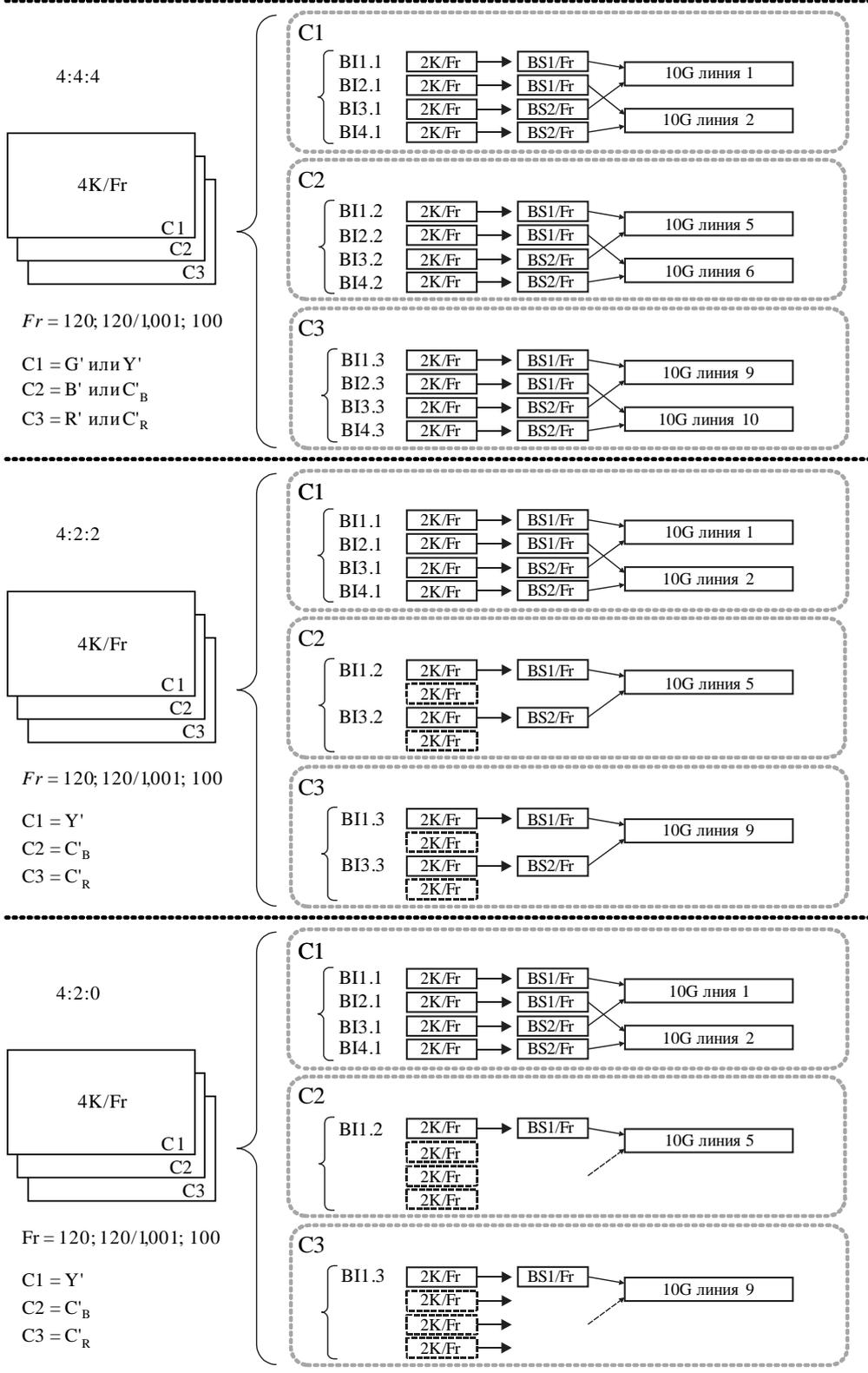
- U1.1, U1.2 (4K/Fr, G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U1.8, U1.9 (4K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 4 : 4);
- U1.15, U1.16 (4K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 2 : 2);
- U1.22, U1.23 (4K/Fr, Y'C'B'C'R, 4 : 2 : 0).

Выражение $Bu.q$ (u – это целое число, большее или равное 1 и меньшее или равное 4, q – это целое число, большее или равное 1 и меньшее или равное 3) означает базовое изображение u для цветовой компоненты Cq , формируемое путем деления 4K-изображений, и преобразуется, как показано на рисунке 2-9. Выражения $BS1/Fr$ и $BS2/Fr$ означают базовые потоки 1 и 2 с частотой кадров Fr (Гц), определенные на рисунке 2-13. Для преобразования 4K/Fr формируется один сигнал для передачи по линиям 10G для каждого двух базовых потоков Fr (Гц).

В случае 4 : 2 : 0 из каждой цветовой компоненты C_B и C_R 4K-изображения формируется менее двух базовых потоков Fr (Гц). В этом случае базовый поток Fr (Гц) создается из базовых изображений, для которых 12-битовое значение полного отсчета составляет 800_h , и этот поток, обозначаемый $BS2/Fr$, участвует в формировании сигнала для передачи по линиям 10G.

РИСУНОК 2-25

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 4K/Fr (Fr = 120, 120/1,001, 100)



4.2.5 4K/Fr (Fr = 60, 60/1,001, 50)

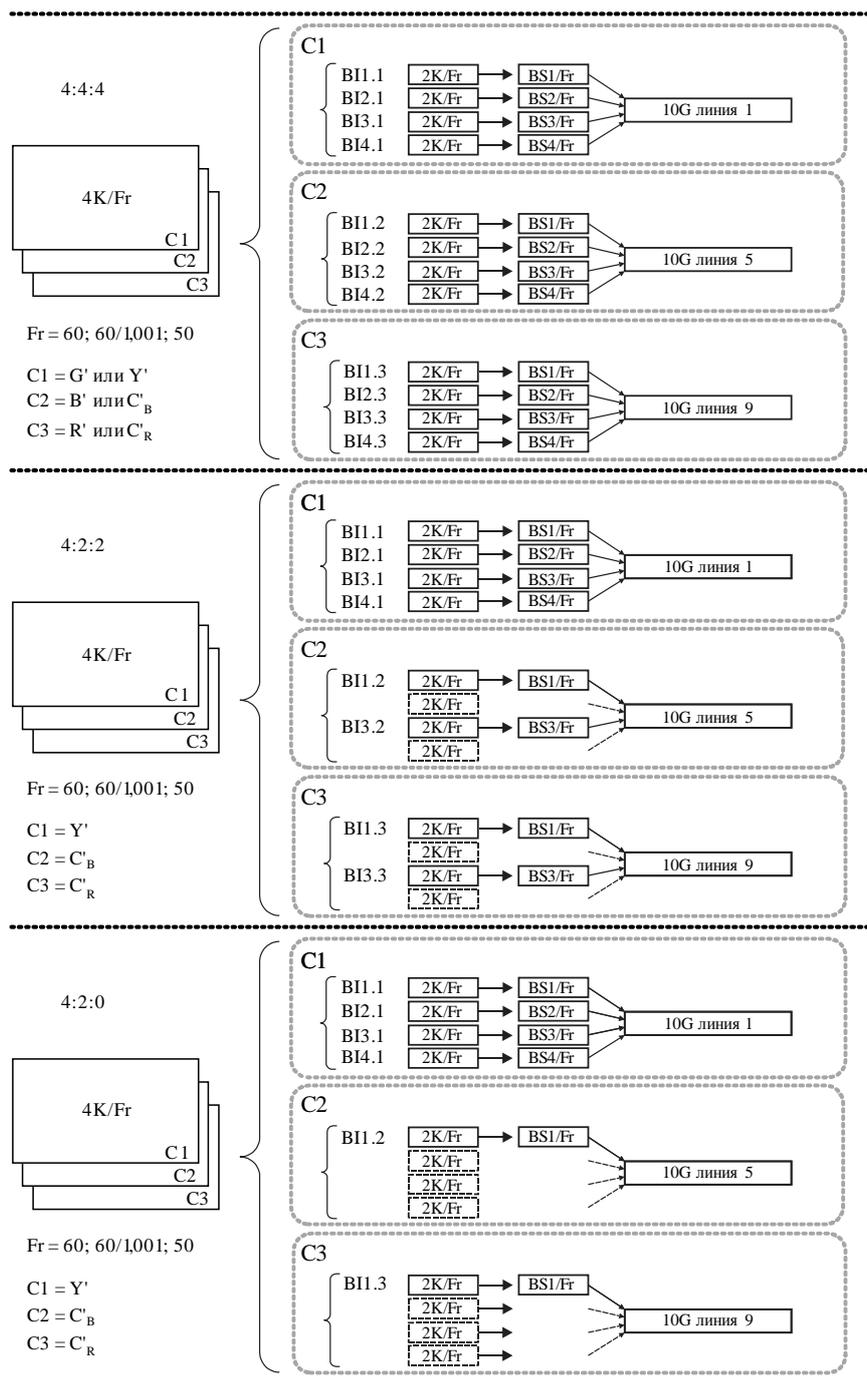
На рисунке 2-26 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 4K/Fr ($Fr = 60, 60/1,001, 50$) в сигналы для передачи по линиям 10G:

- U1.3, U1.4 (4K/Fr, G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U1.10, U1.11 (4K/Fr, Y'C_BC_R', 4 : 4 : 4);
- U1.17, U1.18 (4K/Fr, Y'C_BC_R', 4 : 2 : 2);
- U1.24, U1.25 (4K/Fr, Y'C_BC_R', 4 : 2 : 0).

Выражение $V_{i,q}$ определено в пункте 4.2.4. Выражения BS1/Fr–BS4/Fr означают соответственно базовые потоки 1–4 с частотой кадров Fr (Гц), показанные на рисунке 2-17. Для 4K-преобразования из каждых четырех базовых потоков формируется один сигнал для передачи по линиям 10G.

В случаях 4 : 2 : 2 и 4 : 2 : 0 из цветowych компонент C_B и C_R 4K-изображений образуется менее четырех базовых потоков, поэтому базовые потоки формируются из тех базовых изображений, для которых 12-битовое значение полного отсчета составляет 800_h; эти потоки обозначаются BS2/Fr и BS4/Fr для структуры дискретизации 4 : 2 : 2 и BS2/Fr, BS3/Fr и BS4/Fr для структуры 4 : 2 : 0 и участвуют в формировании сигнала для передачи по линиям 10G.

РИСУНОК 2-26

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 4K/ Fr ($Fr = 60, 60/1,001, 50$)

ВТ.2077-02-26

4.2.6 4K/ Fr ($Fr = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)

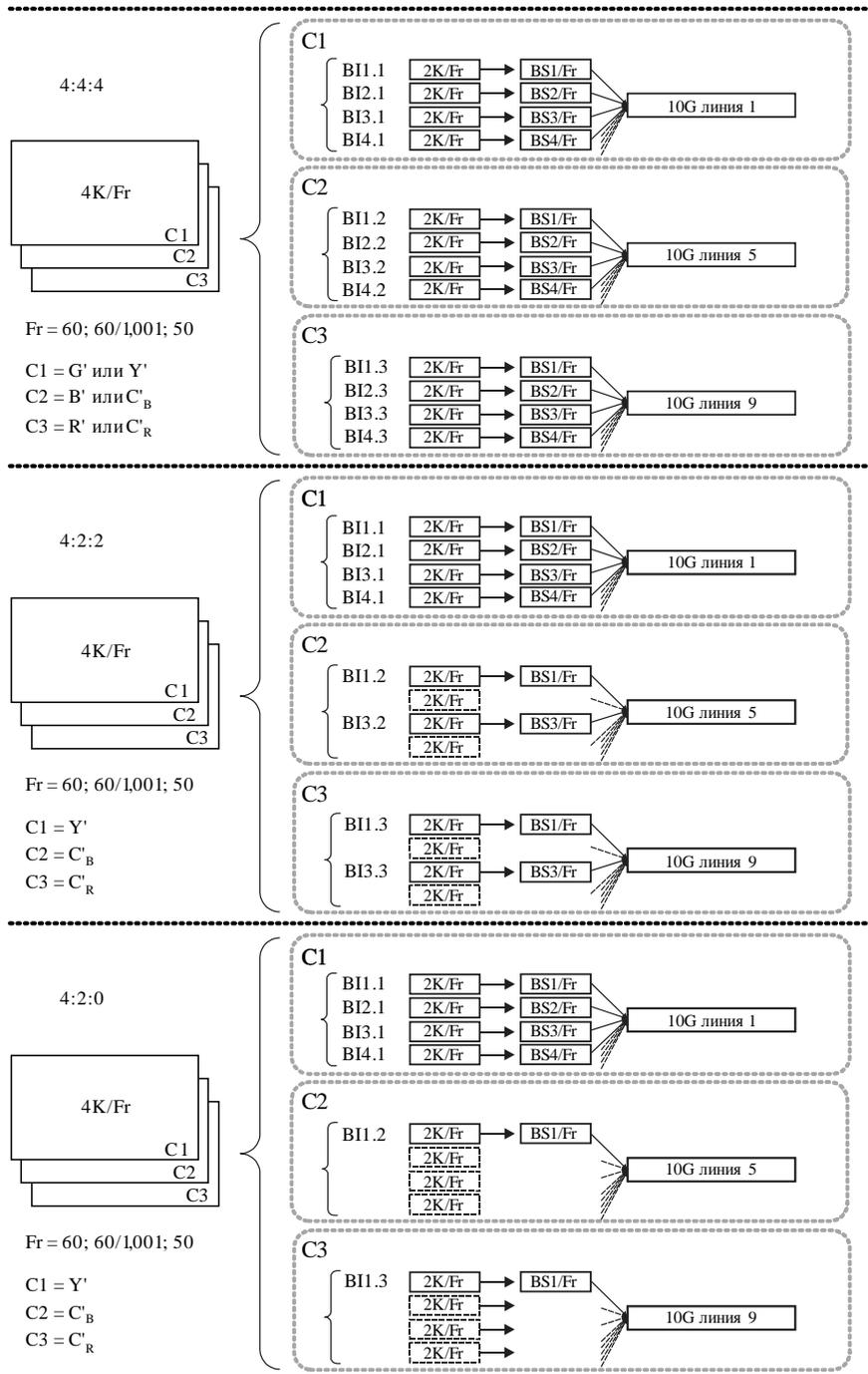
На рисунке 2-27 иллюстрируется процесс преобразования перечисленных ниже изображений 4K/ Fr ($Fr = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$) в сигналы для передачи по линиям 10G:

- U1.5, U1.6, U1.7 (4K/ Fr , G'B'R', 4 : 4 : 4);
- U1.12, U1.13, U1.14 (4K/ Fr , Y'C'_B C'_R, 4 : 4 : 4);
- U1.19, U1.20, U1.21 (4K/ Fr , Y'C'_B C'_R, 4 : 2 : 2);
- U1.26, U1.27, U1.28 (4K/ Fr , Y'C'_B C'_R, 4 : 2 : 0).

Выражение $B_{i,j}$ определено в пункте 4.2.4. Выражения $BS1/Fr$ – $BS4/Fr$ означают соответственно базовые потоки 1–4 с частотой кадров Fr (Гц), показанные на рисунке 2-19. Из каждого восьми базовых потоков формируется один сигнал для передачи по линиям 10G, но из соответствующих цветковых компонент 4K формируется менее восьми базовых потоков, поэтому базовые потоки формируются из тех базовых изображений, для которых значение 12-битовых данных полного отсчета составляет 100_h для цветковых компонент Y' , G' , B' и R' или 800_h для цветковых компонент C'_B и C'_R и относится к необозначенным базовым потокам на рисунке 2-27, участвуя в формировании сигнала для передачи по линиям 10G.

РИСУНОК 2-27

Преобразование для передачи по линиям 10G изображений 4K/ Fr ($Fr = 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)



5 Физический уровень

Для соединений малой дальности может использоваться передача по многомодовому волокну, описанная в пункте 5.1. Для соединений большой дальности может использоваться передача по одномодовому волокну с плотным мультиплексированием с разделением каналов по длине волны (DWDM), описанная в пункте 5.2. Спецификации многомодового и одномодового волокна должны быть такими, как указано соответственно в МЭК 60793-2-10 и МЭК 60793-2-50.

5.1 Спецификация физического уровня для передачи по многомодовому волокну

5.1.1 Характеристики оптического передатчика

Характеристики оптического передатчика каждой линии 10G приведены в таблице 2-15. На рисунке 2-28 нормализованные амплитуды 0 и 1 соответствуют амплитудам логического НУЛЯ и логической ЕДИНИЦЫ. Они определяются как среднее из нижней и верхней половины центральной части глазковой диаграммы размером 0,2 единичного интервала. Единичный интервал (UI) – это период одного цикла тактового цикла сигнала на линии 10G. Глазковая диаграмма измеряется относительно глазковой маски с помощью приемника с характеристикой Бесселя-Томсона четвертого порядка при затухании 3 дБ на частоте $0,75 \times 10,692 \text{ ГГц} = 8 \text{ ГГц}$.

ТАБЛИЦА 2-15

Характеристики оптического передатчика

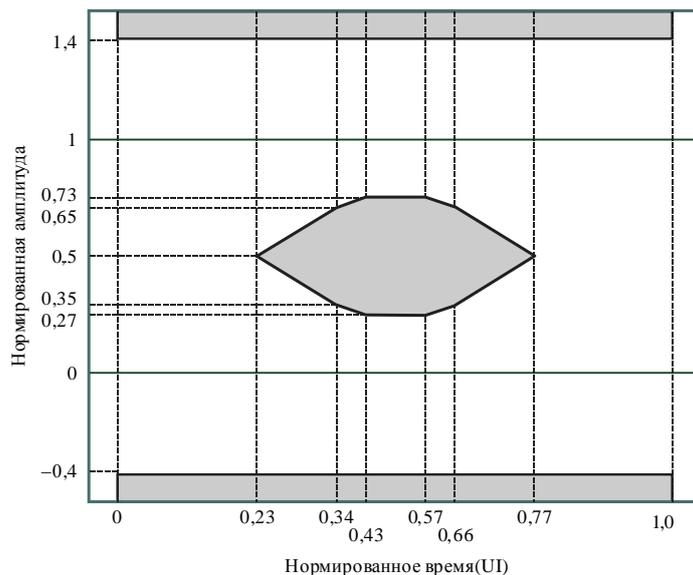
Оптическая длина волны	840–860 нм
Среднеквадратичное значение спектральной ширины (макс.) (Примечание 1)	0,65 нм
Скорость передачи сигнала	10,692 Гбод ± 10 ppm или 10,692/1,001 Гбод ± 10 ppm
Средняя выходная мощность (макс.) (Примечание 2)	+2,4 дБм
Средняя выходная мощность (мин.) (Примечание 2)	-7,6 дБм
Коэффициент экстинкции (не менее)	3 дБ
Максимальная отражаемая мощность	-12 дБ
Выходная оптическая глазковая маска (Примечание 3)	См. рисунок 2-28
Дрожание	См. пункт 5.1.3
Электрическая оптическая передаточная функция	Логическая 1 – высокая оптическая мощность Логический 0 – низкая оптическая мощность

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Среднеквадратичное значение спектральной ширины представляет собой стандартную девиацию спектра.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Мощность представляет собой среднюю мощность, измеренную с помощью ваттметра для отсчета средних показаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для проверки соответствия оптической выходной глазковой маски передатчика рекомендуется использовать тысячу накопленных периодов сигнала.

РИСУНОК 2-28

Выходная оптическая глазковая маска передатчика

ВТ.2077-02-28

5.1.2 Характеристики оптического приемника

Характеристики приемника каждой линии 10G приведены в таблице 2-16. В пределах входного диапазона приемника должен быть достигнут показатель BER $< 10^{-12}$ с тестовыми сигналами цветковых полос или с эталонным значением PRBS-31 (при тестировании различных компонент системы с помощью BER-тестеров). Рекомендуется показатель BER $< 10^{-14}$. Для проверки условия BER $< 10^{-12}$ при использовании испытательного оборудования на основе BER рекомендуется измерение в течение пяти минут.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Генератор эталонного значения PRBS-31 определен в IEEE 802.3ae-2002.

ТАБЛИЦА 2-16

Характеристики оптического приемника

Средняя мощность приема (макс.) (Примечание 1)	+2,4 дБм
Средняя мощность приема (мин.) (Примечание 1)	-9,5 дБм
Порог повреждения детектора (мин.)	+3,4 дБм
Дрожание	См. пункт 5.1.3
Оптическая электрическая передаточная функция	Высокая оптическая мощность – логическая 1 Низкая оптическая мощность – логический 0

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Мощность представляет собой среднюю мощность, измеренную с помощью ваттметра для отсчета средних показаний.

5.1.3 Спецификации дрожания

Спецификации дрожания приведены в таблице 2-17. Дрожание определяется как отклонение переходов цифрового сигнала от их идеального положения во времени и указывается в виде пиковых величин в единичных интервалах (UI). Наклон частотной характеристики фазового дрожания и дрожания стробирования должен составлять не менее 20 дБ/декада. Уровень подавления в полосе задержки должен составлять не менее 20 дБ. Неравномерности полосы пропускания должны быть менее ± 1 дБ.

ТАБЛИЦА 2-17

Спецификации дрожания

Параметр	Значение	Описание
$F1$	10 Гц	Предел низкочастотной характеристики
$F2$	20 кГц	Верхняя граница диапазона для A1
$F3$	4 МГц	Нижняя граница диапазона для A2
$F4$	$> 1/10$ тактовой частоты	Предел высокочастотной характеристики
A1	10 UI	Фазовое дрожание Амплитуда синусоидального дрожания должна быть менее $2 \times 10^5 / f + 0,1$ UI при $20 \text{ кГц} < f \leq 4 \text{ МГц}$
A2	0,15 UI	Дрожание стробирования Амплитуда синусоидального дрожания должна быть менее 0,15 UI при $f > 4 \text{ МГц}$
Критерий погрешности	$BER = 10^{-12}$	Критерий возникновения ошибок
Испытательный сигнал	PRBS-31 или цветовая полоса	Скорость передачи данных PRBS-31 должна составлять 10,692 Гбит/с или 10,692/1,001 Гбит/с

ПРИМЕЧАНИЕ. – Определения терминов, относящихся к дрожанию, см. в МСЭ-R ВТ.1363-1.

5.1.4 Разность синхронизации

Разность синхронизации между сигналами в линии 10G не должна превышать 400 нс.

5.1.5 Оптический соединитель

Характеристики оптического соединителя приведены в таблице 2-18. Розетка соединителя со стороны оборудования показана на рисунке 2-29, а ее размеры приведены в таблице 2-19. Геометрическое расположение 24 волокон в розетке соединителя должно соответствовать IEC 61754-7.

ТАБЛИЦА 2-18

Характеристики оптического соединителя

Количество волокон	24
Тип волокон	Многомодовое волокно
Потеря связи	Менее 0,75 дБ
Количество циклов вставки/извлечения	Более 5000
Равновесная растягивающая нагрузка соединителей	250 N
Другие требования	Стопорный механизм Пылезащитная конструкция

РИСУНОК 2-29

Розетка соединителя со стороны оборудования

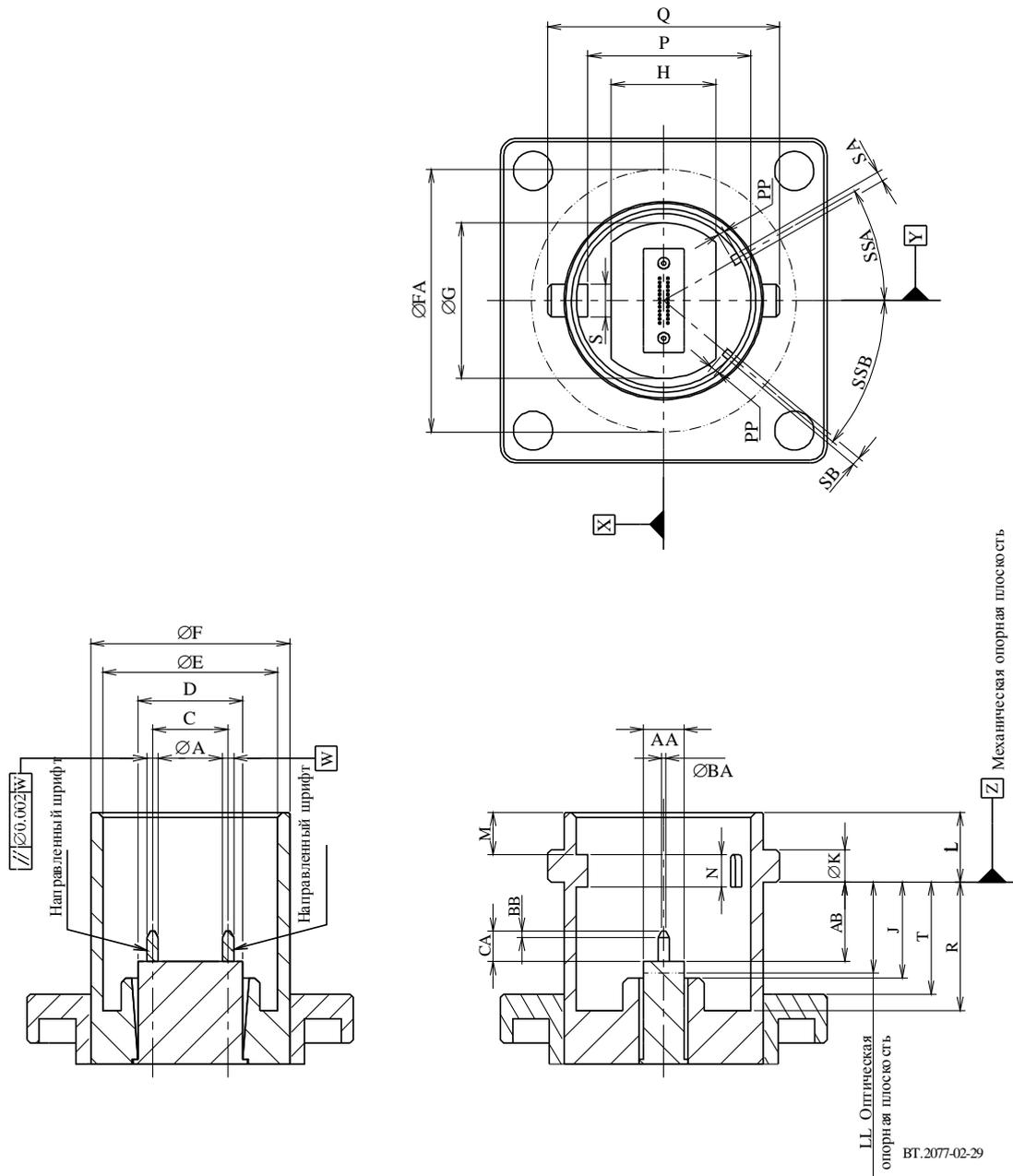


ТАБЛИЦА 2-19

Размеры розетки соединителя со стороны оборудования

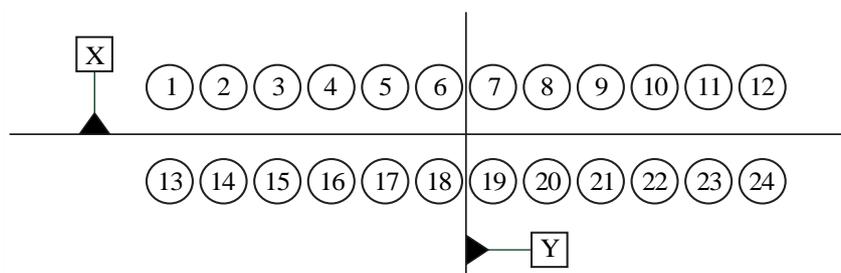
Обозначение	Размеры	
	Минимальный	Максимальный
A	0,697 мм	0,699 мм
C	4,597 мм	4,603 мм
D	6,3 мм	6,5 мм
E	10,7 мм	10,8 мм
F	12,2 мм	12,4 мм
G	–	9,6 мм
H	–	6,4 мм
J	5,7 мм	–
K	1,8 мм	2,2 мм
L	4,3 мм	4,5 мм
M	1,7 мм	4,0 мм
N	1,0 мм	–
P	9,9 мм	10,1 мм
Q	14,2 мм	14,36 мм
R	9,7 мм	–
S	1,95 мм	2,0 мм
T	6,7 мм	–
AA	2,4 мм	2,5 мм
AB	4,7 мм	5,1 мм
BA	0 мм	0,4 мм
BB	0,2 мм	0,5 мм
CA	1,6 мм	3,3 мм
FA	16,2 мм	–
SA	–	0,6 мм
SB	–	0,5 мм
PP	–	0,45 мм
SSA	29°	31°
SSB	39°	41°

5.1.6 Распределение сигналов в линии 10G в розетке соединителя

Распределение сигналов в линии 10G в выходной розетке соединителя показано на рисунке 2-30, а во входной розетке – на рисунке 2-31. Каждый номер на рисунках 2-30 и 2-31 соответствует номеру сигнала в линии 10G. Символы X и Y на рисунках 2-30 и 2-31 соответствуют символам X и Y на рисунке 2-29.

РИСУНОК 2-30

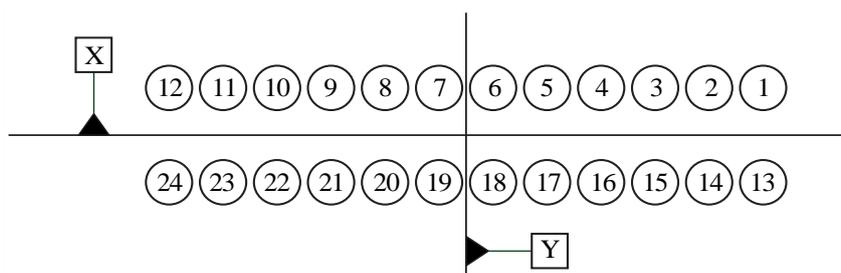
Распределение сигналов в линии 10G в выходной розетке соединителя со стороны оборудования



ВТ.2077-02-30

РИСУНОК 2-31

Распределение сигналов в линии 10G во входной розетке соединителя со стороны оборудования



ВТ.2077-02-31

5.2 Спецификация физического уровня для передачи по одномодовому волокну

5.2.1 Характеристики оптического передатчика

Характеристики оптического передатчика каждой линии 10G должны быть такими, как указано в таблице 2-20. Значения номинальной центральной частоты и приблизительные значения номинальной центральной длины волны должны быть такими, как указано в таблице 2-21. На рисунке 2-32 нормализованные амплитуды 0 и 1 представляют собой соответственно амплитуды сигналов логического НУЛЯ и логической ЕДИНИЦЫ. Они определяются как нижняя и верхняя половины центральной части индикаторной диаграммы размером 0,2 единичного интервала. Единичный интервал (UI) – это период одного цикла тактового сигнала линии 10G. Индикаторная диаграмма измеряется относительно индикаторной маски с помощью приемника с характеристикой Бесселя-Томсона четвертого порядка при номинальном затухании 3 дБ на опорной частоте $0,75 \times 10,692 \text{ ГГц} = 8 \text{ ГГц}$.

ТАБЛИЦА 2-20

Характеристики оптического передатчика

Оптическая длина волны	См. таблицу 2-21
Точность длины волны	± 100 пм
Спектральная ширина при -20 дБ (не более)	1 нм
Скорость передачи сигнала	10,692 Гбод ± 10 ppm или 10,692/1,001 Гбод ± 10 ppm
Средняя пусковая мощность (не более) (Примечание 1)	+4 дБм
Средняя пусковая мощность (не менее) (Примечание 1)	-1 дБм
Коэффициент гашения (не менее)	8,2 дБ
Максимальная отражаемая мощность	-21 дБ
Выходная оптическая индикаторная маска (Примечание 2)	См. рисунок 2-32
Дрожание	См. пункт 5.2.3
Электрооптическая передаточная функция	Логическая "1" = высокая оптическая мощность Логический "0" = низкая оптическая мощность

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Мощность представляет собой среднюю мощность, измеренную с помощью измерительного прибора для отсчета средних показаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для проверки соответствия оптической выходной индикаторной маски передатчика рекомендуется использовать тысячу накопленных периодов сигнала.

ТАБЛИЦА 2-21

Номинальные значения центральной частоты и приблизительные номинальные значения центральной длины волны

Номер линии 10 G	Номинальная центральная частота	Приблизительное значение номинальной центральной длины волны
1	192,5 ТГц	1 557,36 нм
2	192,6 ТГц	1 556,55 нм
3	192,7 ТГц	1 555,75 нм
4	192,8 ТГц	1 554,94 нм
5	192,9 ТГц	1 554,13 нм
6	193,0 ТГц	1 553,33 нм
7	193,1 ТГц	1 552,52 нм
8	193,2 ТГц	1 551,72 нм
9	193,3 ТГц	1 550,92 нм
10	193,4 ТГц	1 550,12 нм
11	193,5 ТГц	1 549,32 нм
12	193,6 ТГц	1 548,51 нм
13	193,7 ТГц	1 547,72 нм
14	193,8 ТГц	1 546,92 нм
15	193,9 ТГц	1 546,12 нм

ТАБЛИЦА 2-21 (окончание)

Номер линии 10 G	Номинальная центральная частота	Приблизительное значение номинальной центральной длины волны
16	194,0 ТГц	1 545,32 нм
17	194,1 ТГц	1 544,53 нм
18	194,2 ТГц	1 543,73 нм
19	194,3 ТГц	1 542,94 нм
20	194,4 ТГц	1 542,14 нм
21	194,5 ТГц	1 541,35 нм
22	194,6 ТГц	1 540,56 нм
23	194,7 ТГц	1 539,77 нм
24	194,8 ТГц	1 538,98 нм

РИСУНОК 2-32



ВТ.2077-02-32

5.2.2 Характеристики оптического приемника

Характеристики оптического приемника каждой линии 10G должны быть такими, как указано в таблице 2-22. В пределах входного диапазона приемника должно быть достигнуто значение КОБ $< 10^{-12}$ при использовании контрольных сигналов в виде цветных полос или таблицы PRBS-31 (при тестировании компонентов системы с помощью КОБ-тестеров). Рекомендуется значение КОБ $< 10^{-14}$. Для проверки условия КОБ $< 10^{-12}$ с использованием испытательного оборудования на основе КОБ рекомендуется проводить измерение в течение пяти минут.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Генератор таблицы PRBS-31 определен в IEEE 802.3ae-2002.

ТАБЛИЦА 2-22

Характеристики оптического приемника

Средняя мощность приема (не более) (Примечание 1)	-1 дБм
Средняя мощность приема (не менее) (Примечание 1)	-15,5 дБм
Порог повреждения детектора (не менее)	+4 дБм
Дрожание	См. пуб 5.2.3
Оптоэлектрическая передаточная функция	Высокая оптическая мощность = логическая "1" Низкая оптическая мощность = логический "0"

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Мощность представляет собой среднюю мощность, измеренную с помощью измерительного прибора для отсчета средних показаний.

5.2.3 Характеристики фазового дрожания

Спецификации дрожания должны быть такими же, как в пункте 5.1.3.

5.2.4 Несовпадение синхронизации

Разность синхронизации сигналов в линии 10G должна быть такой же, как в пункте 5.1.4.

5.2.5 Оптический соединитель

Должен использоваться симплексный оптический соединитель SC/PC, определенный в документе МЭК 61754-4.

ЧАСТЬ 3

1 Определение терминов

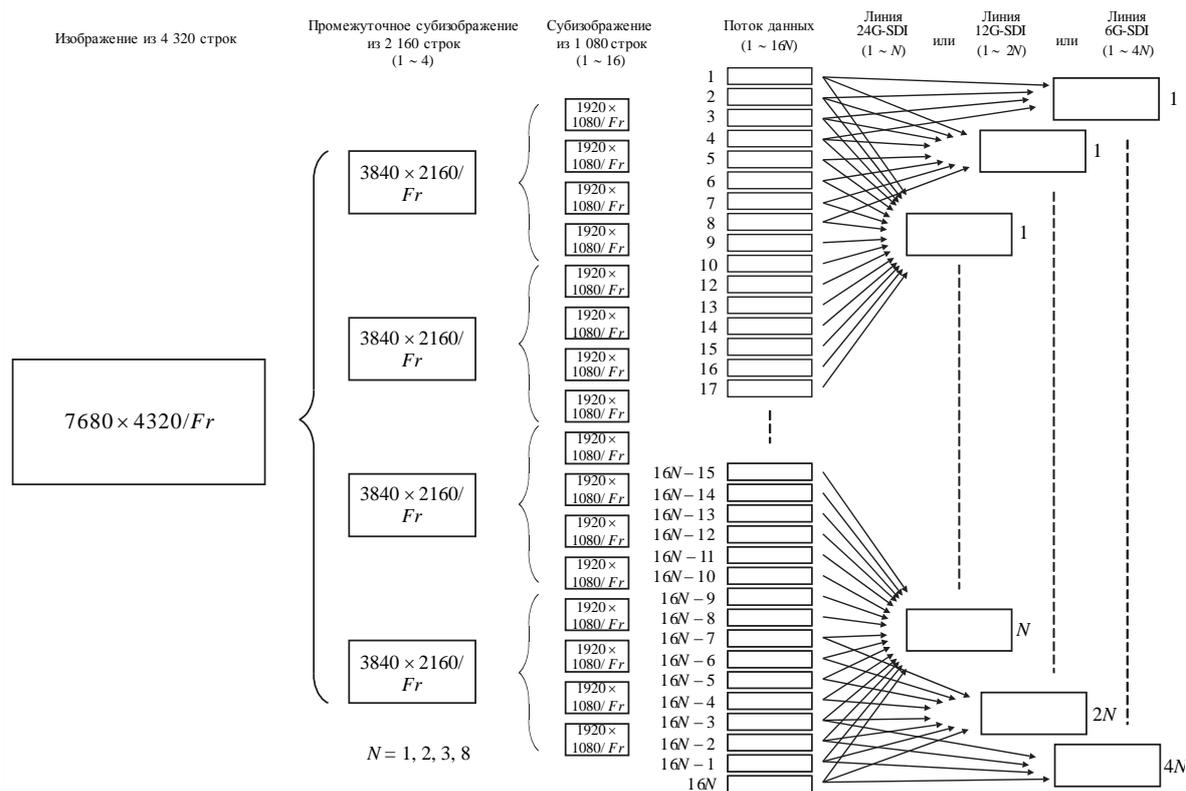
Изображение из 4320 строк	Изображение формата 7680×4320 пикселей, указанное для системы ТСВЧ
Изображение из 2160 строк	Изображение формата 3840×2160 пикселей, указанное для системы ТСВЧ
Промежуточное субизображение из 2160 строк	Изображение формата 3840×2160 пикселей, полученное путем субдискретизации изображения из 4320 строк
Субизображение из 1080 строк	Изображение формата 1920×1080 строк, полученное путем субдискретизации изображения из 2160 строк или промежуточного субизображения из 2160 строк. Каждое субизображение из 1080 строк передается в N потоках данных, где $N = 1, 2, 4$ или 8 в зависимости от структуры изображения и частоты кадров
$4320/Fr$	Изображение из 4320 строк с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
$2160/Fr$	Изображение или промежуточное субизображение из 2160 строк с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
$1080/Fr$	Субизображение из 1080 строк с частотой кадров Fr ($Fr = 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001$)
Структура изображения	Структура отсчетов видеосигнала исходного изображения (структура изображения – $4 : 2 : 2$ 10 битов, $4 : 2 : 0$ 10 битов, $4 : 4 : 4 : 4$ R'G'B' + A 10 битов, $4 : 4 : 4 : 4$ Y'C'B'C _R + A 10 битов, $4 : 4 : 4$ R'G'B' 12 битов, $4 : 4 : 4$ Y'C'B'C _R 12 битов, $4 : 2 : 2 : 4$ Y'C'B'C _R + A 12 битов)
Поток данных	Мультиплексированный поток данных из 10-битовых слов с тактовой частотой 148,5 МГц или 148,5/1,001 МГц, состоящий из кода опорного синхросигнала EAV (конец активного видеосигнала), номера строки (LN), кода обнаружения ошибок CRCC (циклический код проверки избыточности), вспомогательных данных или данных гашения, кода опорного синхросигнала SAV (начало активного видеосигнала) и видеоданных. Каждое субизображение из 1080 строк передается в N потоках данных, где $N = 1, 2, 4$ или 8 в зависимости от структуры изображения и частоты кадров
Активная строка	Слова данных отсчетов видеосигнала в потоке данных, составляющие одну строку видеоданных
Активный кадр	1080 строк, в которые включены все активные строки
Интервал гашения кадра	Строки между активным кадром и следующим активным кадром

2 Обзор процесса преобразования ТСВЧ в многоканальные сигналы 6G-SDI, 12G-SDI и 24G-SDI**2.1 Преобразование изображений из 4320 строк**

Рисунок 3-1 иллюстрирует преобразование изображений из 4320 строк в один или несколько сигналов для передачи по линиям 6G, 12G или 24G.

РИСУНОК 3-1

Схема преобразования изображений из 4320 строк с частотой кадров 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 24 или 24/1,001 Гц



ВТ.2077-03-01

Исходное изображение из 4320 строк разделяется на четыре промежуточных субизображения из 2160 строк, каждое из которых затем разделяется на шестнадцать субизображений из 1080 строк.

Эти шестнадцать субизображений из 1080 строк преобразуются в $16N$ потоков данных, каждые четыре из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 6G, так что образуется $4N$ сигналов линии 6G, или каждые восемь из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 12G, так что образуется $2N$ сигналов линии 12G, или каждые шестнадцать из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 24G, так что образуется N сигналов линии 24G.

В таблице 3-1 указано количество потоков данных, необходимых для каждого формата исходного изображения из 4320 строк, а также необходимое для их передачи количество линий 6G, 12G или 24G.

ТАБЛИЦА 3-1

Форматы изображения из 4320 строк

Структура исходного изображения из 4320 строк	Количество субизображений из 1080 строк	Частота кадров (Гц)	Структура субизображения из 1080 строк	Количество потоков данных на одно субизображение из 1080 строк (N)	Количество потоков данных	Количество линий 6G	Количество линий 12G	Количество линий 24G
4 : 2 : 2 Y'C'B'C'R 10 бит 4 : 2 : 0 Y'C'B'C'R 10 бит	16	120, 120/1,001	1	4	64	– ¹	– ¹	4
		100	1	4	64	– ¹	– ¹	4
		60, 60/1,001	1	2	32	– ¹	4	2
		50	1	2	32	– ¹	4	2
		30, 30/1,001	1	1	16	4	2	1
		25	1	1	16	4	2	1
4 : 4 : 4 R'G'B'(+A) 10 бит 4 : 4 : 4 Y'C'B'C'R(+A) 10 бит	16	120, 120/1,001	II	8	128	– ¹	– ¹	8
		100	II	8	128	– ¹	– ¹	8
		60, 60/1,001	II	4	64	– ¹	– ¹	4
		50	II	4	64	– ¹	– ¹	4
		30, 30/1,001	2	2	32	– ¹	4	2
		25	2	2	32	– ¹	4	2
4 : 4 : 4 R'G'B' 12 бит 4 : 4 : 4 Y'C'B'C'R 12 бит	16	120, 120/1,001	III	8	128	– ¹	– ¹	8
		100	III	8	128	– ¹	– ¹	8
		60, 60/1,001	III	4	64	– ¹	8	4
		50	III	4	64	– ¹	8	4
		30, 30/1,001	3	2	32	– ¹	4	2
		25	3	2	32	– ¹	4	2
4 : 2 : 2 : 4 Y'C'B'C'R(+A) 12 бит	16	120, 120/1,001	IV	8	128	– ¹	– ¹	8
		100	IV	8	128	– ¹	– ¹	8
		60, 60/1,001	IV	4	64	– ¹	– ¹	4
		50	IV	4	64	– ¹	– ¹	4
		30, 30/1,001	4	2	32	– ¹	4	2
		25	4	2	32	– ¹	4	2
4 : 2 : 2 : 4 Y'C'B'C'R(+A) 12 бит	16	120, 120/1,001	IV	8	128	– ¹	– ¹	8
		100	IV	8	128	– ¹	– ¹	8
		60, 60/1,001	IV	4	64	– ¹	– ¹	4
		50	IV	4	64	– ¹	– ¹	4
		30, 30/1,001	4	2	32	– ¹	4	2
		25	4	2	32	– ¹	4	2

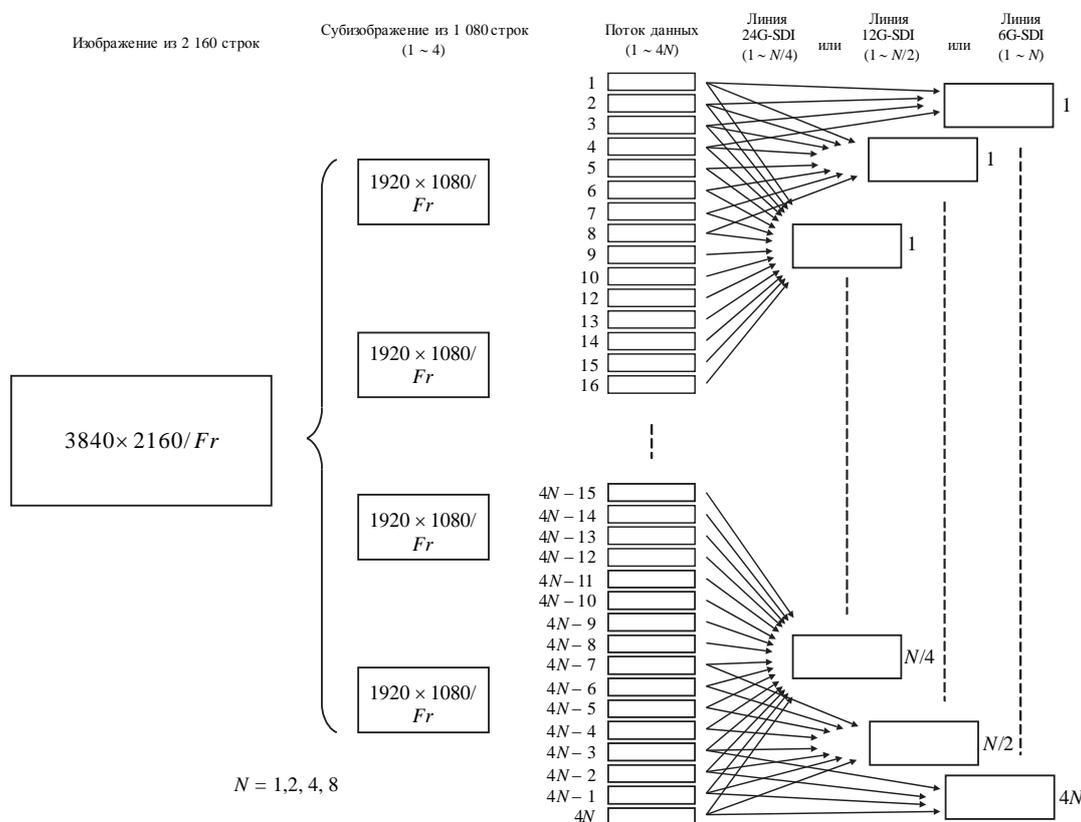
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Каждой частоте кадров и каждой структуре изображения соответствует полезная видеонагрузка. Для каждой видеонагрузки имеется возможность гибкого выбора интерфейса. Например, полезную видеонагрузку 10-битового изображения 4 : 2 : 2 с частотой 25 Гц можно передавать через интерфейс из четырех линий 6G, двух линий 12G или одной линии 24G. Если в столбцах не указано необходимое число линий, то интерфейс не подходит для этой конкретной структуры изображения, и в качестве альтернативы следует выбрать другой поддерживающий выбранный формат изображения. Например, 10-битовое изображение 4 : 2 : 2 с частотой 60 Гц можно передавать с помощью интерфейса из четырех линий 12G или двух линий 24G, однако подходящий интерфейс из линий 6G отсутствует.

2.2 Преобразование изображений из 2160 строк с частотой кадров 120, 120/1,001, 100, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 24 или 24/1,001 Гц

Рисунок 3-2 иллюстрирует преобразование изображений из 2160 строк в один или несколько сигналов для передачи по линиям 6G, 12G или 24G.

РИСУНОК 3-2

Схема преобразования изображений из 2160 строк



ВТ.2077-03-02

Исходное видеоизображение из 2160 строк разделяется на четыре субизображения из 1080 строк. Эти четыре субизображения из 1080 строк преобразуются в $4N$ потоков данных, каждые четыре из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 6G, так что образуется N сигналов линии 6G, или каждые восемь из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 12G, так что образуются $N/2$ сигналов линии 12G, или каждые шестнадцать из которых объединяются в один сигнал для передачи по линии 24G, так что образуется $N/4$ сигналов линии 24G.

ТАБЛИЦА 3-2

Форматы изображения из 2160 строк

Структура исходного изображения из 2160 строк	Количество субизображений из 1080 строк	Частота кадров (Гц)	Структура субизображения из 1080 строк	Количество потоков данных на одно субизображение из 1080 строк (N)	Количество потоков данных	Количество линий 6G	Количество линий 12G	Количество линий 24G
4 : 2 : 2 Y'C'B'C'R 10 бит или 4 : 2 : 0 Y'C'B'C'R 10 бит	4	120, 120/1,001	1	4	16	4	2	1
		100	1	4	16	4	2	1
		60, 60/1,001	1	2	8	2	1	1 ²
		50	1	2	8	2	1	1 ²
		30, 30/1,001	1	1	4	1	- ²	1 ²
		25	1	1	4	1	- ²	1 ²
24, 24/1,001	1	1	1	4	1	- ²	1 ²	
4 : 4 : 4 R'G'B' (+A) 10 бит или 4 : 4 : 4 Y'C'B'C'R(+A) 10 бит	4	120, 120/1,001	II	8	32	- ¹	4	2
		100 ⁴	II	8	32	- ¹	4	2
		60, 60/1,001	II	4	16	4	2	1
		50	II	4	16	4	2	1
		30, 30/1,001	2	2	8	2	1	1 ²
		25	2	2	8	2	1	1 ²
24, 24/1,001	2	2	2	8	2	1	1 ²	
4 : 4 : 4 R'G'B' 12 бит или 4 : 4 : 4 Y'C'B'C'R 12 бит	4	120, 120/1,001	III	8	32	- ¹	4	2
		100	III	8	32	- ¹	4	2
		60, 60/1,001	III	4	32	4	2	1
		50	III	4	32	4	2	1
		30, 30/1,001	3	2	32	2	1	1 ²
		25	3	2	32	2	1	1 ²
24, 24/1,001	3	2	2	32	2	1	1 ²	
4 : 2 : 2 : 4 Y'C'B'C'R(+A) 12 бит	4	120, 120/1,001	IV	8	32	- ¹	4	2
		100	IV	8	32	- ¹	4	2
		60, 60/1,001	IV	4	32	4	2	1
		50	IV	4	32	4	2	1
		30, 30/1,001	4	2	32	2	1	1 ²
		25	4	2	32	2	1	1 ²
24, 24/1,001	4	2	2	32	2	1	1 ²	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Каждой частоте кадров и каждой структуре изображения соответствует полезная видеонагрузка. Для каждой видеонагрузки имеется возможность гибкого выбора интерфейса. Например, полезную нагрузку 12-битового изображения 4 : 4 : 4 с частотой 60 Гц можно передавать по интерфейсу из четырех линий 6G, двух линий 12G или одной линии 24G. Если в столбцах не указано необходимое количество линий, то данный интерфейс не подходит для этой конкретной структуры изображения, и в качестве альтернативы следует выбрать другой поддерживающий выбранный формат изображения. Например, 12-битовое изображение 4 : 4 : 4 с частотой 120 Гц можно передавать по интерфейсу из четырех линий 12G или двух линий 24G, однако подходящий интерфейс из линий 6G отсутствует.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В некоторых случаях максимальная пропускная способность интерфейса превышает требуемую для данного видеоизображения. Например, 10-битовое изображение 4 : 2 : 2 с частотой кадров 50 Гц можно передавать по интерфейсу из одной линии 12G, и скорость передачи данных интерфейса 24G не требуется. В этом случае сигнал 12G будет передаваться по инфраструктуре 24G со скоростью 12G. Аналогично сигнал 6G будет передаваться по инфраструктуре 12G или 24G со скоростью 6G.

ПРИМЕЧАНИЕ (информативное) – Выбор интерфейса

Когда имеется выбор интерфейсов для конкретного формата изображения, то такой выбор можно сделать исходя из доступной инфраструктуры. Выбор инфраструктуры можно сделать с учетом экономических и эксплуатационных факторов, включая другие форматы изображений, которые нужно передавать с использованием той же инфраструктуры, и максимальную длину кабеля, как указано в таблице 1 настоящей Рекомендации.

Инфраструктура 6G поддерживает все форматы изображений из 2160 строк, за исключением форматов 100–120 Гц, включая форматы 4 : 4 : 4 10 битов или 12 битов, с использованием одно-, двух- или четырехканальных интерфейсов. Поддержка форматов изображений из 4320 строк ограничивается форматами 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0 10 битов с частотой кадров до 30 Гц.

Инфраструктура 12G поддерживает все форматы изображений из 2160 строк и форматы изображений 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0 10 битов из 4320 строк с частотой кадров до 60 Гц с использованием одно-, двух- или четырехканальных интерфейсов.

Инфраструктура 24G поддерживает все форматы изображений из 2160 и 4320 строк с использованием одно-, двух-, четырех- или восьмиканальных интерфейсов.

Выбор инфраструктуры не исключает возможности взаимодействия с оборудованием или замены другим вариантом. Простое взаимодействие между разными вариантами инфраструктуры можно обеспечить с помощью переходных устройств, как описывается в Прилагаемом документе к части 3.

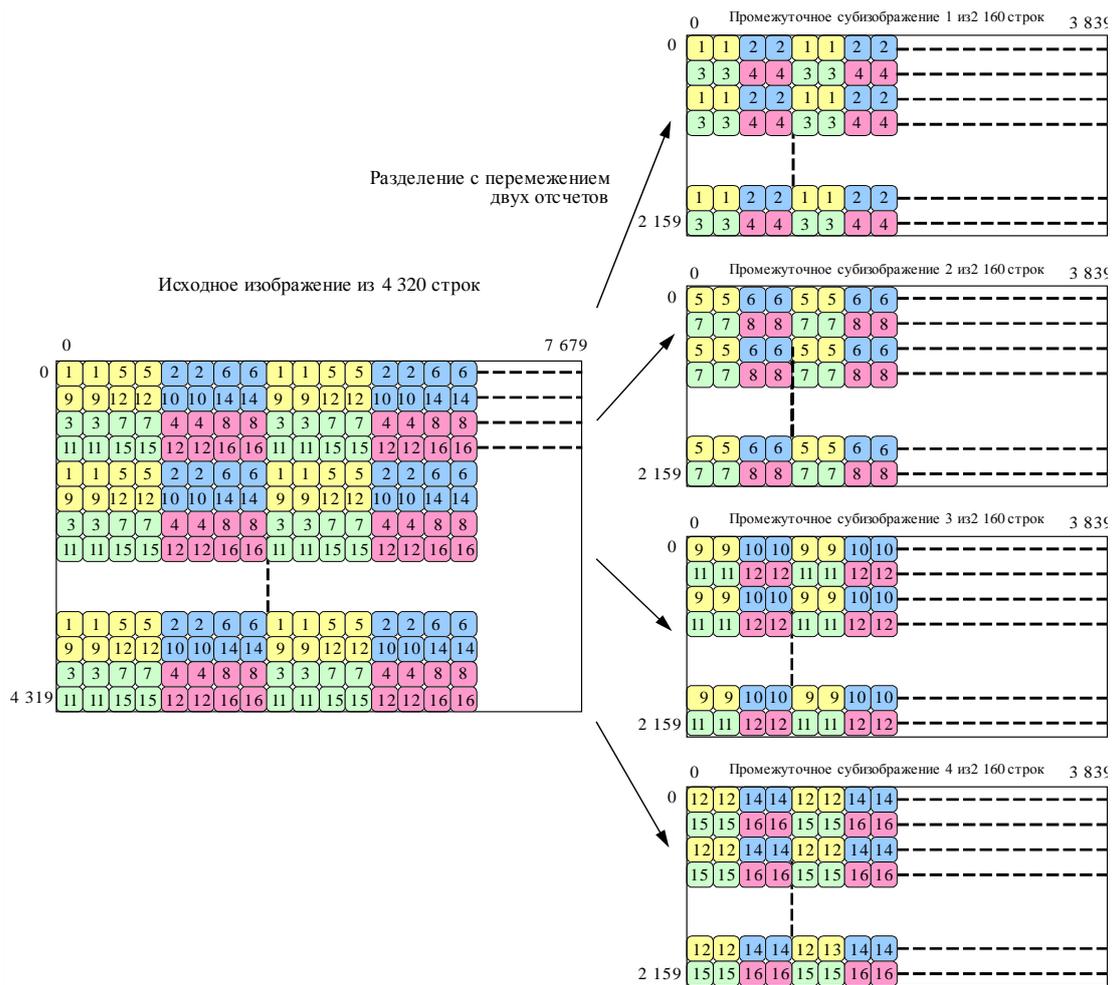
3 Разделение изображения на субизображения из 1080 строк**3.1 Разделение изображения из 4320 строк на промежуточные субизображения 4 × 2160 строк**

Для разделения исходного изображения из 4320 строк на четыре промежуточных субизображения по 2160 строк используется процесс разделения с перемежением двух отсчетов.

На рисунке 3-3 показан процесс разделения с перемежением двух отсчетов изображения из 4320 строк на четыре изображения по 2160 строк. Четные строки исходного изображения из 4320 строк разделяются на промежуточные субизображения 1 и 2 по 2160 строк в соответствии с двумя последовательными отсчетами по горизонтали, а нечетные – на промежуточные субизображения 3 и 4 по 2160 строк в соответствии с двумя последовательными отсчетами по горизонтали.

РИСУНОК 3-3

Разделение изображения из 4320 строк на изображения из 2160 строк с перемежением двух отсчетов



ВТ.2077-03-03

Промежуточные субизображения из 2160 строк имеют такую же структуру, что и у исходного изображения из 4320 строк, за исключением исходных изображений 4 : 2 : 0. В этом случае

- нулевым компонентам данных изображения системы 4 : 2 : 0 (отсчеты с четными номерами в строках с нечетными номерами неназначенных $C'_B C'_R$) в случае 10-битовой системы присваиваются значения 200_h ($512_{(10)}$), а в случае 12-битовой системы – 800_h ($2048_{(10)}$). Таким образом полученные промежуточные субизображения 1 и 2 имеют структуру изображения 4 : 2 : 2 со всеми компонентами C'_B и C'_R из исходного изображения, а промежуточные субизображения 3 и 4 – структуру изображения 4 : 2 : 2, в которой компонентам C'_B и C'_R присвоено значение 200_h в случае 10-битовой системы и 800_h в случае 12-битовой системы.

Подробнее см. в Прилагаемом документе 1 к части 3 "Разделение изображения по структуре".

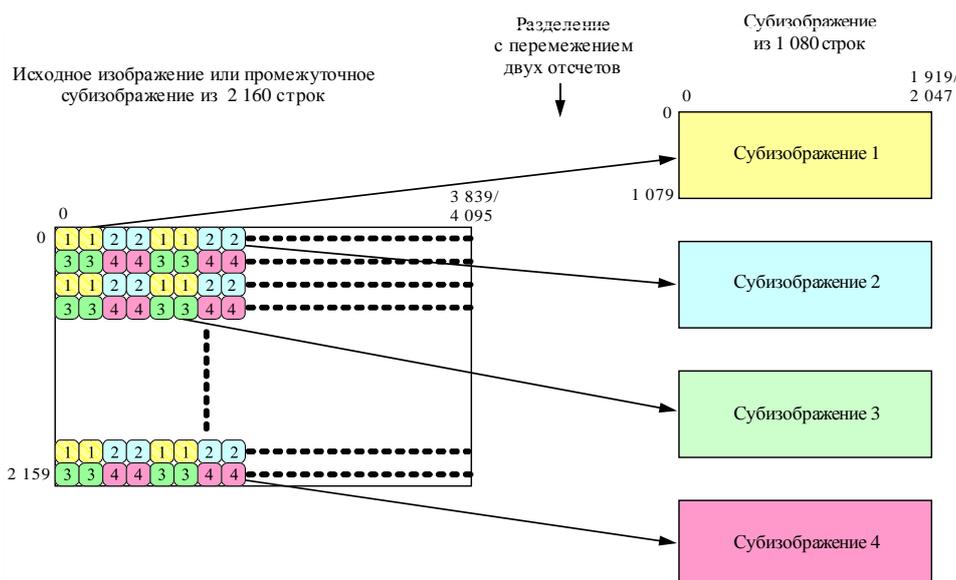
3.2 Разделение изображения из 2160 строк на промежуточные субизображения 4 × 1080 строк

Изображение из 2160 строк разделяется на четыре субизображения по 1080 строк с перемежением двух отсчетов.

На рисунке 3-4 показан процесс разделения с перемежением двух отсчетов изображения из 2160 строк на четыре изображения по 1080 строк. Четные строки изображения из 2160 строк разделяются на субизображения 1 и 2 по 1080 строк в соответствии с двумя последовательными отсчетами по горизонтали, а нечетные разделяются на субизображения 3 и 4 по 1080 строк в соответствии с двумя последовательными отсчетами по горизонтали.

РИСУНОК 3-4

Разделение изображения из 2160 строк на изображения из 1080 строк с перемежением двух отсчетов



ВТ.2077-03-04

Для исходных изображений из 4320 строк промежуточное субизображение 1 из 2160 строк разделяется на субизображения 1–4 по 1080 строк в каждом.

Аналогично промежуточное субизображение 2 из 2160 строк разделяется на субизображения 5–8 по 1080 строк в каждом.

Аналогично промежуточное субизображение 3 из 2160 строк разделяется на субизображения 9–12 по 1080 строк в каждом.

Аналогично промежуточное субизображение 4 из 2160 строк разделяется на субизображения 13–16 по 1080 строк в каждом.

Субизображения из 1080 строк имеют такую же структуру, что и у исходного изображения из 4320 строк или у исходного изображения из 2160 строк, за исключением исходных изображений 4 : 2 : 0. В этом случае:

- для промежуточных субизображений из 2160 строк, полученных из исходного изображения 4 : 2 : 0 из 4320 строк, компонентам C'_B и C'_R промежуточных субизображений 3 и 4 из 2160 строк присваивается значение 200_h ($512_{(10)}$) в случае 10-битовой системы и 800_h ($512_{(10)}$) в случае 12-битовой системы. Таким образом полученные субизображения 1–8 из 1080 строк имеют структуру изображения 4 : 2 : 2 со всеми компонентами C'_B и C'_R из исходного изображения, а субизображения 9–16 из 1080 строк имеют структуру изображения 4 : 2 : 2, в которой компонентам C'_B и C'_R присвоено значение 200_h в случае 10-битовой системы и 800_h в случае 12-битовой системы;
- для исходных изображений из 2160 строк нулевым компонентам данных изображения системы 4 : 2 : 0 (отсчеты с четными номерами в строках с нечетными номерами неназначенных $C'_B C'_R$) в случае 10-битовой системы присваиваются значения 200_h ($512_{(10)}$), а в случае 12-битовой системы – 800_h ($2048_{(10)}$). Таким образом полученные субизображения 1 и 2 из 1080 строк имеют структуру изображения 4 : 2 : 2 со всеми компонентами C'_B и C'_R из исходного изображения, а промежуточные субизображения 3 и 4 из 1080 строк имеют структуру изображения 4 : 2 : 2, в которой компонентам C'_B и C'_R присвоено значение 200_h в случае 10-битовой системы и 800_h в случае 12-битовой системы.

Подробнее см. в Прилагаемом документе 1 к части 3 "Разделение изображений по структуре изображения".

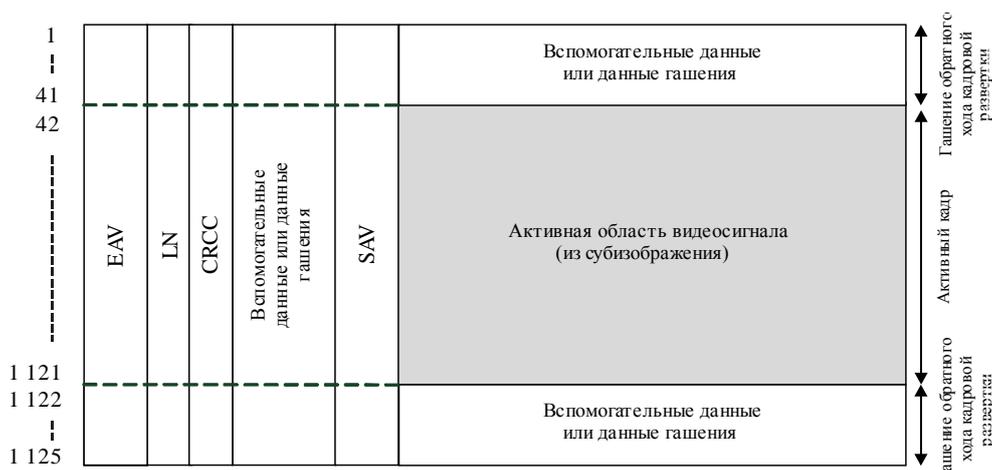
4 Поток данных

Структура кадра в потоке данных показана на рисунке 3-5, а нумерация слов в потоке данных для каждой строки приведена в таблице 3-4. Поток данных содержит активный кадр из 1080 строк и интервалы гашения кадров из 45 строк.

1080 строкам субизображения соответствуют строки потока данных 42–1121. Интервалу гашения кадра соответствуют строки 1–41 и 1122–1125. Интервал гашения кадра имеет структуру строк, приведенную в таблице 3-4, причем активная область строки выделена для вспомогательных данных или данных гашения.

РИСУНОК 3-5

Структура кадров в потоке данных



ВТ.2077-03-05

ТАБЛИЦА 3-3

Номер строк в потоке данных

Элемент	Номер строки
Интервал гашения кадра	1–41, 1 122–1 125
Активный кадр	42–1 121

ТАБЛИЦА 3-4

Номера слов в строках потока данных

Элемент	Символ		Номер слова					
			Частота кадров 120 или 120/1,001 Гц	Частота кадров 100 Гц	Частота кадров 60 или 60/1,001 Гц	Частота кадров 50 Гц	Частота кадров 30 или 30/1,001 Гц	Частота кадров 25 Гц
Активная строка (видеоданные)	D		0–959		0–1 919		0–3 839	
Код опорного синхросигнала (EAV)	EAV		960–963		1 920–1 923		3 840–3 843* ¹ 3 840–3 847* ²	
Данные номера строки	LN	LN0	964		1 924		3 844* ¹ 3 848–3 849* ²	
		LN1	965		1 925		3 845* ¹ 3 850–3 851* ²	
Циклические коды проверки избыточности	CRCC	CRCC0	966		1 926		3 846* ¹ 3 852–3 853* ²	
		CRCC1	967		1 927		3 847* ¹ 3 854–3 855* ²	
Вспомогательные данные или данные гашения	ANC		968–1 095		968–1 315 1 928–2 195		1 928–2 635 3 848–4 395* ¹ 3 856–4 391* ² 3 848–5 275* ¹ 3 856–5 271* ² 3 848–5 495* ¹ 3 856–5 491* ²	
Код опорного синхросигнала (SAV)	SAV		1 096–1 099		1 316–1 319 2 196–2 199		2 636–2 639 4 396–4 399* ¹ 4 392–4 399* ² 5 276–5 279* ¹ 5 272–5 279* ² 5 496–5 499* ¹ 5 492–5 499* ²	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для всех типов структуры изображения, за исключением структуры изображения 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для структуры изображения 1.

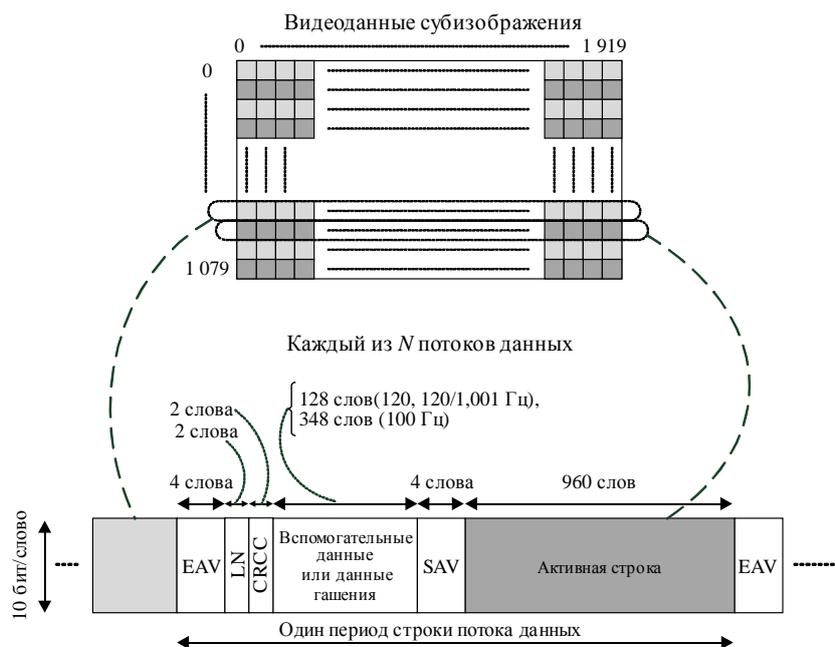
4.1 Изображения с частотой кадров 100 Гц, 120/1,001 Гц и 120 Гц

Каждое субизображение преобразуется в N потоков данных. В зависимости от структуры изображения N может быть равно 4 или 8.

В каждом потоке данных имеется активный видеоконтейнер размером 960×1080 слов с частотой кадров исходного изображения.

РИСУНОК 3-6

Структура строк каждого потока данных с частотой кадров 120 Гц, 120/1,001 Гц или 100 Гц



ВТ.2077-03-06

4.1.1 Преобразование субизображений в потоки данных

Структура изображения 1 – $Y'C'_B C'_R$ 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 4$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит нечетные отсчеты Y' :	$Y'1, Y'3, Y'5, Y'7 \dots$;
поток данных 2 содержит отсчеты C'_R :	$C'_R0, C'_R2, C'_R4 \dots$;
поток данных 3 содержит четные отсчеты Y' :	$Y'0, Y'2, Y'4, Y'6 \dots$;
поток данных 4 содержит отсчеты C'_B :	$C'_B0, C'_B2, C'_B4 \dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5–8.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–12.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13–16.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5

поток данных 17 содержит нечетные отсчеты Y' :	$Y'1, Y'3, Y'5, Y'7 \dots$;
поток данных 18 содержит отсчеты C'_R :	$C'_R0, C'_R2, C'_R4 \dots$;
поток данных 19 содержит четные отсчеты Y' :	$Y'0, Y'2, Y'4, Y'6 \dots$;
поток данных 20 содержит отсчеты C'_B :	$C'_B0, C'_B2, C'_B4 \dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 21–24.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–28.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29–32.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 33–36.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 37–40.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–44.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 45–48.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–52.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 53–56.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–60.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 61–64.

Структура изображения II – RGB 4 : 4 : 4 или 4 : 4 : 4 : 4, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 8$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит нечетные отсчеты G' :	$G'1, G'3, G'5\dots;$
поток данных 2 содержит четные отсчеты R' :	$R'0, R'2, R'4\dots;$
поток данных 3 содержит четные отсчеты G' :	$G'0, G'2, G'4\dots;$
поток данных 4 содержит четные отсчеты B' :	$B'0, B'2, B'4\dots;$
поток данных 5 содержит нечетные значения A :	$A1, A3, A5\dots;$
поток данных 6 содержит нечетные отсчеты R' :	$R'1, R'3, R'5\dots;$
поток данных 7 содержит четные значения A :	$A0, A2, A4\dots;$
поток данных 8 содержит нечетные отсчеты B' :	$B'1, B'3, B'5\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–16.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17–24.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–32.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 33 содержит нечетные отсчеты G' :	$G'1, G'3, G'5\dots;$
поток данных 34 содержит четные отсчеты R' :	$R'0, R'2, R'4\dots;$
поток данных 35 содержит четные отсчеты G' :	$G'0, G'2, G'4\dots;$
поток данных 36 содержит четные отсчеты B' :	$B'0, B'2, B'4\dots;$
поток данных 37 содержит нечетные значения A :	$A1, A3, A5\dots;$
поток данных 38 содержит нечетные отсчеты R' :	$R'1, R'3, R'5\dots;$
поток данных 39 содержит четные значения A :	$A0, A2, A4\dots;$
поток данных 40 содержит нечетные отсчеты B' :	$B'1, B'3, B'5\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–48.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–56.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–64.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 65–72.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 73–80.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 81–88.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 89–96.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 97–104.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 105–112.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 113–120.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 121–128.

Структура изображения III – R'G'B' 4 : 4 : 4, 12 битов

Для этой структуры изображения $N = 8$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит 10 MSB нечетных отсчетов G': G'5 : 2-11...;	G'1 : 2-11, G'3 : 2-11,
поток данных 2 содержит 10 MSB четных отсчетов R': R'4 : 2-11...;	R'0 : 2-11, R'2 : 2-11,
поток данных 3 содержит 10 MSB четных отсчетов G': G'4 : 2-11...;	G'0 : 2-11, G'2 : 2-11,
поток данных 4 содержит 10 MSB четных отсчетов B': B'4 : 2-11...;	B'0 : 2-11, B'2 : 2-11,
поток данных 5 содержит 2 LSB нечетных отсчетов R'G'B': R'G'B'5:0-1...;	R'G'B'1 : 0-1, R'G'B'3 : 0-1,
поток данных 6 содержит 10 MSB нечетных отсчетов R': R'5 : 2-11...;	R'1 : 2-11, R'3 : 2-11,
поток данных 7 содержит 2 LSB четных отсчетов R'G'B': R'G'B'4 : 0-1...;	R'G'B'0 : 0-1, R'G'B'2 : 0-1,
поток данных 8 содержит 10 MSB нечетных отсчетов B': B'5 : 2-11...;	B'1 : 2-11, B'3 : 2-11,

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–16.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17–24.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–32.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 33 содержит 10 MSB нечетных отсчетов G': G'5 : 2-11...;	G'1 : 2-11, G'3 : 2-11,
поток данных 34 содержит 10 MSB четных отсчетов R': R'4 : 2-11...;	R'0 : 2-11, R'2 : 2-11,
поток данных 35 содержит 10 MSB четных отсчетов G': G'4 : 2-11...;	G'0 : 2-11, G'2 : 2-11,
поток данных 36 содержит 10 MSB четных отсчетов B': B'4 : 2-11...;	B'0 : 2-11, B'2 : 2-11,
поток данных 37 содержит 2 LSB нечетных отсчетов R'G'B': R'G'B'5 : 0-1...;	R'G'B'1 : 0-1, R'G'B'3 : 0-1,
поток данных 38 содержит 10 MSB нечетных отсчетов R': R'5 : 2-11...;	R'1 : 2-11, R'3 : 2-11,
поток данных 39 содержит 2 LSB четных отсчетов R'G'B': R'G'B'4 : 0-1...;	R'G'B'0 : 0-1, R'G'B'2 : 0-1,
поток данных 40 содержит 10 MSB нечетных отсчетов B': B'5 : 2-11...;	B'1 : 2-11, B'3 : 2-11,

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–48.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–56.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–64.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 65–72.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 73–80.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 81–88.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 89–96.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 97–104.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 105–112.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 113–120.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 121–128.

Структура изображения IV – $Y'C'_B C'_R + A$ 4 : 2 : 2 : 4, 12 битов

Для этой структуры изображения $N = 8$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит 10 MSB нечетных отсчетов Y' : $Y'5 : 2-11\dots$;	$Y'1 : 2-11, Y'3 : 2-11,$
поток данных 2 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_R : $C'_R4 : 2-11\dots$;	$C'_R0 : 2-11, C'_R2 : 2-11,$
поток данных 3 содержит 10 MSB четных отсчетов Y' : $Y'4 : 2-11\dots$;	$Y'0 : 2-11, Y'2 : 2-11,$
поток данных 4 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_B : $C'_B4 : 2-11\dots$;	$C'_B0 : 2-11, C'_B2 : 2-11,$
поток данных 5 содержит 2 LSB нечетных отсчетов Y' : $Y'5 : 0-1\dots$;	$Y'1 : 0-1, Y'3 : 0-1,$
поток данных 6 содержит нечетные значения A :	$A1, A3, A5\dots$;
поток данных 7 содержит 2 LSB четных отсчетов $Y'C'_B C'_R$: $Y'C'_B C'_R2 : 0-1, Y'C'_B C'_R4 : 0-1\dots$;	$Y'C'_B C'_R0 : 0-1,$
поток данных 8 содержит четные значения A :	$A0, A2, A4\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–16.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17–24.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–32.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 33 содержит 10 MSB нечетных отсчетов Y' : $Y'5 : 2-11\dots$;	$Y'1 : 2-11, Y'3 : 2-11,$
поток данных 34 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_R : $C'_R4 : 2-11\dots$;	$C'_R0 : 2-11, C'_R2 : 2-11,$
поток данных 35 содержит 10 MSB четных отсчетов Y' : $Y'4 : 2-11\dots$;	$Y'0 : 2-11, Y'2 : 2-11,$
поток данных 36 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_B : $C'_B4 : 2-11\dots$;	$C'_B0 : 2-11, C'_B2 : 2-11,$
поток данных 37 содержит 2 LSB нечетных отсчетов Y' : $Y'5 : 0-1\dots$;	$Y'1 : 0-1, Y'3 : 0-1,$
поток данных 38 содержит нечетные значения A :	$A1, A3, A5\dots$;
поток данных 39 содержит 2 LSB четных отсчетов $Y'C'_B C'_R$: $Y'C'_B C'_R2 : 0-1, Y'C'_B C'_R4 : 0-1;$	$Y'C'_B C'_R0 : 0-1,$
поток данных 40 содержит четные значения A :	$A0, A2, A4\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–48.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–56.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–64.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 65–72.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 73–80.
 Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 81–88.
 Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 89–96.
 Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 97–104.
 Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 105–112.
 Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 113–120.
 Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 121–128.

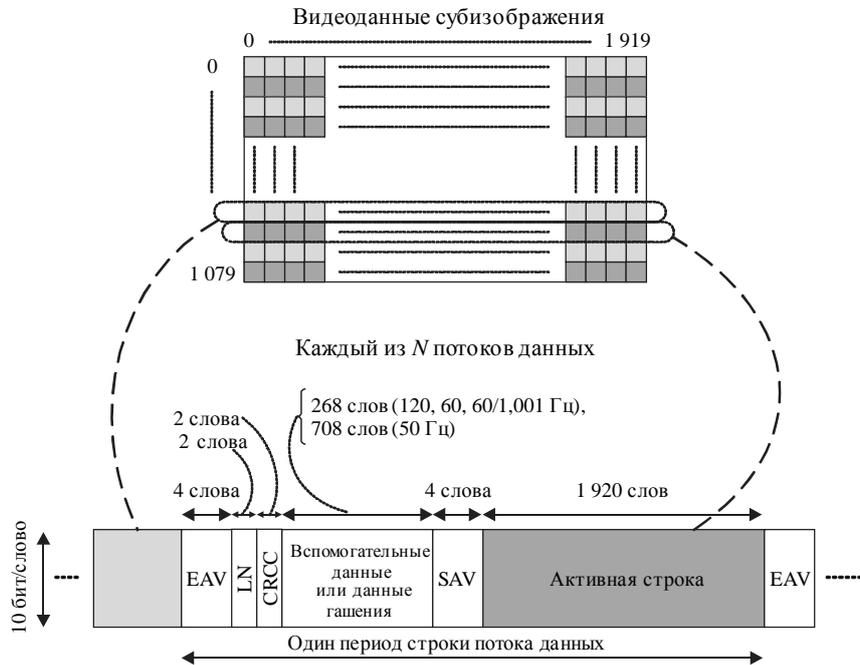
4.2 Изображения с частотой кадров 50 Гц, 60/1,001 Гц и 60 Гц

Каждое субизображение преобразуется в N потоков данных. В зависимости от структуры изображения N может быть равно 2 или 4.

В каждом потоке данных имеется активный видеоконтейнер размером 1920×1080 слов с частотой кадров исходного изображения.

РИСУНОК 3-7

Структура строк каждого потока данных с частотой кадров 60 Гц, 60/1,001 Гц и 50 Гц



ВТ.2077-03-07

4.2.1 Преобразование субизображений в потоки данных

Структура изображения 1 – $Y'C'_B C'_R$ 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 2$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит отсчеты Y' : $Y'_0, Y'_1, Y'_2, Y'_3, \dots$;

поток данных 2 содержит отсчеты C'_B и C'_R : $C'_{B0}, C'_{R0}, C'_{B2}, C'_{R2}, \dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 3 и 4.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5 и 6.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 7 и 8.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае: преобразование субизображения 5:

поток данных 9 содержит отсчеты Y' : $Y'0, Y'1, Y'2, Y'3\dots;$
 поток данных 10 содержит отсчеты C'_B и C'_R : $C'_B0, C'_R0, C'_B2, C'_R2\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 11 и 12.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13 и 14.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 15 и 16.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17 и 18.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 19 и 20.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 21 и 22.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 23 и 24.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25 и 26.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 27 и 28.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29 и 30.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 31 и 32.

Структура изображения II – $R'G'B 4 : 4 : 4$ или $4 : 4 : 4 : 4$, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 4$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит отсчеты G' : $G'0, G'1, G'2, G'3\dots;$
 поток данных 2 содержит четные отсчеты B' и R' : $B'0, R'0, B'2, R'2\dots;$
 поток данных 3 содержит значения A : $A0, A1, A2, A3\dots;$
 поток данных 4 содержит нечетные отсчеты B' и R' : $B'1, R'1, B'3, R'3\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5–8.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–12.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13–16.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 17 содержит отсчеты G' : $G'0, G'1, G'2, G'3\dots;$
 поток данных 18 содержит четные отсчеты B' и R' : $B'0, R'0, B'2, R'2\dots;$
 поток данных 19 содержит значения A : $A0, A1, A2, A3\dots;$
 поток данных 20 содержит нечетные отсчеты B' и R' : $B'1, R'1, B'3, R'3\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 1–24.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–28.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29–32.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 33–36.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 37–40.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–44.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 45–48.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–52.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 53–56.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–60.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 61–64.

Данные изображений $4 : 4 : 4 (Y'C'_B C'_R)$ и $4 : 4 : 4 : 4 (Y'C'_B C'_R + A)/10$ битов переносятся, как указано выше, за исключением того, что:

- отсчеты G' заменяются отсчетами Y' ;
- отсчеты B' заменяются отсчетами C'_B ;
- отсчеты R' заменяются отсчетами C'_R .

Если отсчеты Alpha отсутствуют, они заменяются значением 040_h.

Структура изображения III – $R'G'B' 4 : 4 : 4, 12$ битов

Для этой структуры изображения $N = 4$.

Субизображение 1:

- поток данных 1 содержит 10 MSB отсчетов G' : $G'0 : 2-11, G'1 : 2-11,$
 $G'2 : 2-11, G'3 : 2-11\dots;$
- поток данных 2 содержит 10 MSB четных отсчетов B' и R' : $B'0 : 2-11, R'0 : 2-11,$
 $B'2 : 2-11, R'2 : 2-11\dots;$
- поток данных 3 содержит 2 LSB отсчетов $R'G'B'$: $R'G'B'0 : 0-1,$
 $R'G'B'1 : 0-1, R'G'B'2 : 0-1\dots;$
- поток данных 4 содержит 10 MSB нечетных отсчетов B' и R' : $B'1 : 2-11, R'1 : 2-11,$
 $B'3 : 2-11, R'3 : 2-11\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5–8.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–12.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13–16.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

- поток данных 17 содержит 10 MSB отсчетов G' : $G'0 : 2-11, G'1 : 2-11,$
 $G'2 : 2-11, G'3 : 2-11\dots;$
- поток данных 18 содержит 10 MSB четных отсчетов B' и R' : $B'0 : 2-11, R'0 : 2-11,$
 $B'2 : 2-11, R'2 : 2-11\dots;$
- поток данных 19 содержит 2 LSB отсчетов $R'G'B'$: $R'G'B'0 : 0-1, R'G'B'1 : 0-1,$
 $R'G'B'2 : 0-1\dots;$
- поток данных 20 содержит 10 MSB нечетных отсчетов B' и R' : $B'1 : 2-11, R'1 : 2-11,$
 $B'3 : 2-11, R'3 : 2-11\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 1–24.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–28.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29–32.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 33–36.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 37–40.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–44.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 45–48.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–52.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 53–56.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–60.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 61–64.

Структура изображения IV – $Y'C'_B C'_R + A 4 : 2 : 2 : 4, 12$ битов

Для этой структуры изображения $N = 4$.

Субизображение 1

Для этой структуры изображений 2 LSB нечетных отсчетов C'_B и C'_R должны иметь значение 00.

Поток данных 1 содержит 10 MSB отсчетов Y' : $Y'0 : 2-11, Y'1 : 2-11,$
 $Y'2 : 2-11, Y'3 : 2-11\dots;$

поток данных 2 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_B и C'_R : $C'_{B0} : 2-11, C'_{R0} : 2-11,$
 $C'_{B2} : 2-11, C'_{R2} : 2-11\dots;$

поток данных 3 содержит 2 LSB отсчетов $Y'C'_B C'_R$: $Y'C'_B C'_{R0} : 0-1,$
 $Y'C'_B C'_{R1} : 0-1, Y'C'_B C'_{R2} : 0-1, Y'C'_B C'_{R3} : 0-1\dots;$

поток данных 4 содержит четные значения A : $A0, A1, A2, A3\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5–8.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 9–12.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13–16.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 17 содержит 10 MSB отсчетов Y' : $Y'0 : 2-11, Y'1 : 2-11,$
 $Y'2 : 2-11, Y'3 : 2-11\dots;$

поток данных 18 содержит 10 MSB четных отсчетов C'_B и C'_R : $C'_{B0} : 2-11, C'_{R0} : 2-11,$
 $C'_{B2} : 2-11, C'_{R2} : 2-11;$

поток данных 19 содержит 2 LSB отсчетов $Y'C'_B C'_R$: $Y'C'_B C'_{R0} : 0-1,$
 $Y'C'_B C'_{R1} : 0-1, Y'C'_B C'_{R2} : 0-1, Y'C'_B C'_{R3} : 0-1\dots;$

поток данных 20 содержит четные значения A : $A0, A1, A2, A3\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 1–24.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25–28.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29–32.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 33–36.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 37–40.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 41–44.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 45–48.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 49–52.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 53–56.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 57–60.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 61–64.

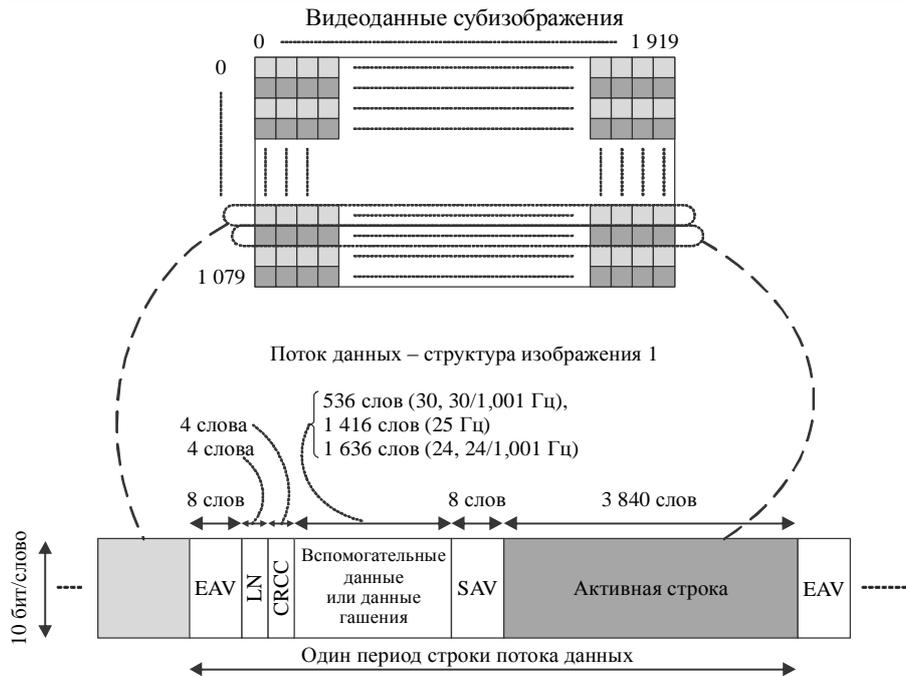
4.3 Изображения с частотой кадров 24/1,001 Гц, 24 Гц, 25 Гц, 30/1,001 Гц и 30 Гц

Каждое субизображение преобразуется в N потоков данных. В зависимости от структуры изображения N может быть равно 1 или 2.

В каждом потоке данных имеется активный видеоконтейнер размером 3840×1080 слов с частотой кадров исходного изображения.

РИСУНОК 3-8

Структура строк каждого потока данных с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц – структура изображения 1



ВТ.2077-03-08

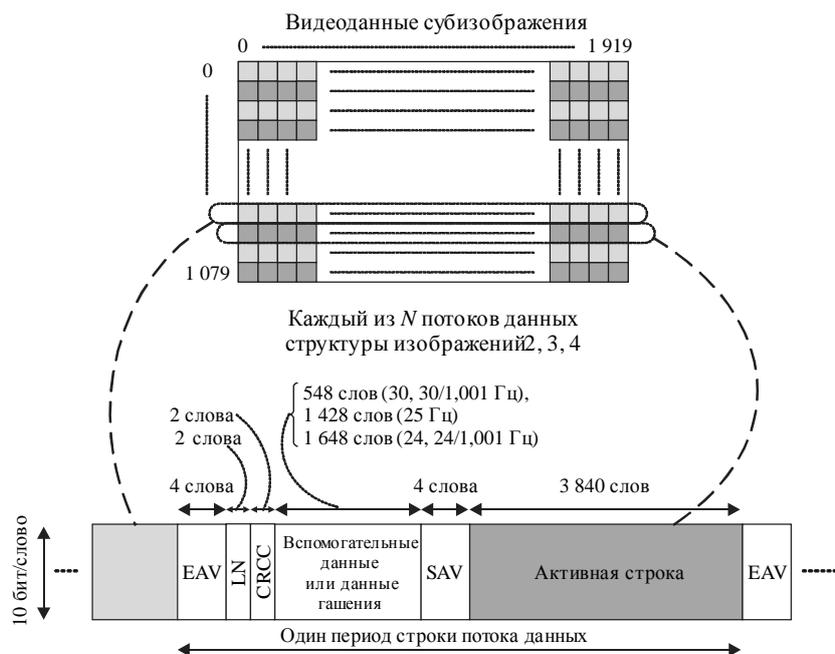
Для структуры изображений 1 (4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов) каждое субизображение преобразуется в единый мультиплексированный параллельный поток данных в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1120-8, рисунок 3.

Этот мультиплексированный поток данных представляет собой уплотнение каналов С и Y, каждый из которых содержит данные EAV, SAV, LN и CRC, а также 1920 слов видеоданных.

Таким образом каждая строка результирующего потока данных содержит компоненты данных EAV, SAV, LN и CRC двойной длины и 3840 слов видеоданных. См. рисунок 3-8, выше.

РИСУНОК 3-9

Структура строк каждого потока данных с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц – структуры изображений 2, 3 и 4



ВТ.2077-03-09

В структурах изображений 2, 3 и 4 каждый поток данных содержит один экземпляр EAV, SAV, LN и CRC на строку вместе с видеоданными, как указано в пункте 4.3.1, ниже. Так как каждая часть активной видеостроки потока данных состоит из уплотнения двух компонент, каждая строка содержит по 3840 слов видеосигнала. См. рисунок 3-9, выше.

4.3.1 Преобразование субизображений в потоки данных

Структура изображения 1 – $Y'C'_B C'_R$ 4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 1$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит все отсчеты: $C'_B0, Y'0, C'_R0, Y'1, C'_B2, Y'2, C'_R2, Y'3, \dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в поток данных 2.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в поток данных 3.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в поток данных 4.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 5 содержит все отсчеты: $C'_B0, Y'0, C'_R0, Y'1, C'_B2, Y'2, C'_R2, Y'3, \dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в поток данных 6.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в поток данных 7.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в поток данных 8.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в поток данных 9.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в поток данных 10.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в поток данных 11.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в поток данных 12.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в поток данных 13.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в поток данных 14.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в поток данных 15.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в поток данных 16.

Структура изображения 2 – R'G'B' 4 : 4 : 4 или 4 : 4 : 4, 10 битов

Для этой структуры изображения $N = 2$.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит отсчеты G' и R': $G'0, R'0, G'1, R'1, G'2, R'2\dots;$

поток данных 2 содержит значения A и отсчеты B': $A0, B'0, A1, B'1, A2, B'2\dots$

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 3 и 4.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5 и 6.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 7 и 8.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 9 содержит отсчеты G' и R': $G'0, R'0, G'1, R'1, G'2, R'2\dots;$

поток данных 10 содержит значения A и отсчеты B': $A0, B'0, A1, B'1, A2, B'2\dots$

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 11 и 12.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13 и 14.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 15 и 16.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17 и 18.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 19 и 20.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 21 и 22.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 23 и 24.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25 и 26.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 27 и 28.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29 и 30.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 31 и 32.

Данные изображений $4 : 4 : 4 (Y'C'_B C'_R)$ и $4 : 4 : 4 : 4 (Y'C'_B C'_R + A) / 10$ битов переносятся, как указано выше, за исключением того, что:

отсчеты G' заменяются отсчетами Y';

отсчеты B' заменяются отсчетами C'_B;

отсчеты R' заменяются отсчетами C'_R.

Если отсчеты Alpha отсутствуют, они заменяются значением 040_h.

Структура изображения 3 – R'G'B' 4 : 4 : 4, 12 битов

Для этой структуры изображения $N = 2$.

Бит b9 каждого слова является дополнением бита b8. Описание битов b8–b0 приведено в следующих списках и таблице.

Субизображение 1:

поток данных 1 содержит шесть битов отсчетов R'G'B': R'G'B'0 : 11-9, R'G'B'0 : 5-3, R'G'B'1 : 11-9, R'G'B'1 : 5-3...;

поток данных 2 содержит оставшиеся шесть битов отсчетов R'G'B': R'G'B'0 : 8-6, R'G'B'0 : 2-0, R'G'B'1 : 8-6, R'G'B'1 : 2-0....

ТАБЛИЦА 3-5

Преобразование структуры битов R'G'B' (i):x-y в слова данных виртуального интерфейса

Номер бита										
Поток данных	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
Поток данных 1, первое слово отсчета (i)	— B8	R' (i) : 11-9			G' (i) : 11-9			B' (i) : 11-9		
Поток данных 1, второе слово отсчета (i)	— B8	R' (i) : 5-3			G' (i) : 5-3			B' (i) : 5-3		
Поток данных 2, первое слово отсчета (i)	— B8	R' (i) : 8-6			G' (i) : 8-6			B' (i) : 8-6		
Поток данных 2, второе слово отсчета (i)	— B8	R' (i) : 2-0			G' (i) : 2-0			B' (i) : 2-0		

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 3 и 4.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5 и 6.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 7 и 8.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 9 содержит шесть битов отсчетов R'G'B': R'G'B'0 : 11-9, R'G'B'0 : 5-3, R'G'B'1 : 11-9, R'G'B'1 : 5-3...;

поток данных 10 содержит оставшиеся шесть битов отсчетов R'G'B': R'G'B'0 : 8-6, R'G'B'0 : 2-0, R'G'B'1 : 8-6, R'G'B'1 : 2-0....

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 11 и 12.

Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13 и 14.

Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 15 и 16.

Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17 и 18.

Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 19 и 20.

Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 21 и 22.

Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 23 и 24.

Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25 и 26.

Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 27 и 28.

Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29 и 30.

Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 31 и 32.

Структура изображения 4 – Y'C'V C'R + A 4 : 2 : 2 : 4, 12 битов

Для этой структуры изображения $N = 2$.

Бит b9 каждого слова является дополнением бита b8. Описание битов b8–b0 приведено в следующих списках и таблице.

Субизображение 1:

поток данных 1:

биты b8–b6: A0 : 11-9, A0 : 5-3, A1 : 11-9, A1 : 5-3...;

биты b5–b0: Y'0 : 11-6, Y'0 : 5-0, Y'1 : 11-6, Y'1 : 5-0...;

поток данных 2:

биты b8–b6: A0 : 8-6, A0 : 2-0, A1 : 8-6, A1 : 2-0...;

биты b5–b0: C'_{B0} : 11-6, C'_{B0} : 5-0, C'_{R0} : 11-6, C'_{R0} : 5-0....

ТАБЛИЦА 3-6

Преобразование структур битов $Y'(2i + r) : x-y$ и $A(2i + r) : x-y$
в слова данных виртуального интерфейса

Поток данных	Номер бита									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Поток данных 1, первое слово отсчета (2i)	— B : 8	A (2i) : 11-9			Y' (2i) : 11-6					
Поток данных 1, второе слово отсчета (2i)	— B : 8	A (2i) : 5-3			Y' (2i) : 5-0					
Поток данных 1, первое слово отсчета (2i + 1)	— B : 8	A (2i+1) : 11-9			Y' (2i + 1) : 11-6					
Поток данных 1, второе слово отсчета (2i + 1)	— B : 8	A (2i + 1) : 5-3			Y' (2i + 1) : 5-0					
Поток данных 2, первое слово отсчета (2i)	— B : 8	A (2i) : 8-6			C'_{B} (2i) : 11-6					
Поток данных 2, второе слово отсчета (2i)	— B : 8	A (2i) : 2-0			C'_{B} (2i) : 5-0					
Поток данных 2, первое слово отсчета (2i + 1)	— B : 8	A (2i + 1) : 8-6			C'_{R} (2i) : 11-6					
Поток данных 2, второе слово отсчета (2i + 1)	— B : 8	A (2i + 1) : 2-0			C'_{R} (2i) : 5-0					

Субизображение 2 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 3 и 4.

Субизображение 3 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 5 и 6.

Субизображение 4 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 7 и 8.

Для изображений из 4320 строк имеется 16 субизображений. В этом случае:

преобразование субизображения 5:

поток данных 9:

биты b8–b6: A0 : 11-9, A0 : 5-3, A1 : 11-9, A1 : 5-3...;

биты b5–b0: Y'0 : 11-6, Y'0 : 5-0, Y'1 : 11-6, Y'1 : 5-0...;

поток данных 10:

биты b8–b6: A0 : 8-6, A0 : 2-0, A1 : 8-6, A1 : 2-0...;
биты b5–b0: C'в0 : 11-6, C'в0 : 5-0, C'р0 : 11-6, C'р0 : 5-0....

Субизображение 6 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 11 и 12.
Субизображение 7 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 13 и 14.
Субизображение 8 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 15 и 16.
Субизображение 9 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 17 и 18.
Субизображение 10 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 19 и 20.
Субизображение 11 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 21 и 22.
Субизображение 12 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 23 и 24.
Субизображение 13 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 25 и 26.
Субизображение 14 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 27 и 28.
Субизображение 15 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 29 и 30.
Субизображение 16 аналогичным образом преобразуется в потоки данных 31 и 32.

4.5 Коды опорного синхросигнала (SAV и EAV)

Два кода опорных синхросигналов – это SAV, который помещается непосредственно перед видеоданными (активная строка), и EAV, который помещается сразу после видеоданных. Разделение битов для SAV и EAV определено в таблице 5 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8. Распределение битов защиты определено в таблице 6 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

В таблицах 5 и 6 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8 буквой F обозначен бит идентификации прогрессивной/чересстрочной развертки (первого/второго поля).

Все изображения, рассматриваемые в части 3 настоящей Рекомендации, имеют прогрессивную развертку, поэтому значение F установлено на 0. V – это бит идентификатора данных гашения кадра и активного видеосигнала. Значение V равно 1 для данных гашения кадра от строки 1 до строки 41 и от строки 1122 до строки 1125 и равно 0 для активных видеоданных от строки 42 до строки 1121. Бит H – это бит идентификатора, который имеет значение 0 для SAV и 1 для EAV. Значения P0–P3 являются битами контроля четности, которые используются для исправления однобитовых ошибок и обнаружения двухбитовых ошибок на приемной стороне. Распределение этих битов определяется согласно данным в таблице 6 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

4.6 Данные номеров строк

Для нумерации строк в потоке данных используются номера строк, определенные в пункте 4.1.3 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8. Номера строк относятся к субизображению, а не к исходному изображению из 4320 или 2160 строк.

4.7 Данные кода обнаружения ошибок

Данные кода обнаружения ошибок в потоке данных представлены 18 битами от CRCC0 до CRCC17 и определены в пункте 4.1.4 Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

4.8 Вспомогательные данные

В Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364 описывается формат и протокол использования пакетов вспомогательных данных.

Формат пакетов вспомогательных данных для использования с этим интерфейсом должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364.

Протокол использования пространства вспомогательных данных в этом интерфейсе должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1364 со следующими исключениями.

Для всех исходных изображений, кроме изображений структуры 1 с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц, рекомендации, относящиеся к каналу яркости, должны ссылаться на нечетные потоки данных, а рекомендации, относящиеся к цветоразностному каналу, – на потоки данных с четными номерами.

Для всех исходных изображений, кроме изображений структуры 1 с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц, если не указано иное, вспомогательные данные предпочтительно сначала преобразуются в поток данных 1, а затем любые оставшиеся данные преобразуются в поток данных 3, затем в поток данных 5 и т. д. вплоть до последнего номера потока данных в интерфейсе.

Для изображений структуры 1 с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц, если не указано иное, вспомогательные данные предпочтительно сначала преобразуются в поток данных канала яркости 1, а затем любые оставшиеся данные преобразуются в поток данных канала яркости 2, затем в поток данных 3 и т. д. вплоть до последнего номера потока данных в интерфейсе.

Требования к пространству данных и местоположение каждой службы обработки и передачи данных определяются в соответствующих документах по ее применению. В некоторых случаях для конкретных приложений требуется, чтобы вспомогательные данные преобразовывались во все потоки данных в интерфейсе (например, идентификатор полезной нагрузки).

4.9 Аудиоданные

Каждое субизображение имеет формат изображения ТВЧ в 1080 строк и должно содержать встроенный аудиосигнал в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1365.

В Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365 описывается процесс создания и добавления пакетов вспомогательных аудиоданных, включая пакеты управления аудиоданными и пакеты аудиоданных, для четырех или менее аудиогрупп – от 1 до 4. Это позволяет использовать до 16 аудиоканалов с частотой дискретизации 48 кГц или до 8 каналов с частотой дискретизации 96 кГц.

Еще четыре дополнительные аудиогруппы 5, 6, 7 и 8, допускающие использование до 32 каналов с частотой дискретизации 48 кГц или до 16 каналов с частотой дискретизации 96 кГц, можно вставить с применением методов, описываемых в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, с разными значениями DID для пакетов аудиоданных и пакетов управления аудиоданными.

Значения DID для расширенных пакетов аудиоданных определяются как 1A7_h для аудиогруппы 5, 2A6_h для аудиогруппы 6, 2A5_h для аудиогруппы 7 и 1A4_h для аудиогруппы 8.

Значения DID для расширенных пакетов управления аудиоданными определяются как 2A3_h для аудиогруппы 5, 1A2_h для аудиогруппы 6, 1A1_h для аудиогруппы 7 и 2A0_h для аудиогруппы 8.

Для сигналов с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц данные о фазе тактовых аудиосигналов, определяемые в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, рассчитываются с использованием тактовой частоты 74,25/(1,001) МГц.

Для всех остальных сигналов данные о фазе тактовых аудиосигналов, определенные в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1365, рассчитываются с использованием тактовой частоты 148,5/(1,001) МГц.

4.9.1 Передача максимального количества аудиоканалов

Аудиоданные преимущественно встраиваются в пару 1/2 потоков данных. Любые дополнительные аудиоданные, которые не вписываются в пару 1/2 потоков данных, встраиваются в пару 3/4 потоков данных. Аналогичным образом оставшиеся дополнительные аудиоданные встраиваются в пару 5/6 потоков данных и т. д. вплоть до последнего номера потоков данных в интерфейсе.

Для изображений структуры 1 с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц и 24/1,001 Гц аудиоданные преимущественно встраиваются в поток данных 1. Любые дополнительные аудиоданные, которые не вписываются в поток данных 1, встраиваются в поток данных 2. Аналогичным образом оставшиеся дополнительные аудиоданные встраиваются в поток данных 3 и т. д. вплоть до последнего номера потоков данных в интерфейсе.

4.9.2 Копирование аудиоданных из одной линии в другую

Аудиосигналы также могут копироваться между парами потоков данных, так чтобы каждая физическая линия 6G-SDI или 12G-SDI могла переносить копию встроенных аудиоданных. В этом случае

для исходных аудиоданных выделяется блок из нескольких пар потоков данных.

Этот блок может содержать:

- пару 1/2 потоков данных; ИЛИ
- пары 1/2 и 3/4 потоков данных; ИЛИ
- потоки данных 1/2, 3/4, 5/6 и 7/8.

Внутри этого блока аудиоданные преимущественно встраиваются в пару 1/2 потоков данных. Любые дополнительные аудиоданные, которые не вписываются в пару 1/2 потоков данных, встраиваются в пару 3/4 потоков данных (при ее наличии). Аналогичным образом оставшиеся дополнительные аудиоданные встраиваются в пару 5/6 потоков данных и, наконец, в пару 7/8 потоков данных.

Аудиоданные в блоке копируются в блоки равного размера до последнего номера потоков данных в интерфейсе.

Например:

- если пары 1/2 и 3/4 потоков данных выделены для исходных аудиоданных, а интерфейс содержит в общей сложности 16 потоков данных, то:
 - пара 5/6 потоков данных переносит копию аудиоданных из пары 1/2 потоков данных, а пара 7/8 потоков данных – копию аудиоданных из пары 3/4 потоков данных;
 - пара 9/10 потоков данных переносит копию аудиоданных из пары 1/2 потоков данных, а пара 11/12 потоков данных – копию аудиоданных из пары 3/4 потоков данных;
 - пара 13/14 потоков данных переносит копию аудиоданных из пары 1/2 потоков данных, а пара 15/16 потоков данных – копию аудиоданных из пары 3/4 потоков данных.

Сведения о состоянии копии аудиосигнала в каждом потоке данных передаются в идентификаторе полезной нагрузки. См. пункт 4.10.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Копия аудиоданных уменьшает количество каналов, которые могут передаваться интерфейсом.

4.10 Идентификатор полезной нагрузки

Каждый поток данных содержит пакет идентификатора полезной нагрузки. Это вспомогательный пакет данных типа 2 со значениями DID 41_h, SDID 01_h и четырьмя словами UDW. Рекомендуемое местоположение – непосредственно после данных кода обнаружения ошибок в строке 10.

Распределение битов UDW пакета идентификатора полезной нагрузки указано в таблице 3-7. Пакет идентификатора полезной нагрузки мультиплексируется один раз за кадр каждого потока данных.

ТАБЛИЦА 3-7

Определения идентификатора полезной нагрузки

Номер бита	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
b7	См. таблицу 3-8	Прогрессивная транспортировка (1)	Соотношение сторон 16 : 9 (1) или неизвестно (0)	Назначение линии 6G, 12G или 24G Линия 1 (0 _h) – линия 8 (7 _h)
b6		Прогрессивная развертка (1)	Горизонтальная дискретизация 1920 (0) или 2048 ⁵ (1)	
b5		Характеристики передачи SDR-TV (0 _h) HLG (1 _h) PQ (2 _h) Не определена (3 _h)	Колориметрия Рекомендация МСЭ-R ВТ.709 ⁶ (0 _h) Зарезервировано (1 _h) Рекомендация МСЭ-R ВТ.2020 (2 _h) Зарезервировано (3 _h)	
b4				
b3				Частота кадров изображения См. таблицу 3-9
b2		Состояние копии аудиоданных Аудиоданные в этом потоке данных содержат дополнительные каналы (0) Аудиоданные в этом потоке данных копируются (1)		
b1		Глубина цвета 10 бит, полный диапазон (0 _h) 10 бит, узкий диапазон (1 _h) 12 бит, узкий диапазон (2 _h) 12 бит, полный диапазон (3 _h)		
b0				

ТАБЛИЦА 3-8

Назначение байта 1

Формат изображения	Интерфейс транспортировки									
	Одно-канальный 6G	Двух-канальный 6G	Четырех-канальный 6G	Одно-канальный 12G	Двух-канальный 12G	Четырех-канальный 12G	Одно-канальный 24G	Двух-канальный 24G	Четырех-канальный 24G	Восьми-канальный 24G
4 320 строк			C4 _h		D0 _h	D2 _h	DF _h	E1 _h	E3 _h	F1 _h
2 160 строк	C0 _h	C2 _h	C5 _h	CE _h	D1 _h	D3 _h	E0 _h	E2 _h	–	–

⁵ Этот бит устанавливается в 0 для всех форматов, описанных в части 3 настоящей Рекомендации.

⁶ Недопустимо в настоящей Рекомендации.

ТАБЛИЦА 3-9

Частота кадров

Значение	Частота кадров	Значение	Частота кадров	Значение	Частота кадров	Значение	Частота кадров
0 _h	Не определено	1 _h	96/1,001 ⁷	2 _h	24/1,001	3 _h	24
4 _h	48/1,001 ⁷	5 _h	25	6 _h	30/1,001	7 _h	30
8 _h	48 ⁷	9 _h	50	A _h	60/1,001	B _h	60
C _h	96 ⁷	D _h	100	E _h	120/1,001	F _h	120

ТАБЛИЦА 3-10

Структура дискретизации

Значение	Структура дискретизации	Значение	Структура дискретизации	Значение	Структура дискретизации	Значение	Структура дискретизации
0 _h	4 : 2 : 2 (Y'C'B'C'R)	1 _h	4 : 4 : 4 (Y'C'B'C'R)	2 _h	4 : 4 : 4 (R'G'B')	3 _h	4 : 2 : 0 (Y'C'B'C'R)
4 _h	4 : 2 : 2 : 4 (Y'C'B'C'R + A)	5 _h	4 : 4 : 4 : 4 (Y'C'B'C'R + A)	6 _h	4 : 4 : 4 : 4 (R'G'B' + A)	7 _h	Зарезервировано
8 _h	4 : 2 : 2 : 4 (Y'C'B'C'R + D)	9 _h	4 : 4 : 4 : 4 (Y'C'B'C'R + D)	A _h	4 : 4 : 4 : 4 (R'G'B' + D)	B _h	Зарезервировано
C _h	Зарезервировано	D _h	Зарезервировано	E _h	Зарезервировано	F _h	Зарезервировано

4.11 Данные гашения

Слова данных гашения, приходящиеся на интервалы гашения, которые не используются для кодов опорных синхросигналов (SAV и EAV), данных о номерах строк, кодов обнаружения ошибок или вспомогательных данных устанавливаются на указанные ниже значения:

- (1) отсчеты потока данных для цветовых компонент Y', R', G', B', 10 битов или 10 MSB для 12 битов – 040_h;
- (2) отсчеты потока данных для цветовых компонент C'B, C'R, 10 битов или 10 MSB для 12 битов – 200_h;
- (3) отсчеты потока данных для цветовых компонент Y', R', G', B', C'B, C'R 2 LSB для 12 битов – 200_h;
- (4) значения компоненты A в потоке данных – 040_h;
- (5) отсчеты потока данных для R'G'B', 12 битов: комбинированные значения 11-9 – 200_h;
- (6) отсчеты потока данных для R'G'B', 12 битов: комбинированные значения 8-6 – 124_h;
- (7) отсчеты потока данных для R'G'B', 12 битов: комбинированные значения 5-3 – 200_h;
- (8) отсчеты потока данных для R'G'B', 12 битов: комбинированные значения 2-0 – 200_h;
- (9) отсчеты потока данных для Y'C'B'C'R, 12 битов: комбинированные значения 11-9 – 104_h;
- (10) отсчеты потока данных для Y'C'B'C'R, 12 битов: комбинированные значения 8-6 – 220_h;
- (11) отсчеты потока данных для Y'C'B'C'R, 12 битов: комбинированные значения 5-3 – 200_h;
- (12) отсчеты потока данных для Y'C'B'C'R, 12 битов: комбинированные значения 2-0 – 200_h.

⁷ Недопустимо в настоящей Рекомендации.

5 Формирование сигналов для передачи по линиям 6G

5.1 10-битовый мультиплекс 6G-SDI

В таблицах 3-1 и 3-2 приведены требования к потоку данных для каждого формата исходного изображения.

До преобразования в последовательную форму:

для сигналов в случае, когда для виртуального интерфейса требуется четыре или более потоков данных:

потоки данных 1–4 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 6G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 1–4, следующих в порядке: поток данных 4, поток данных 2, поток данных 3, поток данных 1 и т. д.;

для сигналов в случае, когда для виртуального интерфейса требуется восемь или более потоков данных:

потоки данных 5–8 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 6G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 5–8, следующих в порядке: поток данных 8, поток данных 6, поток данных 7, поток данных 5 и т. д.;

для сигналов в случае, когда для виртуального интерфейса требуется 12 или более потоков данных:

потоки данных 9–12 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 6G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 9–12, следующих в порядке: поток данных 12, поток данных 10, поток данных 11, поток данных 9 и т. д.;

для сигналов в случае, когда для виртуального интерфейса требуется 16 потоков данных:

потоки данных 13–16 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 6G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 13–16, следующих в порядке: поток данных 16, поток данных 14, поток данных 15, поток данных 13 и т. д.

Частота полученных таким образом 10-битовых параллельных интерфейсов должна составлять 594 МГц или 594/1,001 МГц.

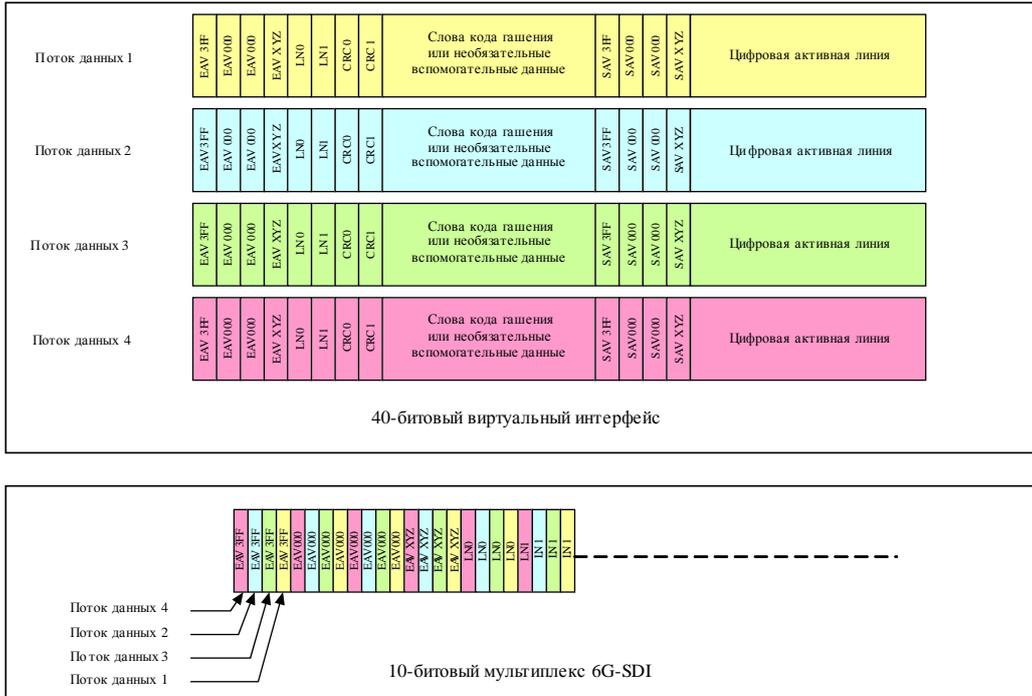
5.1.1 Параллельные 10-битовые интерфейсы типа 1 и типа 2

Как показано в таблице 3-4 и на рисунке 3-8, потоки данных для изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц со структурой изображения 1 (4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов) имеют структуру строки с компонентами данных EAV, SAV, LN и CRC двойной длины. Мультиплексирование этих потоков данных дает 10-битовый параллельный интерфейс типа 2. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 2 показан на рисунке 3-11.

Для всех остальных изображений используется параллельный 10-битовый интерфейс типа 1. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 1 показан на рисунке 3-10.

РИСУНОК 3-10

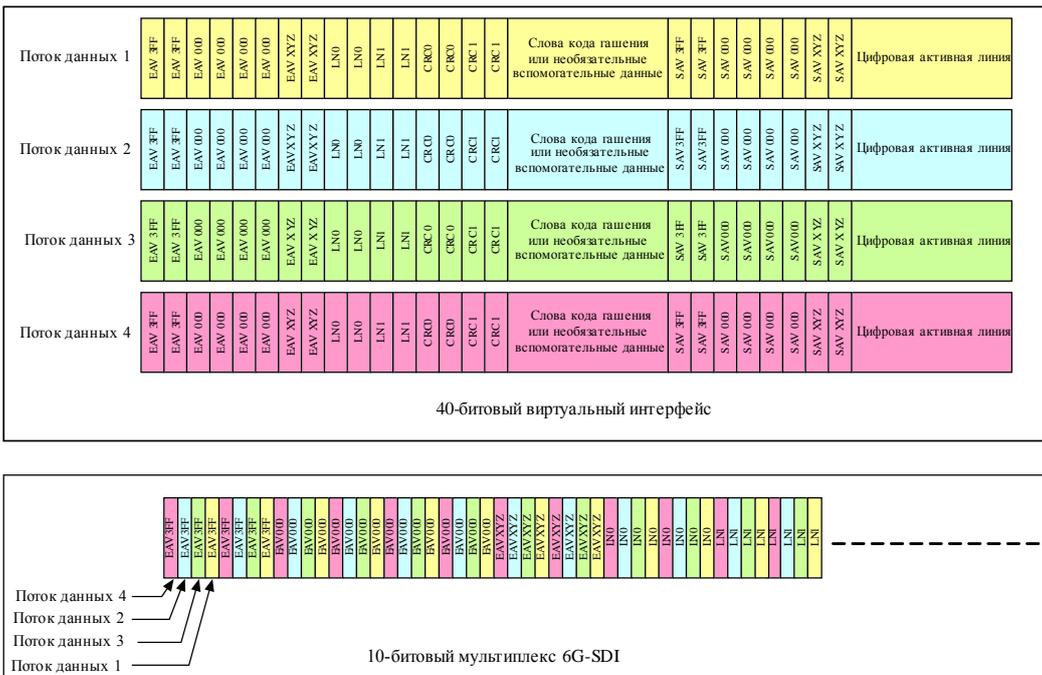
10-битовый мультиплекс 6G-SDI – тип 1



ВТ.2077-03-10

РИСУНОК 3-11

10-битовый мультиплекс 6G-SDI – тип 2



ВТ.2077-03-11

Затем каждый 10-битовый мультиплексированный интерфейс 6G-SDI преобразуется для формирования последовательного интерфейса 6G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 6G-SDI, состоящий из потоков данных 1–4, преобразуется как последовательная линия 1 интерфейса 6G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 6G-SDI, состоящий из потоков данных 5–8, преобразуется как последовательная линия 2 интерфейса 6G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 6G-SDI, состоящий из потоков данных 9–12, преобразуется как последовательная линия 3 интерфейса 6G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 6G-SDI, состоящий из потоков данных 13–16, преобразуется как последовательная линия 4 интерфейса 6G-SDI.

5.2 Последовательный интерфейс 6G-SDI

5.2.1 Вставка битов синхронизации

Повторение комбинаций $3FF_h$ или 000_h в 10-битовом параллельном мультиплексе 6G-SDI может привести к длинной череде единиц и нулей на входе скремблирующего полинома.

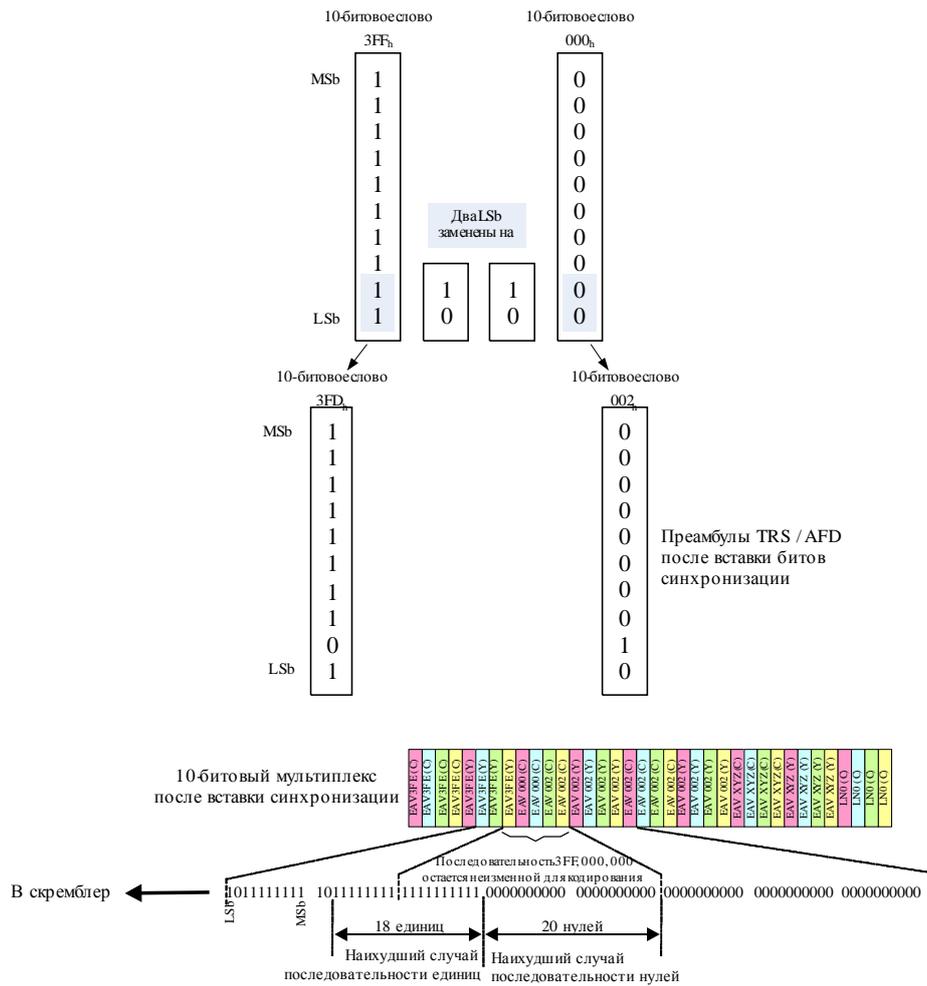
Для предотвращения длинной череды единиц и нулей поток данных 10-битового параллельного мультиплекса модифицируется таким образом, что 2 LSB повторяющихся кодовых слов $3FF_h$ или 000_h заменяются значениями битов синхронизации 10_b для слов 000_h и 01_b для слов $3FF_h$.

Чтобы обеспечить надежную синхронизацию и выравнивание слов в приемнике, необходимо сохранить одну полную последовательность преамбул – $3FF_h$, 000_h , 000_h – без изменения, как показано на рисунке 3-12.

В приемнике происходит процесс, обратный процессу вставки битов синхронизации, с восстановлением исходных комбинаций данных $3FF_h$ и 000_h .

РИСУНОК 3-12

Процесс вставки битов синхронизации



ВТ.2077-03-12

5.2.2 Кодирование канала и преобразование в последовательную форму

Кодирование и преобразование канала выполняются в соответствии с пунктом 4.2.2 "Преобразование в последовательную форму" и пунктом 4.2.3 "Кодирование канала" Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

5.2.3 Тактовая частота последовательного интерфейса

Тактовая частота последовательного интерфейса должна в 10 раз превышать частоту 10-битового параллельного интерфейса, то есть 5,94 ГГц или 5,94/1,001 ГГц.

5.2.4 Задержка между линиями

В тех случаях, когда изображение передается по нескольким линиям 6G, разность во времени между EAV/SAV любой линии 6G и любой другой линии 6G не должна превышать 250 нс у источника.

6 Формирование сигналов для передачи по линиям 12G

6.1 10-битовый мультиплекс 12G-SDI

В таблицах 3-1 и 3-2 приведены требования к потоку данных для каждого формата исходного изображения.

До преобразования в последовательную форму:

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется восемь или более потоков данных:

потоки данных 1–8 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 12G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 1–8, следующих в порядке: поток данных 8, поток данных 4, поток данных 6, поток данных 2, поток данных 7, поток данных 3, поток данных 5, поток данных 1 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 16 или более потоков данных:

потоки данных 9–16 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 12G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 9–16, следующих в порядке: поток данных 16, поток данных 12, поток данных 14, поток данных 10, поток данных 15, поток данных 11, поток данных 13, поток данных 9 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 24 или более потоков данных:

потоки данных 17–24 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 12G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 17–24, следующих в порядке: поток данных 24, поток данных 20, поток данных 22, поток данных 18, поток данных 23, поток данных 19, поток данных 21, поток данных 17 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 32 или более потоков данных:

потоки данных 25–32 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 12G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 25–32, следующих в порядке: поток данных 32, поток данных 28, поток данных 30, поток данных 26, поток данных 31, поток данных 27, поток данных 29, поток данных 25 и т. д.

Частота полученных таким образом 10-битовых параллельных интерфейсов должна составлять 1188 МГц или 1188/1,001 МГц.

6.1.1 Параллельные 10-битовые интерфейсы типа 1 и типа 2

Как показано в таблице 3-4 и на рисунке 3-8, потоки данных для изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц со структурой изображения 1 (4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов) имеют структуру строки с компонентами данных EAV, SAV, LN и CRC двойной длины. Мультиплексирование этих потоков данных дает 10-битовый параллельный интерфейс типа 2. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 2 показан на рисунке 3-14.

Для всех остальных видеоизображений используется параллельный 10-битовый интерфейс типа 1. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 1 показан на рисунке 3-13.

РИСУНОК 3-13

10-БИТОВЫЙ МУЛЬТИПЛЕКС 12G-SDI – тип 1

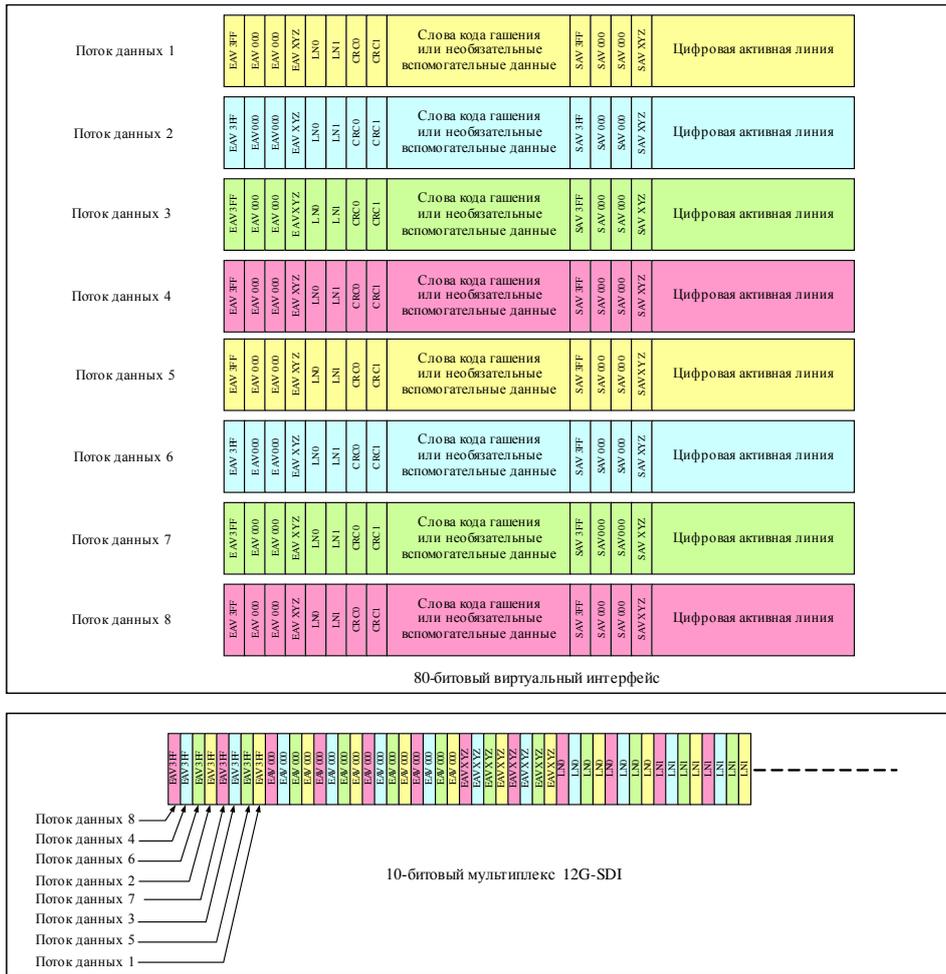
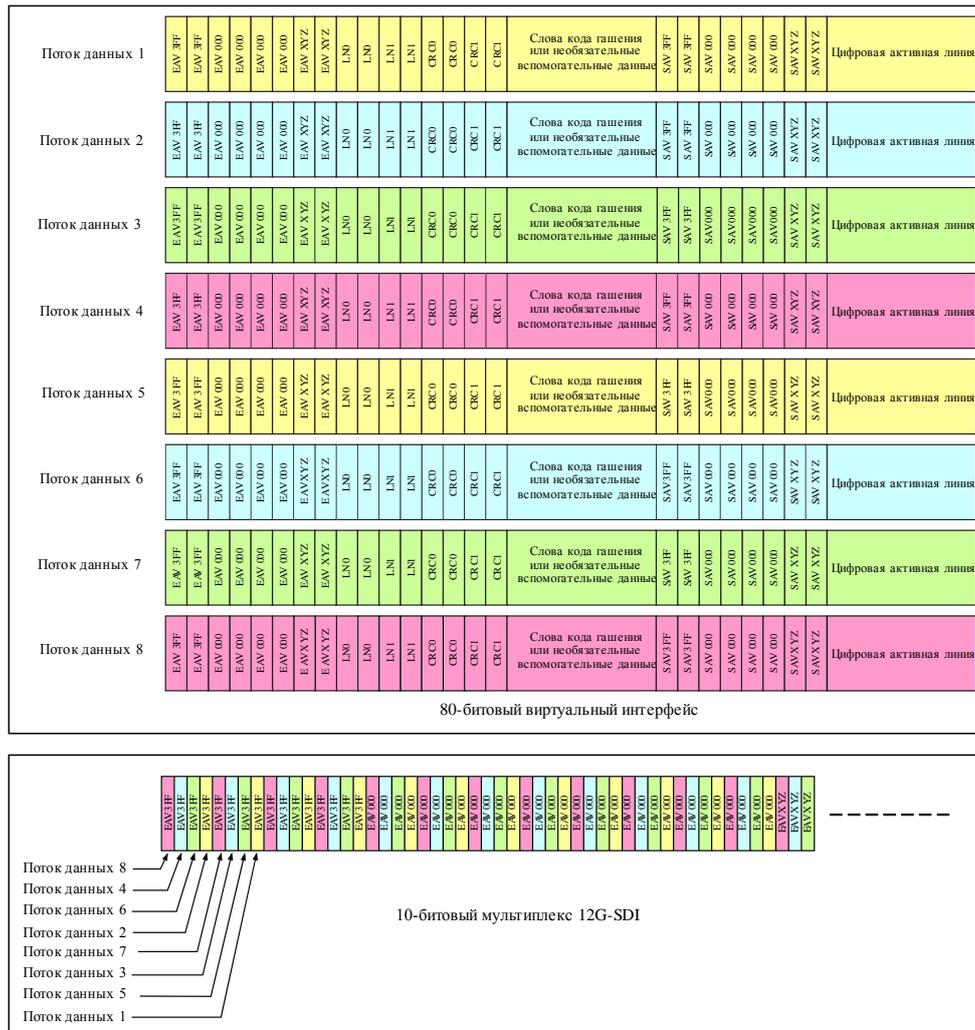


РИСУНОК 3-14

10-битовый мультиплекс 12G-SDI – тип 2



ВТ.2077-03-14

Затем каждый 10-битовый мультиплексированный интерфейс 12G-SDI преобразуется для формирования последовательного интерфейса 12G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 12G-SDI, состоящий из потоков данных 1–8, преобразуется как последовательная линия 1 интерфейса 12G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 12G-SDI, состоящий из потоков данных 9–16, преобразуется как последовательная линия 2 интерфейса 12G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 12G-SDI, состоящий из потоков данных 17–24, преобразуется как последовательная линия 3 интерфейса 12G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 12G-SDI, состоящий из потоков данных 25–32, преобразуется как последовательная линия 4 интерфейса 12G-SDI.

6.2 Последовательный интерфейс 12G-SDI

6.2.1 Вставка битов синхронизации

Повторение комбинаций $3FF_h$ или 000_h в 10-битовом параллельном мультиплексе 12G-SDI может привести к длинной череде единиц и нулей на входе скремблирующего полинома.

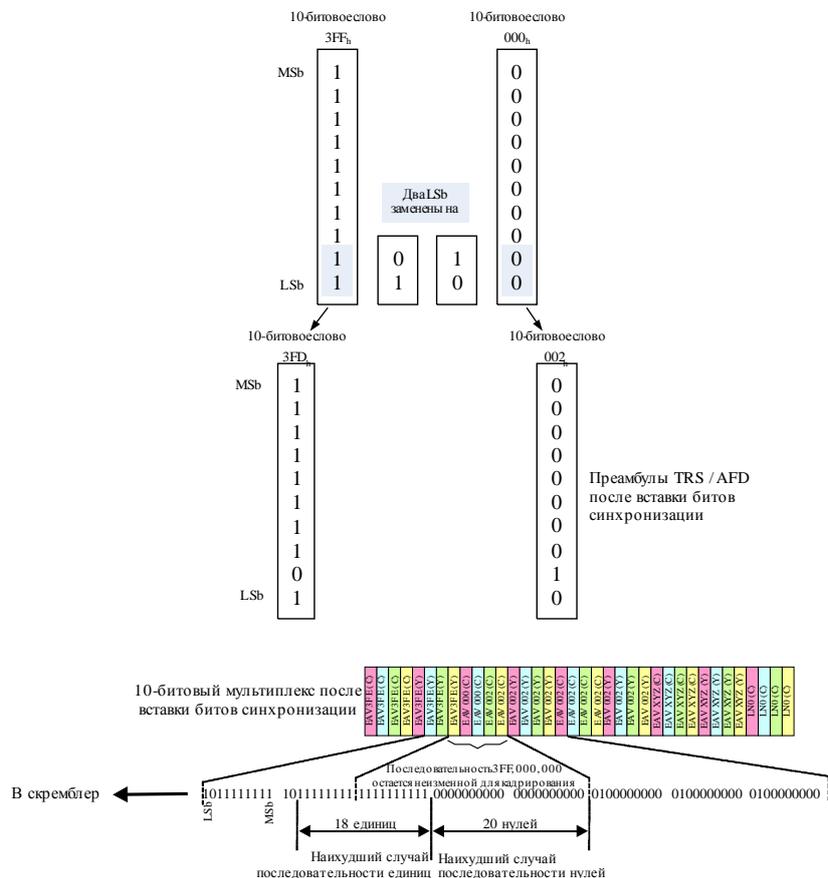
Для предотвращения длинной череды единиц и нулей поток данных 10-битового параллельного мультиплекса модифицируется таким образом, что 2 LSB повторяющихся кодовых слов $3FF_h$ или 000_h заменяются значениями битов синхронизации 10_b для слов 000_h и 01_b для слов $3FF_h$.

Чтобы обеспечить надежную синхронизацию и выравнивание слов в приемнике, необходимо сохранить одну полную последовательность преамбул – $3FF_h$, 000_h , 000_h – без изменения, как показано на рисунке 3-15.

В приемнике происходит процесс, обратный процессу вставки битов синхронизации с восстановлением исходных комбинаций данных $3FF_h$ и 000_h .

РИСУНОК 3-15

Процесс вставки битов синхронизации



ВТ.2077-03-15

6.2.2 Кодирование канала и преобразование в последовательную форму

Кодирование и преобразование канала выполняются в соответствии с пунктом 4.2.2 "Преобразование в последовательную форму" и пунктом 4.2.3 "Кодирование канала" Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

6.2.3 Тактовая частота последовательного интерфейса

Тактовая частота последовательного интерфейса должна в 10 раз превышать частоту 10-битового параллельного интерфейса, то есть 11,88 ГГц или 11,88/1,001 ГГц.

6.2.4 Задержка между линиями

В тех случаях, когда изображение передается по нескольким линиям 12G, разность во времени между EAV/SAV любой линии 12G и любой другой линии 12G не должна превышать 250 нс у источника.

7 Формирование сигналов для передачи по линиям 24G

7.1 10-битовый мультиплекс 24G-SDI

В таблицах 3-1 и 3-2 приведены требования к потоку данных для каждого формата исходного изображения.

До преобразования в последовательную форму:

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 16 или более потоков данных:

потоки данных 1–16 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 24G-SDI; 10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 1–16, следующих в порядке: поток данных 16, поток данных 8, поток данных 12, поток данных 4, поток данных 14, поток данных 6, поток данных 10, поток данных 2, поток данных 15, поток данных 7, поток данных 11, поток данных 3, поток данных 13, поток данных 5, поток данных 9, поток данных 1 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 32 или более потоков данных:

потоки данных 17–32 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 24G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 17–32, следующих в порядке: поток данных 32, поток данных 24, поток данных 28, поток данных 20, поток данных 30, поток данных 22, поток данных 26, поток данных 18, поток данных 31, поток данных 23, поток данных 27, поток данных 19, поток данных 29, поток данных 21, поток данных 25, поток данных 17 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 48 или более потоков данных:

потоки данных 33–48 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 24G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 33–48, следующих в порядке: поток данных 48, поток данных 40, поток данных 42, поток данных 36, поток данных 46, поток данных 38, поток данных 42, поток данных 34, поток данных 49, поток данных 39, поток данных 43, поток данных 35, поток данных 45, поток данных 37, поток данных 41, поток данных 33 и т. д.;

для сигналов в тех случаях, когда для виртуального интерфейса требуется 64 или более потоков данных:

потоки данных 49–64 мультиплексируются слово за словом в 10-битовый интерфейс 24G-SDI;

10-битовый интерфейс состоит из пословно мультиплексированных потоков данных 49–64, следующих в порядке: поток данных 64, поток данных 56, поток данных 60, поток данных 52, поток данных 62, поток данных 54, поток данных 58, поток данных 50, поток данных 63, поток данных 55, поток данных 59, поток данных 51, поток данных 61, поток данных 53, поток данных 57, поток данных 49 и т. д.

Частота полученных таким образом 10-битовых параллельных интерфейсов должна составлять 2376 МГц или 2376/1,001 МГц.

7.1.1 Параллельные 10-битовые интерфейсы типа 1 и типа 2

Как показано в таблице 3-4 и на рисунке 3-8, потоки данных для изображений с частотой кадров 30 Гц, 30/1,001 Гц, 25 Гц, 24 Гц и 24/1,001 Гц со структурой изображения 1 (4 : 2 : 2 или 4 : 2 : 0, 10 битов) имеют структуру строки с компонентами данных EAV, SAV, LN и CRC двойной длины. Мультиплексирование этих потоков данных дает 10-битовый параллельный интерфейс типа 2. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 2 показан на рисунке 3-17.

Для всех остальных изображений используется параллельный 10-битовый интерфейс типа 1. Параллельный 10-битовый интерфейс типа 1 показан на рисунке 3-16.

РИСУНОК 3-16
10-битовый мультиплекс 24G-SDI – тип 1

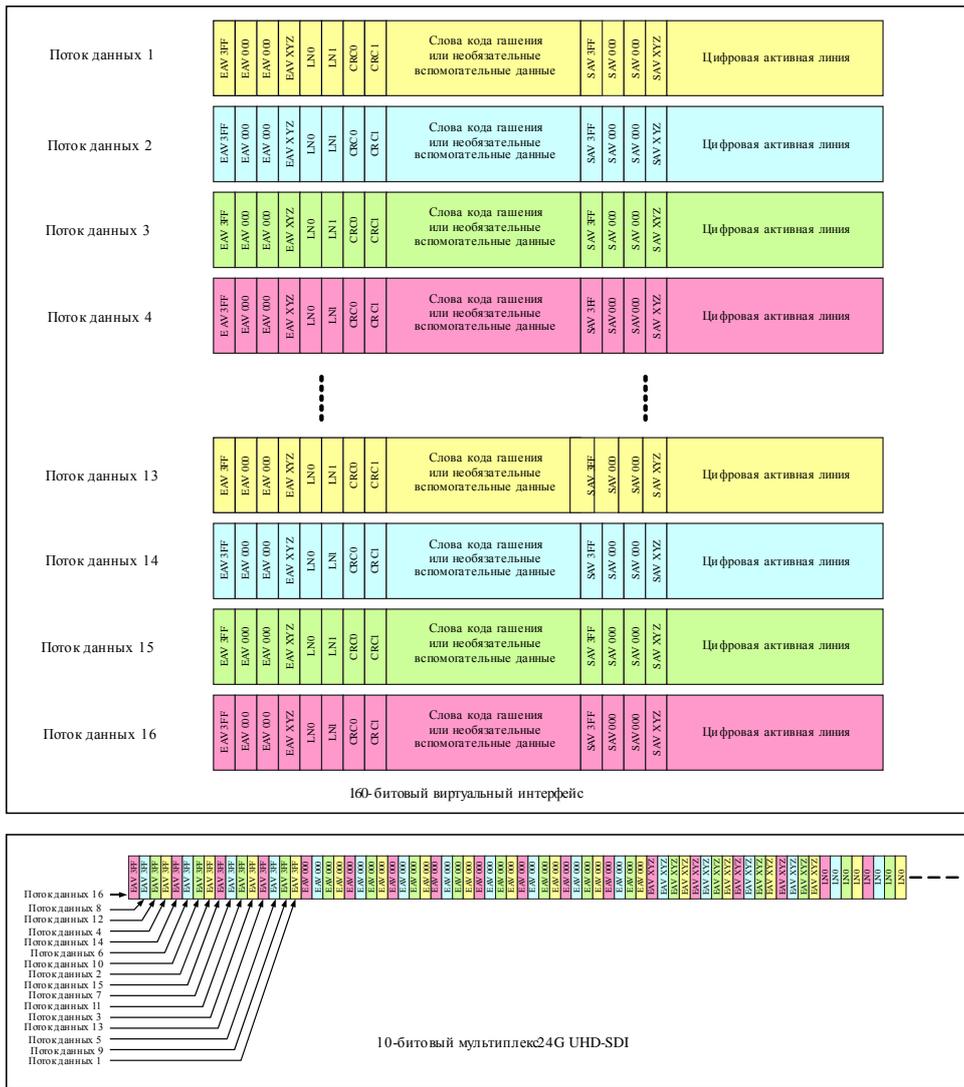
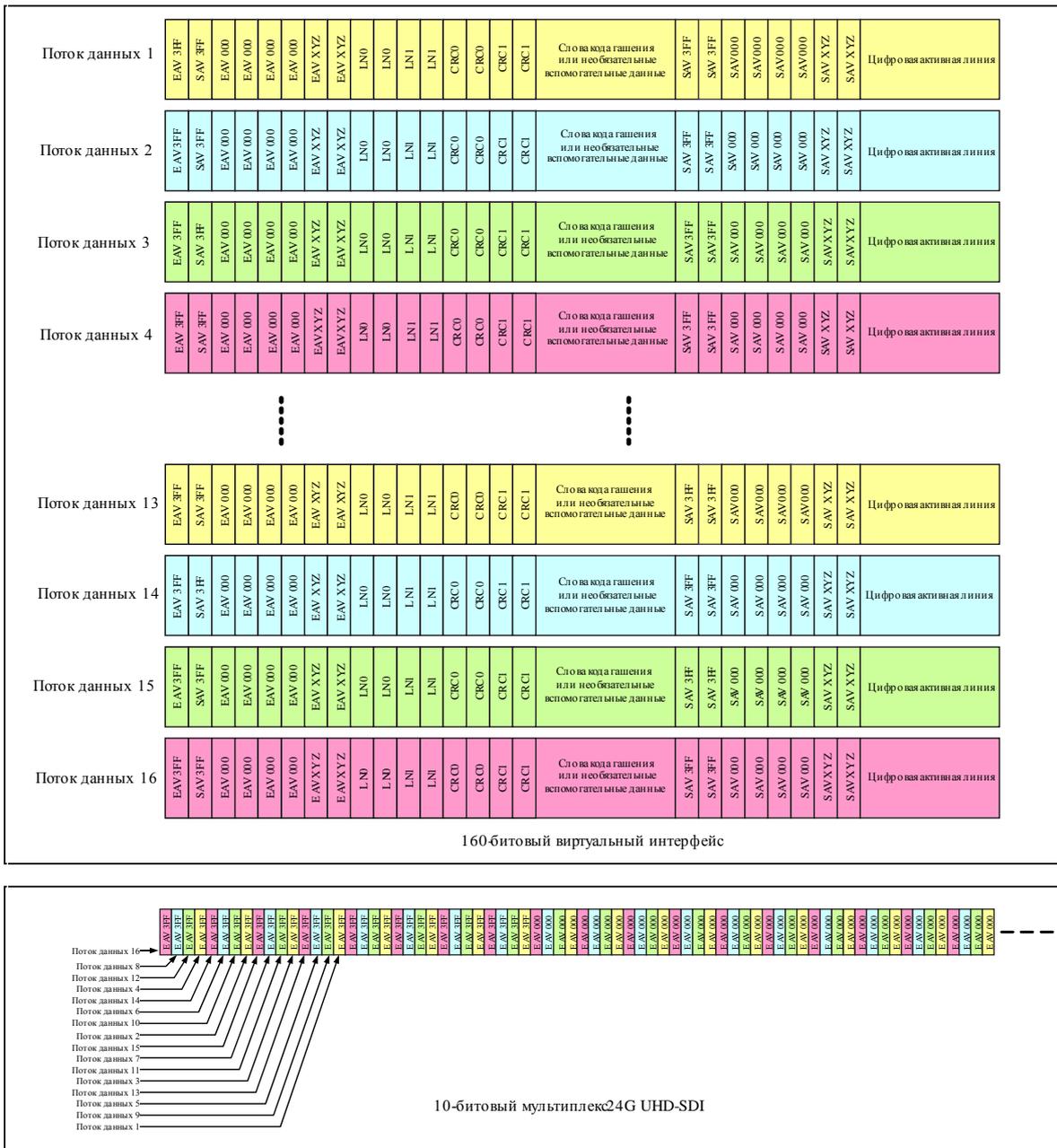


РИСУНОК 3-17

10-битовый мультиплекс 24G-SDI – тип 2



ВТ.2077-03-1 7

Затем каждый 10-битовый мультиплексированный интерфейс 24G-SDI преобразуется для формирования последовательного интерфейса 24G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 24G-SDI, состоящий из потоков данных 1–16, преобразуется как последовательная линия 1 интерфейса 24G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 24G-SDI, состоящий из потоков данных 17–32, преобразуется как последовательная линия 2 интерфейса 24G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 24G-SDI, состоящий из потоков данных 33–48, преобразуется как последовательная линия 3 интерфейса 24G-SDI.

10-битовый мультиплексированный интерфейс 24G-SDI, состоящий из потоков данных 49–64, преобразуется как последовательная линия 4 интерфейса 24G-SDI.

7.2 Последовательный интерфейс 24G-SDI

7.2.1 Вставка синхронизирующих битов

Повторение комбинаций 3FF_h или 000_h в 10-битовом параллельном мультиплексе 24G-SDI может привести к длинной череде единиц и нулей на входе скремблирующего полинома.

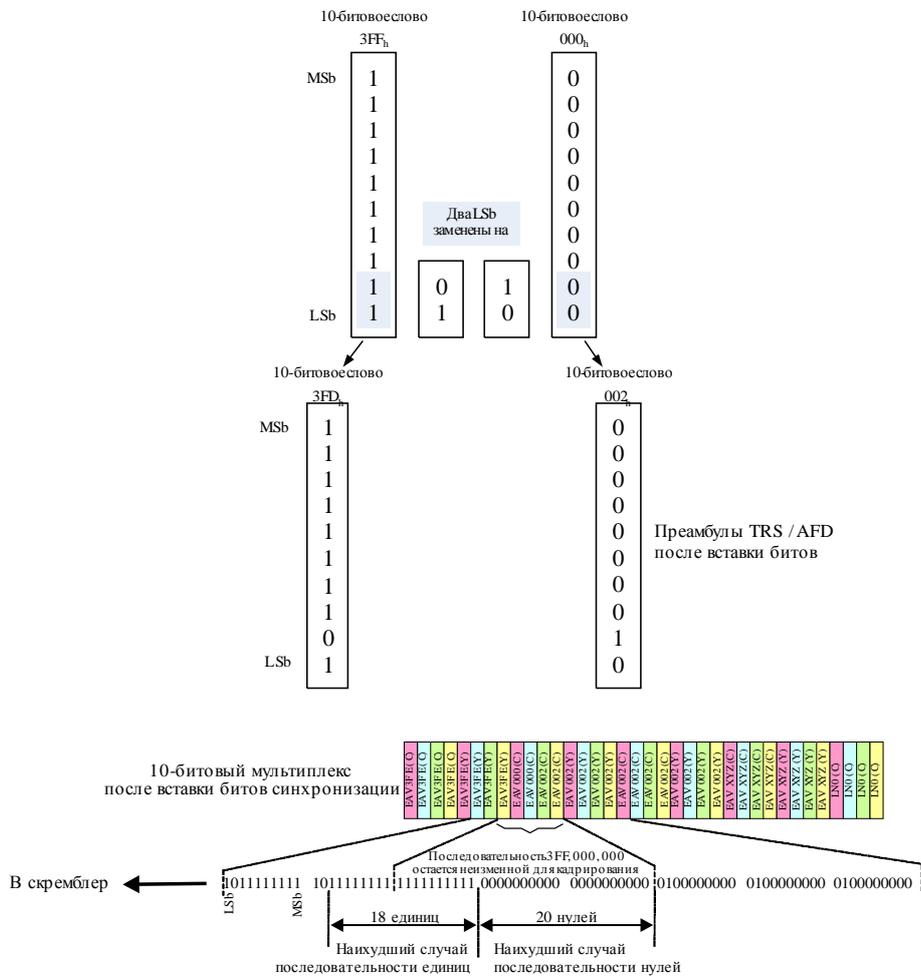
Для предотвращения длинной череды единиц и нулей поток данных 10-битового параллельного мультиплекса модифицируется таким образом, что 2 LSB повторяющихся кодовых слов 3FF_h или 000_h заменяются значениями битов синхронизации 10_b для слов 000_h и 01_b для слов 3FF_h.

Чтобы обеспечить надежную синхронизацию и выравнивание слов в приемнике, необходимо сохранить одну полную последовательность преамбул – 3FF_h, 000_h, 000_h – без изменения, как показано на рисунке 3-15.

В приемнике происходит процесс, обратный процессу вставки битов синхронизации, с восстановлением исходных комбинаций данных 3FF_h и 000_h.

РИСУНОК 3-18

Процесс вставки битов синхронизации



7.2.2 Кодирование канала и преобразование в последовательную форму

Кодирование и преобразование канала выполняются в соответствии с пунктом 4.2.2 "Преобразование в последовательную форму" и пунктом 4.2.3 "Кодирование канала" Рекомендации МСЭ-R ВТ.1120-8.

7.2.3 Тактовая частота последовательного интерфейса

Тактовая частота последовательного интерфейса должна в 10 раз превышать частоту 10-битового параллельного интерфейса, то есть 23,76 ГГц или 23,76/1,001 ГГц.

7.2.4 Задержка между линиями

В тех случаях, когда изображение передается по нескольким линиям 24G, разность во времени между EAV/SAV любой линии 24G и любой другой линии 24G не должна превышать 250 нс у источника.

8 Интерфейс на основе коаксиального кабеля

8.1 Уровни и спецификации сигналов генератора

Настоящие спецификации определяются для измерения последовательного выходного сигнала источника, полученного из сигнала параллельной области.

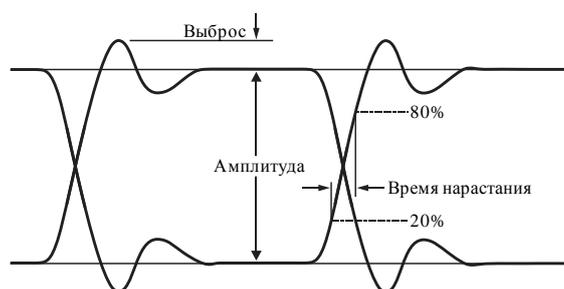
Выходной сигнал генератора измеряется на 75-омной резистивной нагрузке, подключенной через коаксиальный кабель длиной 1 м и соединители BNC⁸ 75 Ом, отвечающие требованиям, определенным в пункте 8.2.

Рисунок 3-19 иллюстрирует измерение значений амплитуды, времени нарастания и выбросов фронтов сигнала.

Генератор должен иметь несбалансированную выходную цепь с полным сопротивлением источника 75 Ом и удовлетворять требованиям по потерям на отражение, определенным в таблице 3-12.

РИСУНОК 3-19

Измерение формы сигнала



ВТ.2077-03-19

Размах амплитуды сигнала должен составлять $800 \text{ мВ} \pm 10\%$.

Номинальное смещение по постоянному току, определяемое по точке средней амплитуды сигнала, должно составлять $0,0 \text{ В} \pm 0,5 \text{ В}$.

Для интерфейса 6G значения времени нарастания и спада сигнала, определенные между точками 20% и 80% амплитуды, не должны превышать 80 пс и не должны различаться более чем на 30 пс.

Для интерфейса 12G значения времени нарастания и спада импульса, определенные между точками 20% и 80% амплитуды, не должны превышать 45 пс и не должны различаться более чем на 18 пс.

⁸ Соединитель BNC соответствует механическим спецификациям IEC 61196-8, Приложение А, и электрическим спецификациям, указанным в части 3 настоящей Рекомендации.

Для интерфейса 24G значения времени нарастания и спада импульса, определенные между точками 20% и 80% амплитуды, не должны превышать 28 пс и не должны различаться более чем на 8 пс.

Выбросы нарастающих и спадающих фронтов сигнала не должны превышать 10% от амплитуды.

Размах амплитуды сигнала на выходе, обусловленный наличием значительной постоянной составляющей в сигналах на горизонтальной строке (патологические сигналы), не должен выходить за пределы, ограниченные уровнем 50 мВ выше, или ниже средней амплитуды огибающей сигнала (в размахе).

Значения фазового дрожания фронтов сигнала данных, необходимые для обеспечения соответствия части 3 настоящей Рекомендации, указаны в таблице 3-11.

1 UI соответствует $1/f_c$. Параметры фазового дрожания и методы его измерения должны соответствовать Рекомендации МСЭ-R ВТ.1363 "Спецификация параметров фазового дрожания и методы его измерения для последовательных сигналов, соответствующих Рекомендациям МСЭ-R ВТ.656, МСЭ-R ВТ.799 и МСЭ-R ВТ.1120".

ТАБЛИЦА 3-11

Спецификации фазового дрожания

Параметр	Значение			Описание
	6G	12G	24G	
F1	10 Гц	10 Гц	10 Гц	Нижняя граница полосы фазового дрожания (нижний предел частоты)
F3	100 кГц	100 кГц	100 кГц	Нижняя граница полосы дрожания при настройке
F4	> 1/10 частоты синхронизации (> 594 МГц)	> 1/10 частоты синхронизации (> 1188 МГц)	> 1/10 частоты синхронизации (> 2356 МГц)	Верхняя граница полосы
A1	4 UI (673 пс)	8 UI (673 пс)	16 UI (673 пс)	Фазовое дрожание, выраженное в единичных интервалах
A2	0,3 UI (56 пс)	0,3 UI (28 пс)	0,3 UI (14 пс)	Дрожание при настройке
Испытательный сигнал	Испытательный сигнал цветовой полос	Испытательный сигнал цветовой полос	Испытательный сигнал цветовой полос	Сигнал цветовой полосы выбран в качестве ненапрягающего испытательного сигнала для измерения дрожания

8.2 Уровни сигналов приемника и спецификации

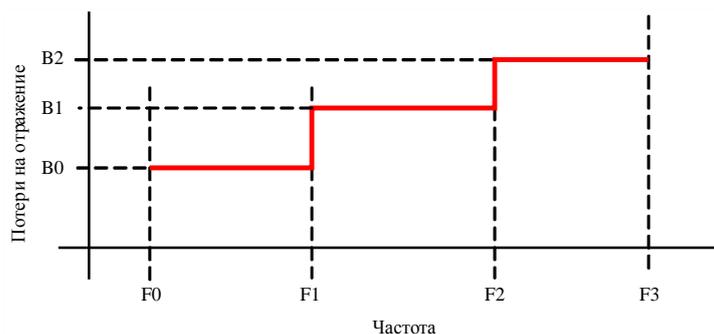
Приемник сигнала последовательного интерфейса должен иметь полное сопротивление 75 Ом и удовлетворять требованиям к потерям на отражение, определенным в пункте 8.2.1.

Типичными являются приемники, работающие с потерями во входном кабеле до 40 дБ при половинной тактовой частоте; однако приемлемы и приемники, предназначенные для работы с большим или меньшим ослаблением сигнала.

8.2.1 Потери на отражение интерфейса 6G

Потери на отражение несбалансированной цепи генератора и приемника должны соответствовать диаграмме, представленной на рисунке 3-20, в соответствии с параметрами, указанными в таблице 3-12.

РИСУНОК 3-20
Потери на отражение интерфейса 6G



ВТ.2077-03-20

ТАБЛИЦА 3-12

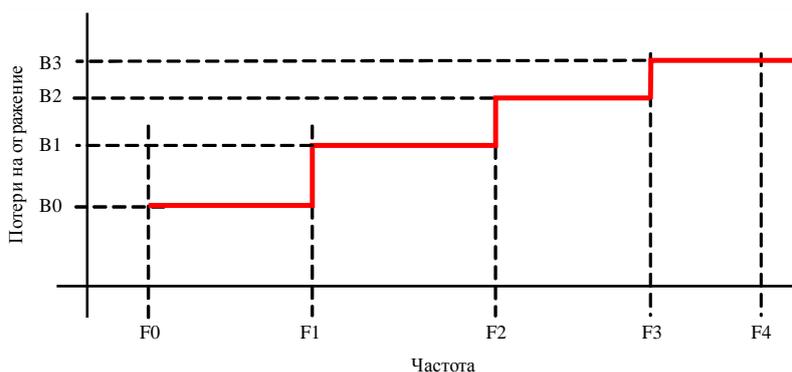
Параметры потерь на отражение интерфейса 6G

Параметр	Значение	Описание
F0	5 МГц	Нижняя граница полосы потерь на отражение
F1	1,485 ГГц	Нижняя граница полосы перехода потерь на отражение
F2	3 ГГц	Верхняя граница полосы перехода потерь на отражение
F3	6 ГГц	Верхняя граница полосы перехода потерь на отражение
B0	-15 дБ	Потери на отражение в полосе от F0 до F1
B1	-10 дБ	Потери на отражение в полосе от F1 до F2
B2	-7 дБ	Потери на отражение в полосе от F2 до F3

8.2.2 Потери на отражение интерфейса 12G

Потери на отражение несбалансированной цепи генератора и приемника должны соответствовать диаграмме, представленной на рисунке 3-21, в соответствии с параметрами, указанными в таблице 3-13.

РИСУНОК 3-21
Потери на отражение интерфейса 12G



ВТ.2077-03-21

ТАБЛИЦА 3-13

Параметры потерь на отражение 12G

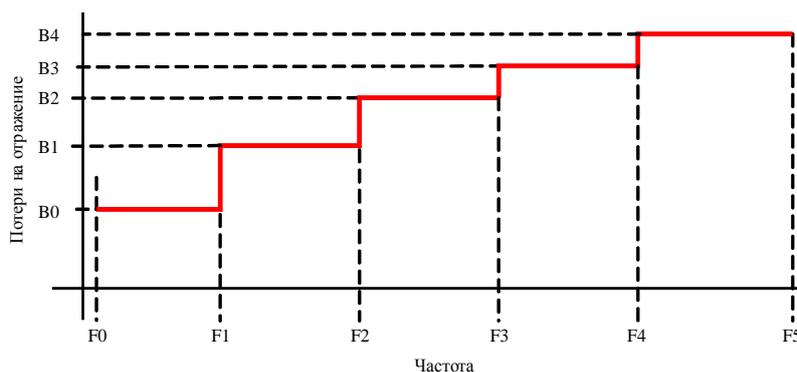
Параметр	Значение	Описание
F0	5 МГц	Нижняя граница полосы потерь на отражение
F1	1,485 ГГц	Нижняя граница полосы перехода потерь на отражение
F2	3 ГГц	Граница средней полосы потерь на отражение
F3	6 ГГц	Верхняя граница средней полосы потерь на отражение
F4	12 ГГц	Верхняя граница полосы потерь на отражение
B0	-15 дБ	Потери на отражение в полосе от f0 до f1
B1	-10 дБ	Потери на отражение в полосе от f1 до f2
B2	-7 дБ	Потери на отражение в полосе от f2 до f3
B3	-4 дБ	Потери на отражение в полосе от f3 до f4

8.2.3 Потери на отражение интерфейса 24G

Потери на отражение несбалансированной цепи генератора и приемника должны соответствовать диаграмме, представленной на рисунке 3-22, в соответствии с параметрами, указанными в таблице 3-14.

РИСУНОК 3-22

Потери на отражение интерфейса 24G



ВТ.2077-03-22

ТАБЛИЦА 3-14

Параметры потерь на отражение 24G

Параметр	Значение	Описание
F0	5 МГц	Нижняя граница полосы потерь на отражение
F1	1,485 ГГц	Нижняя граница полосы перехода потерь на отражение
F2	3 ГГц	Граница средней полосы потерь на отражение
F3	6 ГГц	Верхняя граница средней полосы потерь на отражение

ТАБЛИЦА 3-14 (окончание)

Параметр	Значение	Описание
F4	12 ГГц	Верхняя граница верхней средней полосы потерь на отражение
F5	24 ГГц	Верхняя граница полосы потерь на отражение
B0	-15 дБ	Потери на отражение в полосе от f0 до f1
B1	-10 дБ	Потери на отражение в полосе от f1 до f2
B2	-7 дБ	Потери на отражение в полосе от f2 до f3
B3	-4 дБ	Потери на отражение в полосе от f3 до f4
B4	-2 дБ	Потери на отражение в полосе от f4 до f5

9 Оптический интерфейс

В Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367 представлена информация по использованию одномодового и многомодового волоконно-оптических кабелей для передачи последовательных данных, определенных в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.656, МСЭ-R ВТ.799 и МСЭ-R ВТ.1120 (от 270 Мбит/с до 2,97 Гбит/с).

Этот раздел дополняет Рекомендацию МСЭ-R ВТ.1367 сведениями о передаче последовательных данных 6G, 12G и 24G, определенных выше в разделе об интерфейсах на основе коаксиального кабеля.

Физический корпус и соединители для блоков передатчика и приемника

Оптический интерфейс должен отвечать требованиям, предъявляемым к оптическим соединителям приемника и передатчика и к их полировке, установленным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.1367 предпочтительными оптическими соединителями для приемника и передатчика и сопряженных с ними секций входного и выходного кабелей являются соединители типа LC/PC.

9.1 Блок передатчика

Блок передатчика должен соответствовать параметрам линий связи малой мощности (малой дальности), средней мощности (средней дальности) и большой мощности (большой дальности), установленным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, с учетом следующих исключений:

- время нарастания и спада – измеренное после фильтра Бесселя–Томпсона четвертого порядка с точкой 3 дБ на $0,75 \times$ скорость передачи данных – должно соответствовать требованиям ко времени нарастания/спада электрических сигналов, установленным выше в разделе об интерфейсах на основе коаксиального кабеля;
- максимальное внутреннее дрожание (оптическое) должно соответствовать указанному выше в разделе об интерфейсах на основе коаксиального кабеля;
- максимальная ширина спектральной линии между точками половинной мощности для одномодовых маломощных линий 6G и 12G должна составлять 4 нм;
- максимальная ширина спектральной линии между точками половинной мощности для одномодовых линий 24G при всех уровнях мощности должна составлять 1 нм;
- максимальная оптическая мощность для линий 6G и 12G средней мощности должна составлять +0,5 дБм;
- максимальная оптическая мощность для линий 24G средней мощности должна составлять +3 дБм;
- минимальная оптическая мощность для линий 24G средней мощности должна составлять -1 дБм.

9.1.1 Маркировка блока передатчика

Маркировка блока передатчика должна соответствовать требованиям к такой маркировке, установленным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, с учетом следующих исключений:

- элемент <signal type> должен поддерживать следующие дополнительные значения:
 - "E" – для обозначения поддержки сигналов 6G;
 - "F" – для обозначения поддержки сигналов 12G;
 - "G" – для обозначения поддержки сигналов 24G.

9.2 Блок приемника

Блок приемника должен соответствовать требованиям, установленным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, с учетом следующих исключений:

- выходной электрический сигнал блока приемника должен соответствовать требованиям, установленным выше в разделе об интерфейсах на основе коаксиального кабеля, когда принимаемый оптический сигнал соответствует Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, таблица 2 "Спецификации входного сигнала оптического приемника";
- максимальный уровень дрожания должен соответствовать указанному выше в разделе об интерфейсах на основе коаксиального кабеля;
- минимальная входная мощность, как указано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, таблица 2 "Спецификации входного сигнала оптического приемника", должна составлять:
 - –14 дБм для 6G;
 - –14 дБм для 12G;
 - –9 дБм для 24G;
- минимальная входная мощность перегрузки, как указано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, таблица 2 "Спецификации входного сигнала оптического приемника", должна составлять +0,5 дБм для оптических приемников, соответствующих данным в части 3 настоящей Рекомендации.

9.2.2 Маркировка блока приемника

Маркировка блока приемника должна соответствовать требованиям к такой маркировке, установленным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367, с учетом следующих исключений:

- элемент <signal type> должен поддерживать следующие дополнительные значения:
 - "E" – для обозначения поддержки сигналов 6G;
 - "F" – для обозначения поддержки сигналов 12G;
 - "G" – для обозначения поддержки сигналов 24G.

Спецификация волоконно-оптических линий и соединителей

Для соответствия части 3 настоящей Рекомендации волоконно-оптические линии и соединители, применяемые в оптической сети SDI, выбираются в соответствии со спецификациями (типы оптоволокна и потери на отражение в соединителе), установленными в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367.

9.2.3 Выбор длин волн⁹

Для одно- или многоканального использования нескольких волокон с одной длиной волны на волокно:

- номинальная центральная длина волны для одномодового волокна 1311 нм;
- номинальная центральная длина волны для многомодового волокна 850 нм.

Для многоканальной линии с использованием CWDM.

ТАБЛИЦА 3-15

Рекомендуемые значения номинальной центральной длины волны

Количество линий	λ для линии 1	λ для линии 2	λ для линии 3	λ для линии 4	λ для линии 5	λ для линии 6	λ для линии 7	λ для линии 8
Две	1 271	1 291	–	–	–	–	–	–
Четыре	1 271	1 291	1 311	1 331	–	–	–	–
Восемь	1 271	1 291	1 311	1 331	1 351	1 371	1 391	1 411

ПРИМЕЧАНИЕ. – Тип волокна для восьмиканальных применений, когда используются линии 7 и 8, описан в Приложении F к Рекомендации МСЭ-R ВТ.1367-2.

⁹ Эти линии связи обычно используются для соединений типа пункт-пункт внутри здания, и пользователи или производители могут выбирать альтернативные значения длины волны.

Прилагаемый документ 1

к части 3 (информативный)

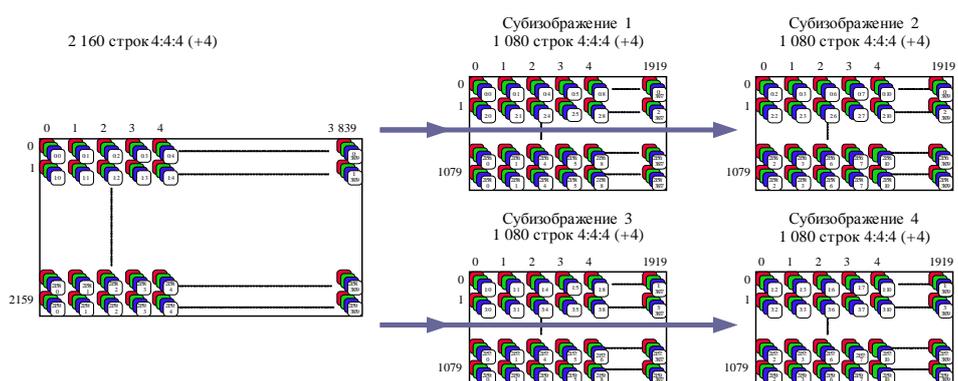
Разделение изображения по структуре

Для процесса разделения с перемежением двух отсчетов, используемого в части 3 настоящей Рекомендации, структура субизображений для вариантов структуры изображения $4 : 4 : 4$, $4 : 4 : 4 + 4$, $4 : 2 : 2$ и $4 : 2 : 2 + 4$ та же, что и для структуры исходного изображения.

На рисунке 3-1-1 показан пример изображения из 2160 строк со структурой $4 : 4 : 4$ или $4 : 4 : 4 + 4$, разделенного на четыре изображения из 1080 строк.

РИСУНОК 3-1-1

Разделение изображения $4 : 4 : 4(+4)$

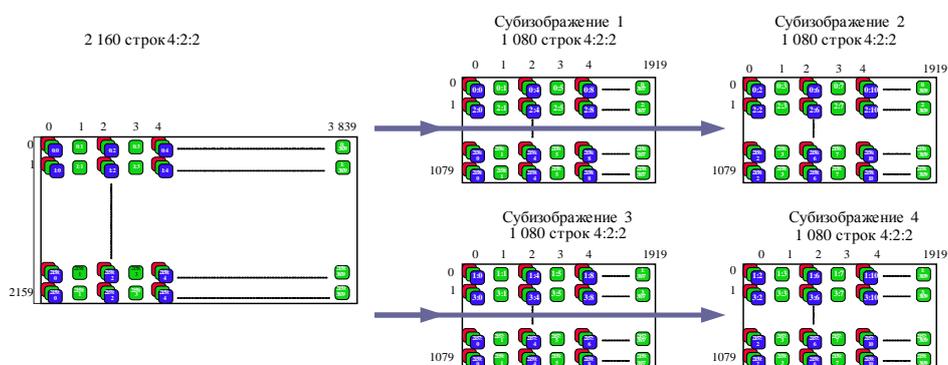


ВТ.2077-03-1-01

На рисунке 3-1-2 показан пример изображения из 2160 строк со структурой $4 : 2 : 2$, разделенного на четыре субизображения.

РИСУНОК 3-1-2

Разделение изображения $4 : 2 : 2$



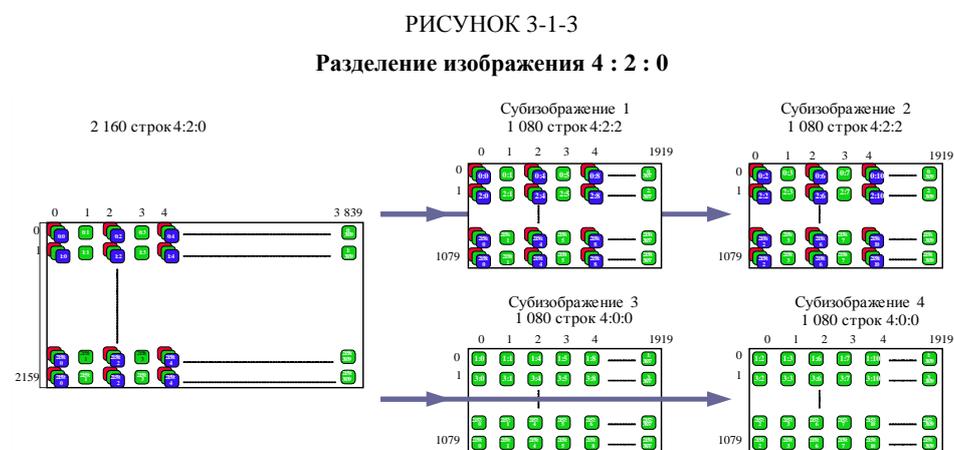
ВТ.2077-03-1-02

Поскольку в процессе разделения с перемежением двух отсчетов строки попеременно назначаются разным субизображениям, исходные изображения со структурой $4 : 2 : 0$ не дают субизображений со структурой $4 : 2 : 0$.

Четные строки исходного изображения содержат компоненты Y и C, а нечетные – только компоненты Y.

Процесс разделения с перемежением двух отсчетов дает субизображения 1 и 2, содержащие компоненты Y и C в структуре изображения 4 : 2 : 2, и субизображения 3 и 4, содержащие только компоненты Y.

На рисунке 3-1-3 показан пример изображения из 2160 строк со структурой 4 : 2 : 0, разделенного на четыре субизображения.



Результирующие субизображения транспортируются в мультиплексе 4 : 2 : 2. Недостающим компонентам C мультиплекса присваиваются значения данных, соответствующие нулевому цветоразностному сигналу. Эти значения составляют 200_h в случае 10-битовой системы и 800_h в случае 12-битовой системы.

Для исходных изображений из 4320 строк имеет место разделение, показанное на рисунке 3-1-3, когда изображение из 4320 строк разделяется на четыре промежуточных субизображения из 2160 строк, так что промежуточные субизображения 1 и 2 из 2160 строк содержат компоненты C структуры 4 : 2 : 2, а промежуточные субизображения 3 и 4 из 2160 строк – компоненты C с нулевыми значениями цветоразностного сигнала. Когда каждое из промежуточных субизображений из 2160 строк разделяется на четыре субизображения из 1080 строк:

- субизображения 1–4 из 1080 строк, полученные из промежуточного субизображения 1 из 2160 строк, и субизображения 5–8 из 1080 строк, полученные из промежуточного субизображения 2 из 2160 строк, содержат все компоненты C исходного изображения из 4320 строк в структуре изображения 4 : 2 : 2;
- субизображения 9–12 из 1080 строк, полученные из промежуточного субизображения 3 из 2160 строк, и субизображения 13–16 из 1080 строк, полученные из промежуточного субизображения 4 из 2160 строк, содержат только компоненты C с нулевыми цветоразностными значениями.

Прилагаемый документ 2

к части 3 (информативный)

Использование устройства Gearbox для преобразования интерфейсов

Как показано на рисунках 3-1 и 3-2, исходное изображение преобразуется в несколько потоков данных, а затем эти потоки данных мультиплексируются в одну или более линий с пропускной способностью 6 Гбит/с при четырех потоках данных на линию, в одну или несколько линий с пропускной способностью 12 Гбит/с при восьми потоках данных на линию или в одну или несколько линий с пропускной способностью 24 Гбит/с при 16 потоках данных на линию.

Виртуальные интерфейсы для каждого формата изображения, включая все вспомогательные видео- и аудиоданные, идентичны, за исключением значений PID, которые имеют разные значения байта 1, отражающие тип выходного интерфейса, и разные значения байта 4, указывающие номер линии.

Очевидно, что возможно использовать простое устройство, которое, например, получает сигнал четырехканального интерфейса 6G и выдает одноканальный сигнал интерфейса 24G. Это устройство называется устройством Gearbox (для преобразования интерфейсов).

Функции устройства Gearbox:

- 1) мультиплексирование двух или четырех входов на один выход или демultipлексирование одного входа на два или четыре выхода;
- 2) изменение содержания байта 1 PID для указания типа выходного интерфейса;
- 3) изменение содержания байта 4 PID для указания номера выходной линии.

Такое устройство Gearbox может быть выполнено в виде отдельного устройства или в виде устройства, встроенного во входы или выходы оборудования по обработке или коммутации данных.
