

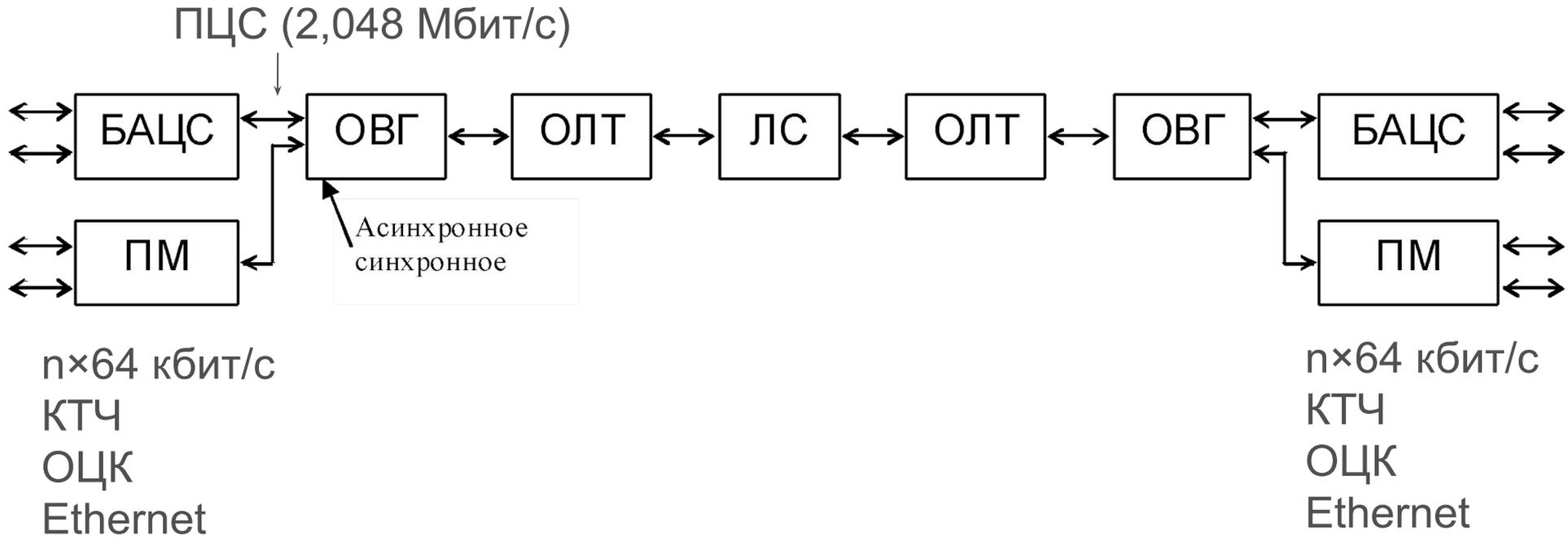
Временное группообразование

- Режим переноса
 - Синхронный(STM)
 - ЧРК (FDM)
 - ВРК (TDM)
 - АИМ, ШИМ, ФИМ
 - ЦСП
 - ПЦИ
 - СЦИ
 - Асинхронный (АТМ)
 - Коммутация пакетов

АТМ - Asynchronous Transfer Mode
STM - Synchronous Transfer Mode

TDM - Time Division Multiplexing
FDM - Frequency-Division Multiplexing

Обобщенная структурная схема ЦСП

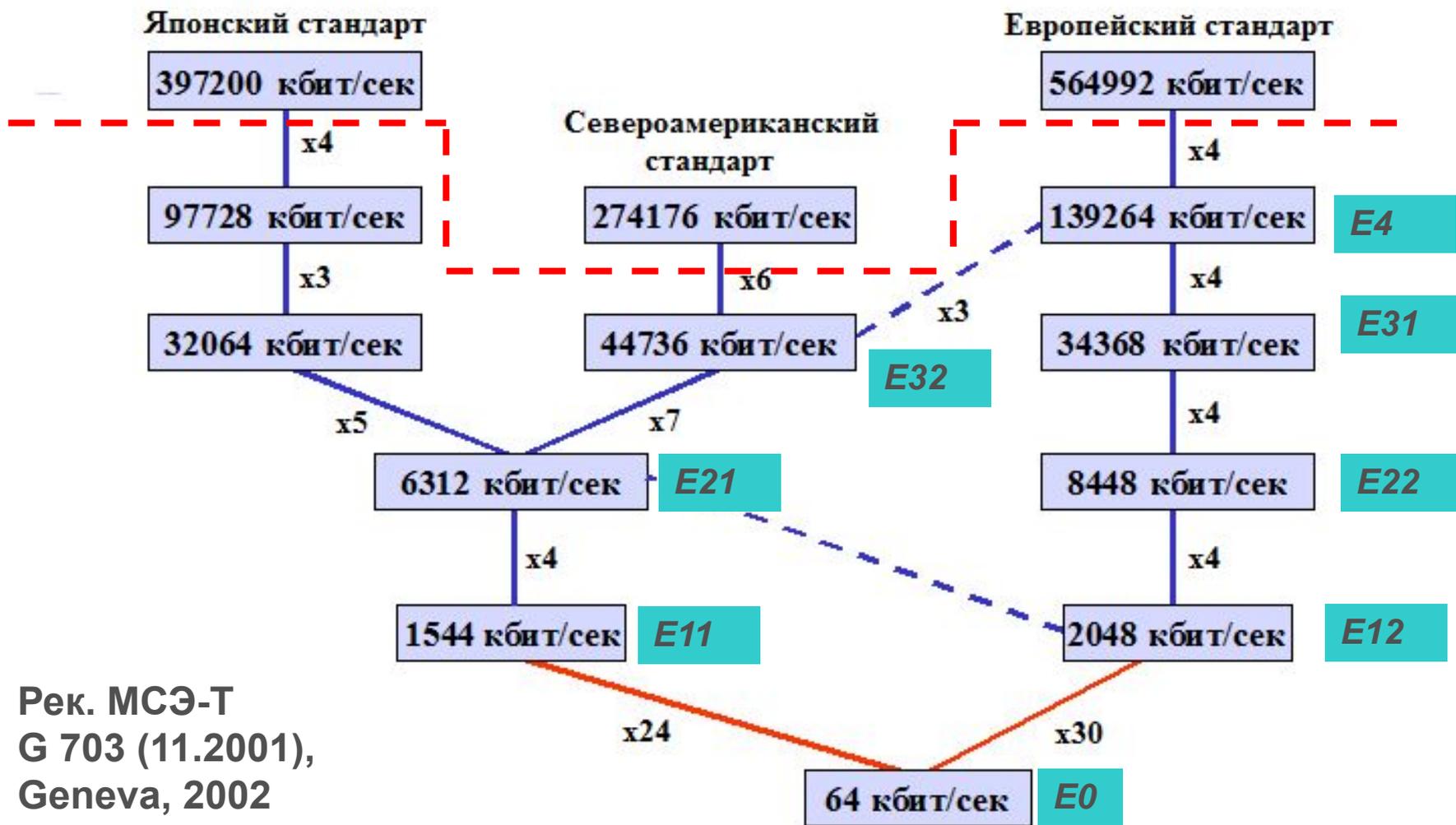


Организации по стандартизации

- ***ANSI (American National Standards Institute)*** - Американский национальный институт стандартов - частная неправительственная некоммерческая организация, членами которой являются компании - производители оборудования, сетевые операторы и другие.
- ***Bellcore (Bell Communications Research)*** - Исследовательский центр в области связи Bell Telephone (США).
- ***EIA (Electronic Industries Association)*** - Ассоциация электронной промышленности (США)
- ***ETSI (European Telecommunications Standards Institute)*** - Европейский институт стандартов в области связи (ЕЕС, основан в 1988)
- ***IEC (International Electrotechnical Commission)*** - Международная электротехническая комиссия (МЭК) (основана в 1906).

Организации по стандартизации

- ***IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*** - Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР) (США)
- ***ISO (International Standards Organization)*** или International Organization for Standardization -Международная организация по стандартизации (МОС, основана в 1946) - организация, разрабатывающая международные стандарты во всех областях кроме электроники и электротехники, которые готовит МЭК (IEC)
- ***ITU (International Telecommunications Union)*** - Международный Союз Электросвязи (МСЭ) - Агентство ООН (Комитеты CCIR и ITU-T, заменивший с 1.3.93 Комиссию JСMT-МККТТ)
- ***ITU-T (The ITU Telecommunication Standardization Sector)*** - Сектор стандартизации электросвязи МСЭ - постоянный орган по стандартизации в области электросвязи МСЭ с 1993 г.



Рек. МСЭ-T
G 703 (11.2001),
Geneva, 2002

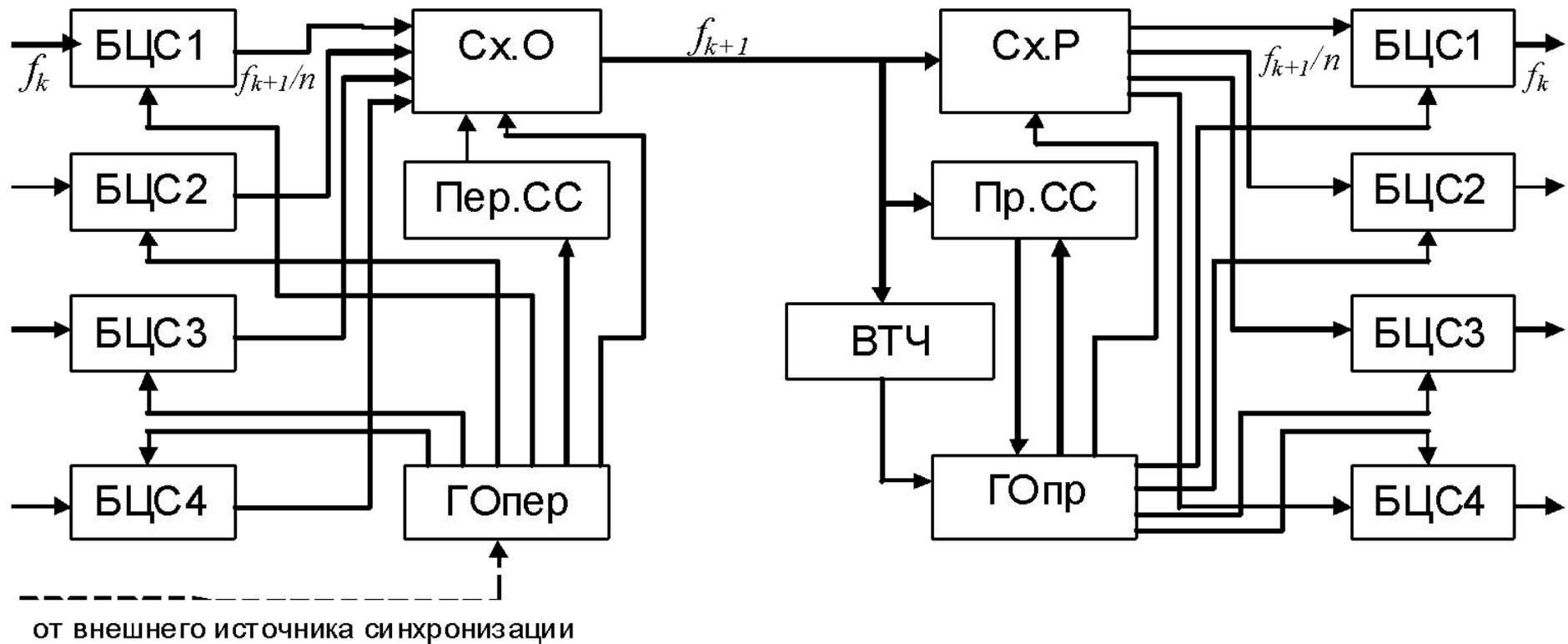
— побитное чередование при мультиплексировании (бит-интерливинг)

— побайтное чередование при мультиплексировании (байт-интерливинг)

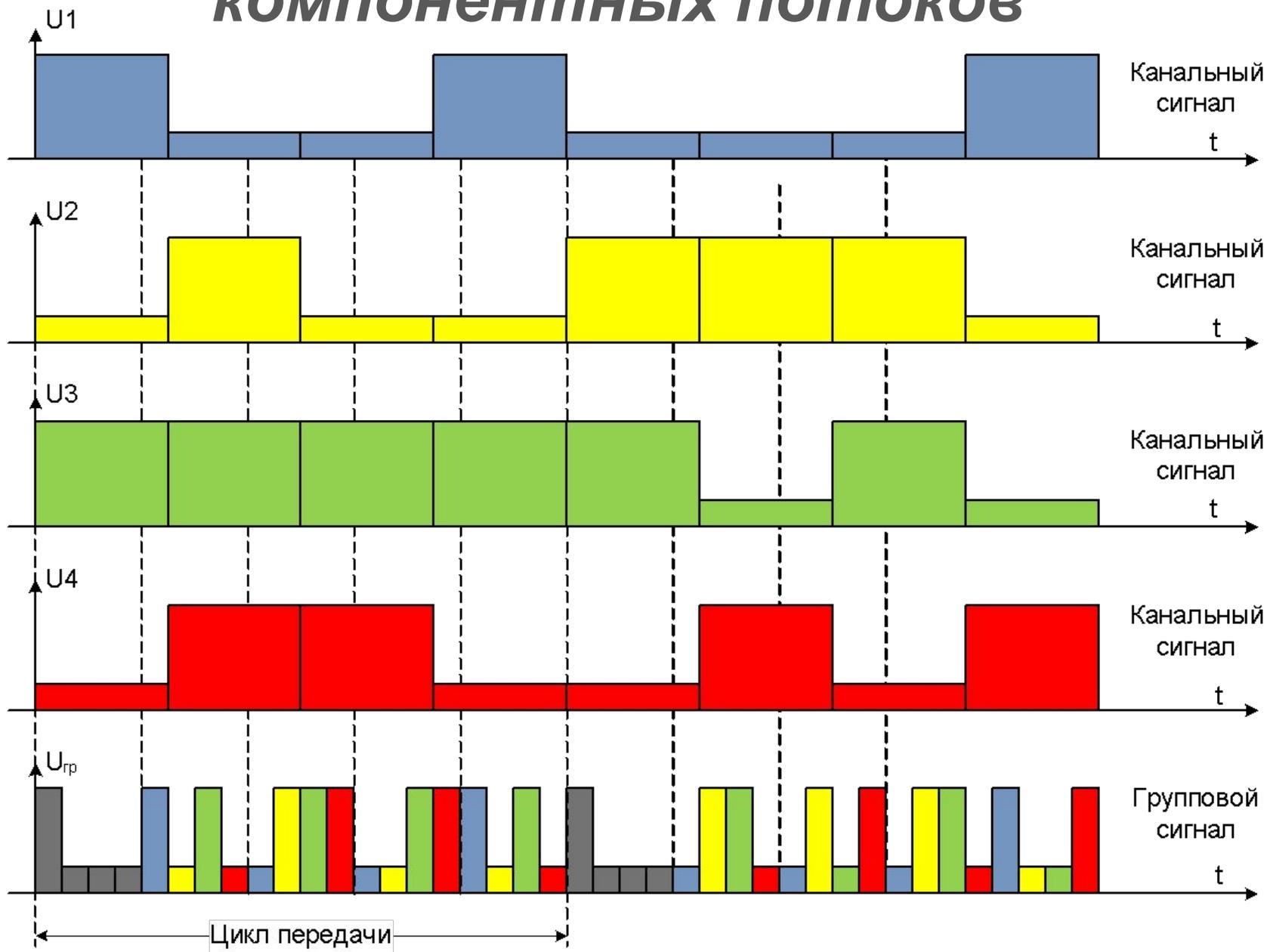
Иерархия SDH

Уровень SDH	Скорость, Мбит/с
STM-1	155,520
STM-4	622,08
STM-16	2 488,32
STM-64	9 953,28
STM-256	39 813,12

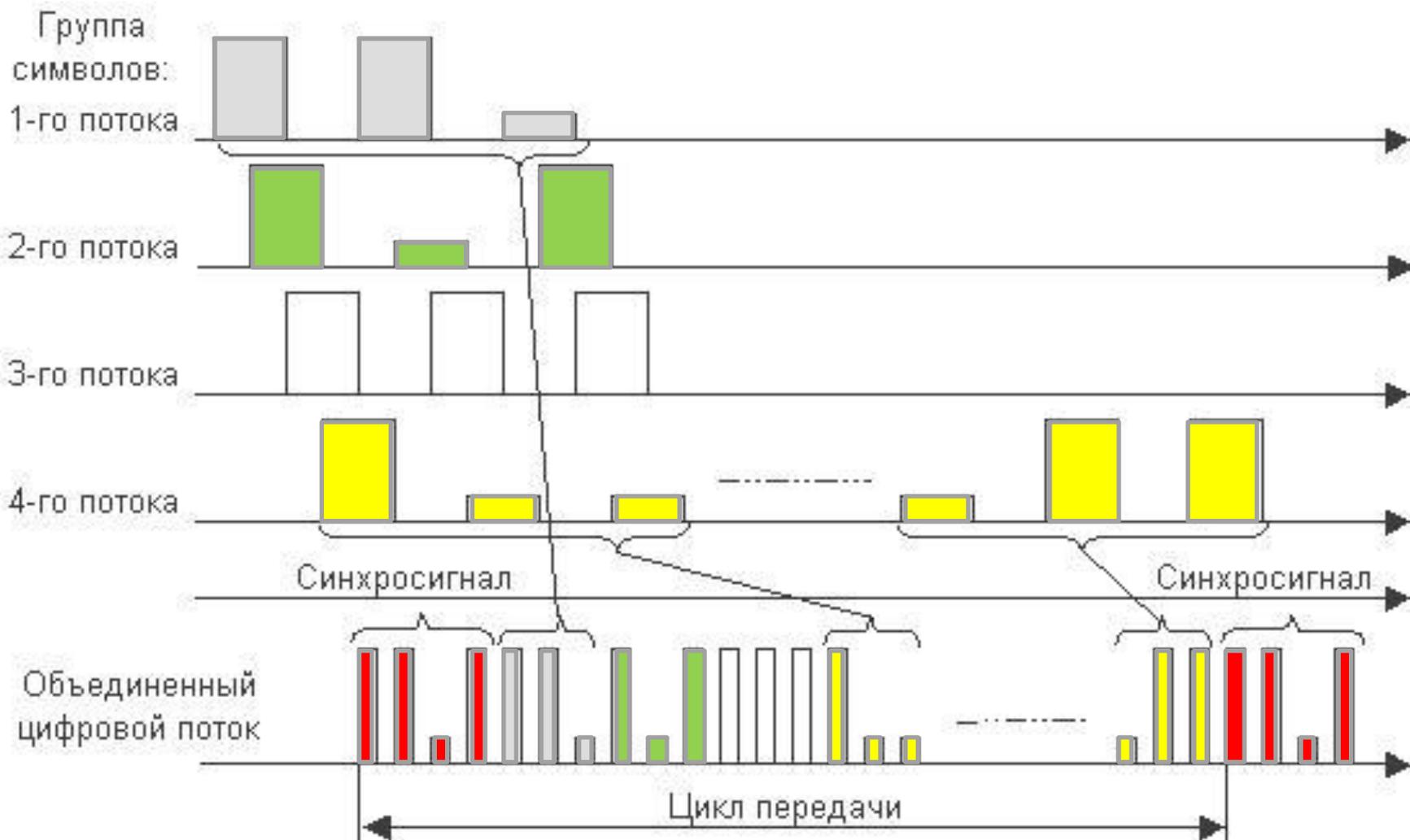
Обобщенная структурная схема оборудования временного группообразования



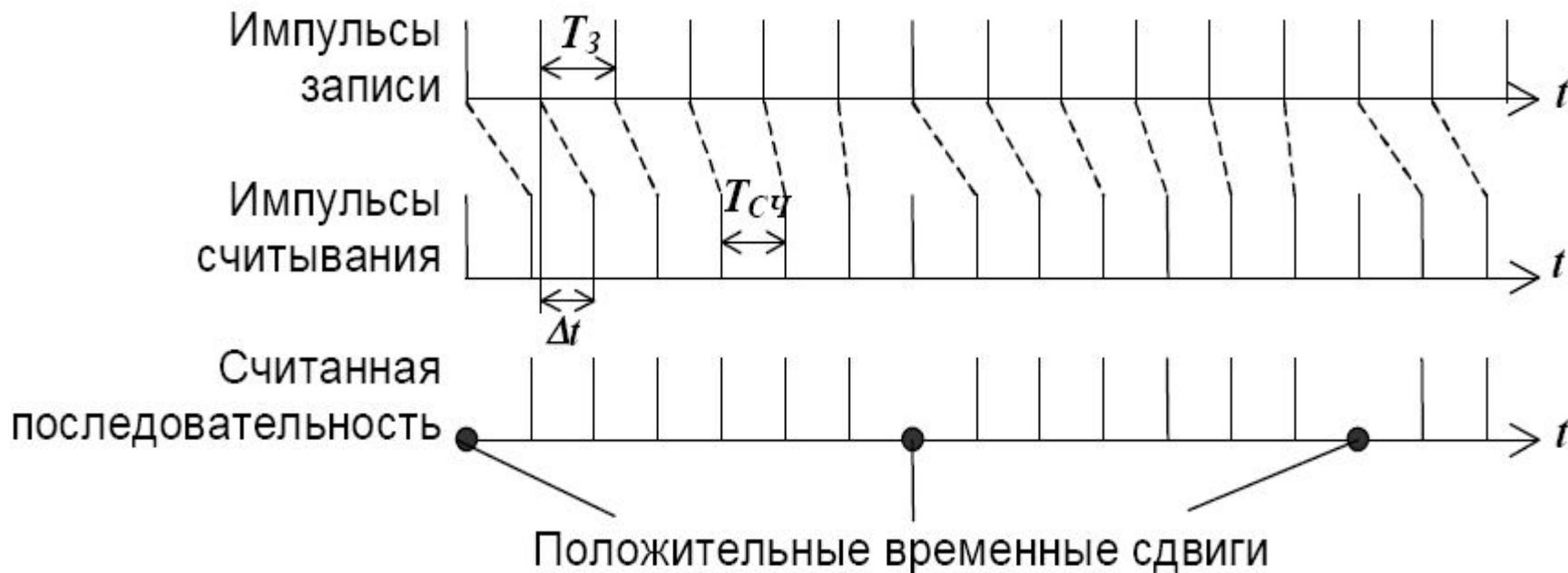
Посимвольное объединение компонентных потоков



Побайтное объединение КОМПОНЕНТНЫХ ПОТОКОВ



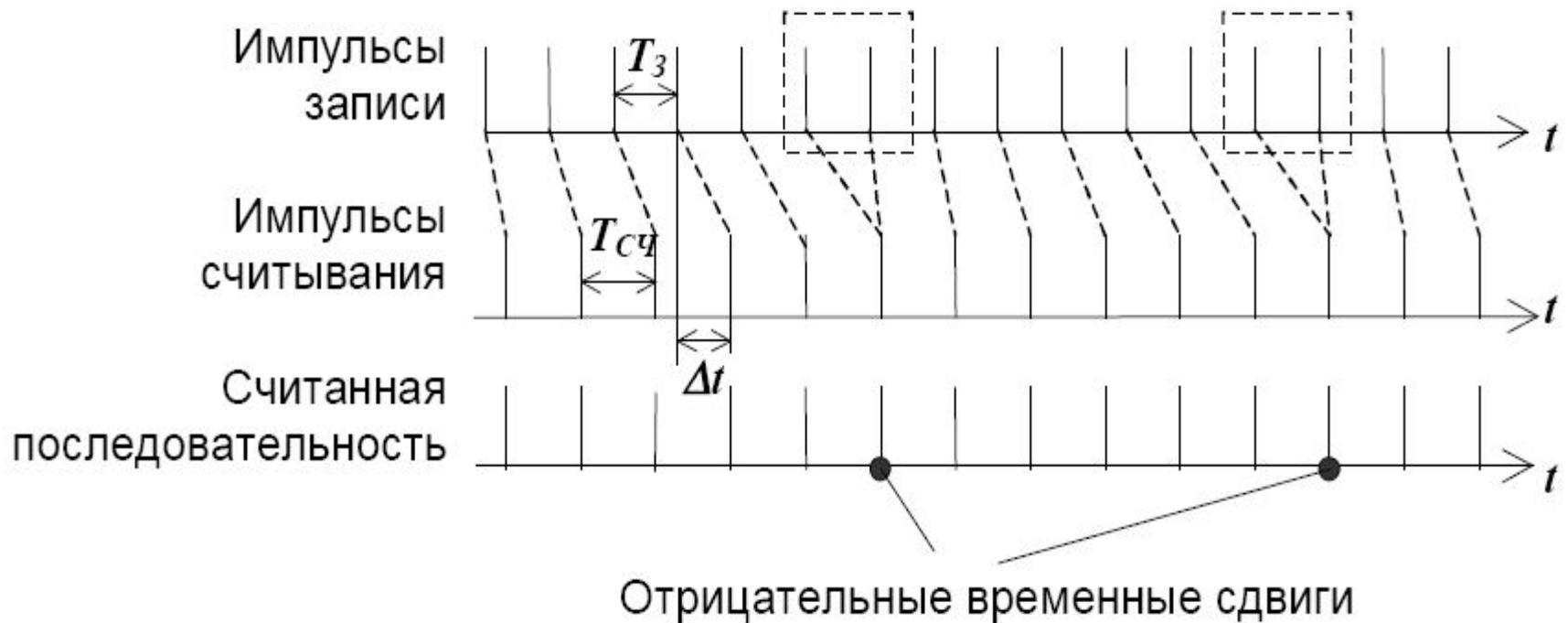
Положительные временные сдвиги



$$R = |T_{сч} / (T_3 - T_{сч})|$$

$$T_{сд} = (R + 1) T_{сч}$$

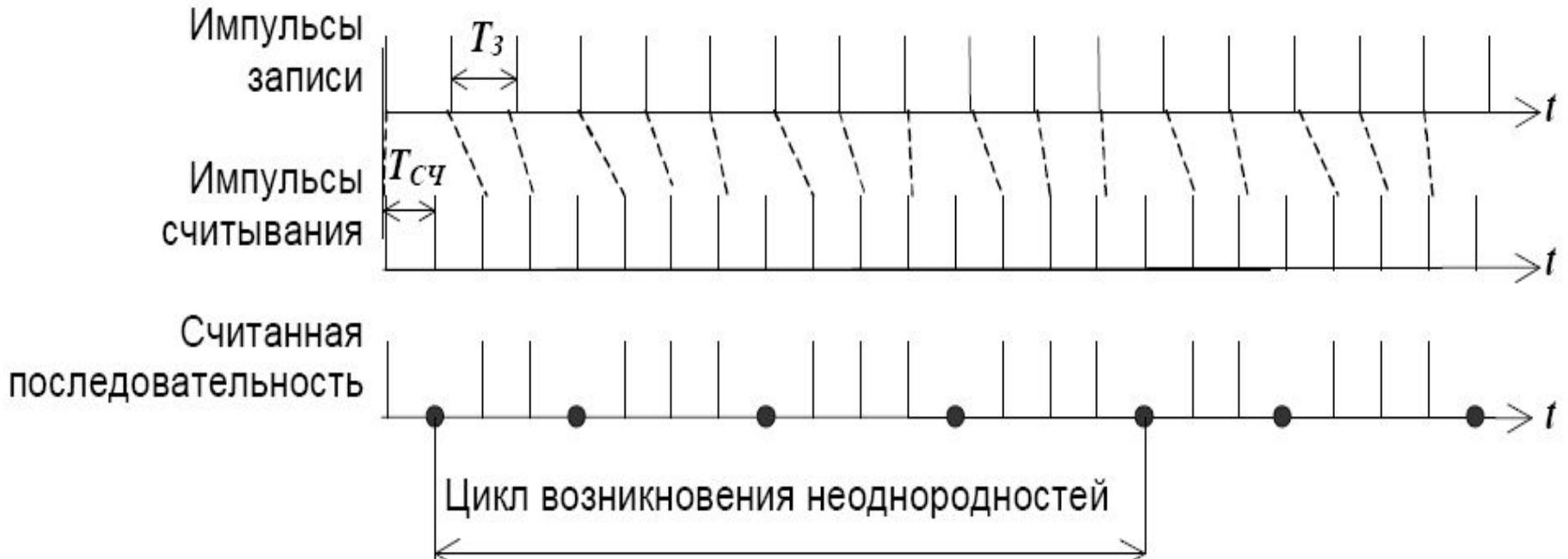
Отрицательные временные сдвиги



$$R = |T_{сч} / (T_3 - T_{сч})|$$

$$T_{сд} = (R - 1) T_{сч}$$

Неоднородности



$$T_{сч}/(T_3 - T_{сч}) - [T_{сч}/(T_3 - T_{сч})] = \pm n / m$$

n – число неоднородностей в цикле

m – число временных сдвигов в цикле

Частота формирования сигналов согласования скоростей

$f_{сч} = f_{счи} + f_{сл}$ – частота считывания

$f_{счи} - \Delta f_{сч} > f_3 + \Delta f_3$ - положительное СС

$f_{счи} + \Delta f_{сч} < f_3 - \Delta f_3$ - отрицательное СС

$$f_{счи} = f_{счин} \pm f_{счд},$$

$$f_{сс} = \frac{f_{счи} - f_3}{f_3} f_{счи} - \text{частота СС}$$

Частота формирования сигналов согласования скоростей при ПСС

$$f_{CC \min} = \frac{f_{CЧИ \min}}{f_{3 \max}} (f_{CЧИ \min} - f_{3 \max})$$

$$f_{CC \max} = \frac{f_{CЧИ \max}}{f_{3 \min}} (f_{CЧИ \max} - f_{3 \min})$$

$$f_{CЧИ \max} = f_H + f_{CЧ\Delta} + \Delta f_{CЧ}$$

$$f_{CЧИ \min} = f_H + f_{CЧ\Delta} - \Delta f_{CЧ}$$

$$f_{3 \max} = f_H + \Delta f_3$$

$$f_{3 \min} = f_H - \Delta f_3$$

$$\frac{f_H + f_{CЧ\Delta} - \Delta f_{CЧ}}{f_H + \Delta f_3} (f_{CЧ\Delta} - \Delta f_{CЧ} - \Delta f_3) \leq f_{CC} \leq \frac{f_H + f_{CЧ\Delta} + \Delta f_{CЧ}}{f_H - \Delta f_3} (f_{CЧ\Delta} + \Delta f_{CЧ} + \Delta f_3).$$

Частота формирования сигналов согласования скоростей при ДСС

$$f_{СЧ\text{ ИИ}} \pm \Delta f_{СЧ} = f_{ЗН} \pm \Delta f_3$$

$$-\frac{f_H - \Delta f_{СЧ}}{f_H + \Delta f_3} (\Delta f_{СЧ} + \Delta f_3) \leq f_{СС} \leq \frac{f_H + \Delta f_{СЧ}}{f_H - \Delta f_3} (\Delta f_{СЧ} + \Delta f_3)$$

$$\delta f_{СЧ} = 30 \cdot 10^{-6} \quad \delta f_3 = 50 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta f_{СЧ} = f_{СЧ} \delta f_{СЧ} = 2112000 \cdot 0,00003 = 63,36 \text{ Гц},$$

$$\Delta f_3 = f_3 \delta f_3 = 2048000 \cdot 0,00005 = 102 \text{ Гц},$$

$$-165 \text{ Гц} < f_{СС} < 165 \text{ Гц}$$

Иерархия скоростей PDH

Уровень иерархии	Скорость передачи, Мбит/с	Согласование скоростей	Рекомендация МСЭ -Т
Вторичный (E2)	8,448	Положительное	G.742
		Двустороннее	G.745
Третичный (E3)	34,368	Положительное	G.751
		Двустороннее	G.753
Четверичный (E4)	139,298	Положительное	G.751
		Двустороннее	G.754

E22 при ДСС

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	.....	263	264
Цикловой синхросигнал								<u>a</u>	<u>b</u>	<u>C</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	БСФ				<u>a</u>	<u>b</u>	<u>C</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	БСФ				<u>a</u>	<u>b</u>	<u>C</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	<u>C_a⁻</u>	<u>C_b⁻</u>	<u>C_c⁻</u>	<u>C_d⁻</u>	<u>C_a⁺</u>	<u>C_b⁺</u>	<u>C_c⁺</u>	<u>C_d⁺</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>

S_i – команды согласования скоростей для i-го компонентного потока

C_i^- - дополнительные биты при отрицательном согласовании скоростей

C_i^+ - биты вставки при положительном согласовании скоростей

E22 при ПСС

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	.....	211	212
Цикловой синхросигнал											<u>Ав</u>	<u>Нац</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>	
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>	
<u>S_a</u>	<u>S_b</u>	<u>S_c</u>	<u>S_d</u>	<u>C_a⁺</u>	<u>C_b⁺</u>	<u>C_c⁺</u>	<u>C_d⁺</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>		<u>c</u>	<u>d</u>	

S_i – команды согласования скоростей для i -го компонентного потока
 C_i^+ - биты вставки при положительном согласовании скоростей

Структура цикла E31 при ДСС и ПСС

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	.....	715	716
Цикловой синхросигнал												a	b	c	D		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	БСФ				S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	D		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	БСФ				C_{a^-}	C_{b^-}	C_{c^-}	C_{d^-}	C_{a^+}	C_{b^+}	C_{c^+}	C_{d^+}		c	d

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	.....	383	384
Цикловой синхросигнал										БСФ		a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	C_{a^+}	C_{b^+}	C_{c^+}	C_{d^+}	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d

Структура цикла 4 при ПСС и ДСС

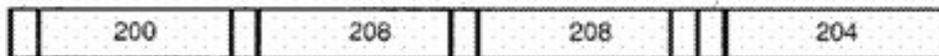
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	.....	487	488
Цикловой синхросигнал												БСФ					c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	C_a^+	C_b^+	C_c^+	C_d^+	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...	543	544
Цикловой синхросигнал										БСФ		a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d		c	d
S_a	S_b	S_c	S_d	C_a^-	C_b^-	C_c^-	C_d^-	C_a^+	C_b^+	C_c^+	C_d^+	a	b	c	d		c	d

FAS 1111010000DN

Justification service digit 3 x per channel

Justification bit in each of channels 1 to 4



Frame structure 8 Mbit/s

FAS 1111010000DN

Justification service digit 3 x per channel

Justification bit in each of channels 1 to 4

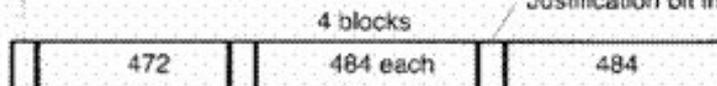


Frame structure 34 Mbit/s

FAS 11110100000DNYY

Justification service digit 5 x per channel

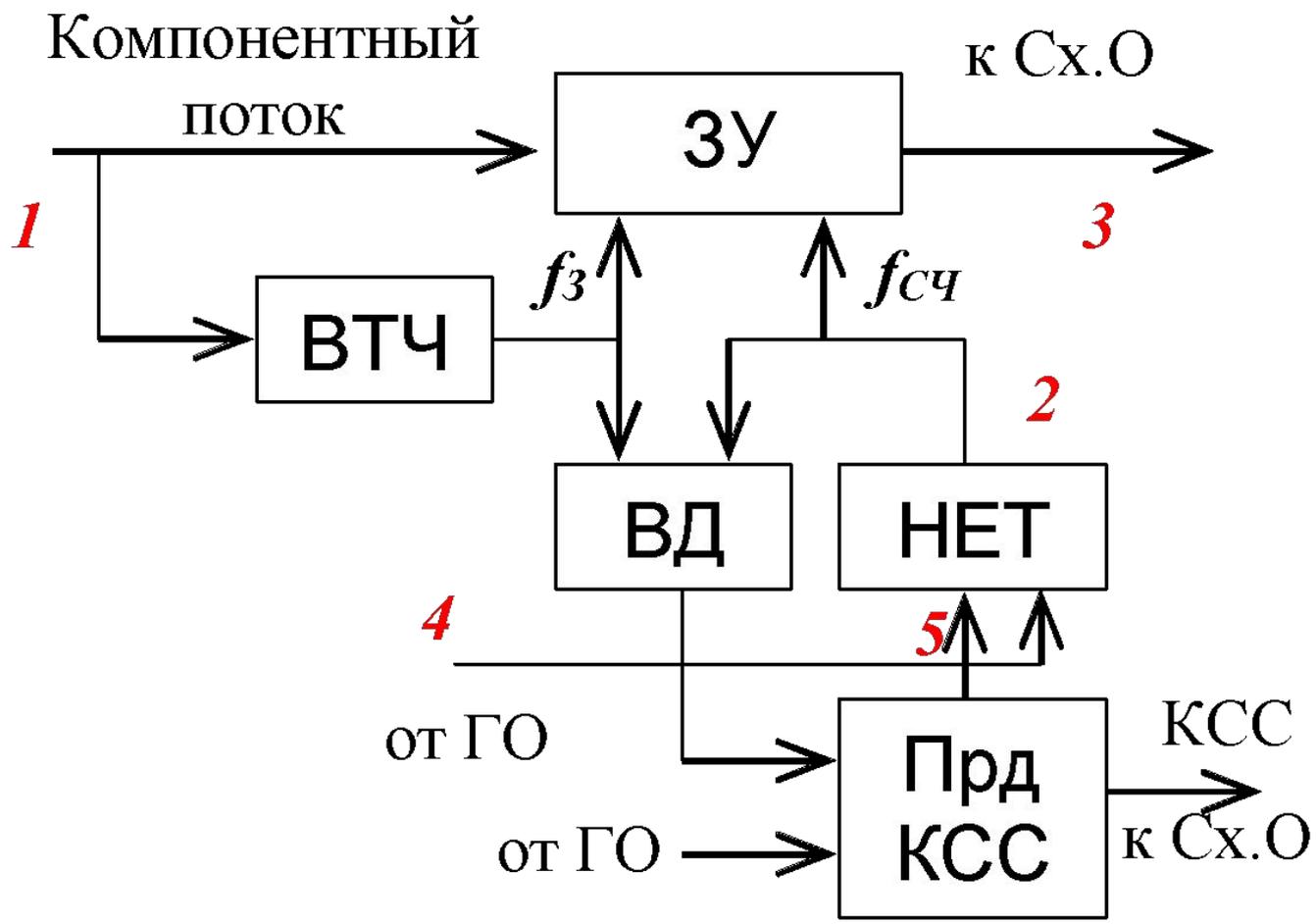
Justification bit in each of channels 1 to 4

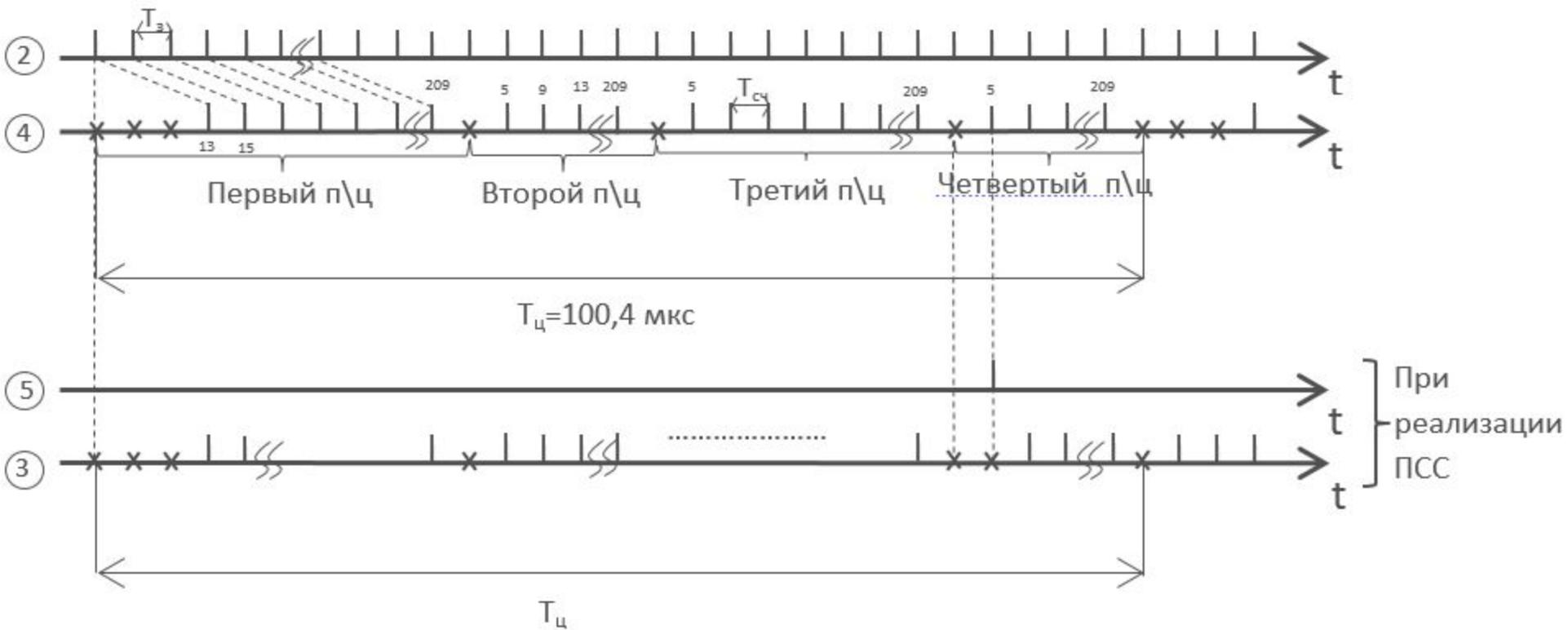


Frame structure 140 Mbit/s

D = Urgent alarm
N = Non-urgent alarm

	8 448 kbit/s	34 368 kbit/s	139 268 kbit/s
Frame duration	100.38 μ s	44.6927 μ s	21.024 μ s
Frame frequency	9.962 kHz	22.375 MHz	47.564 MHz
Justification ratio / frame	0.42	0.4357	0.41912
Bits / frame	848	1536	2928

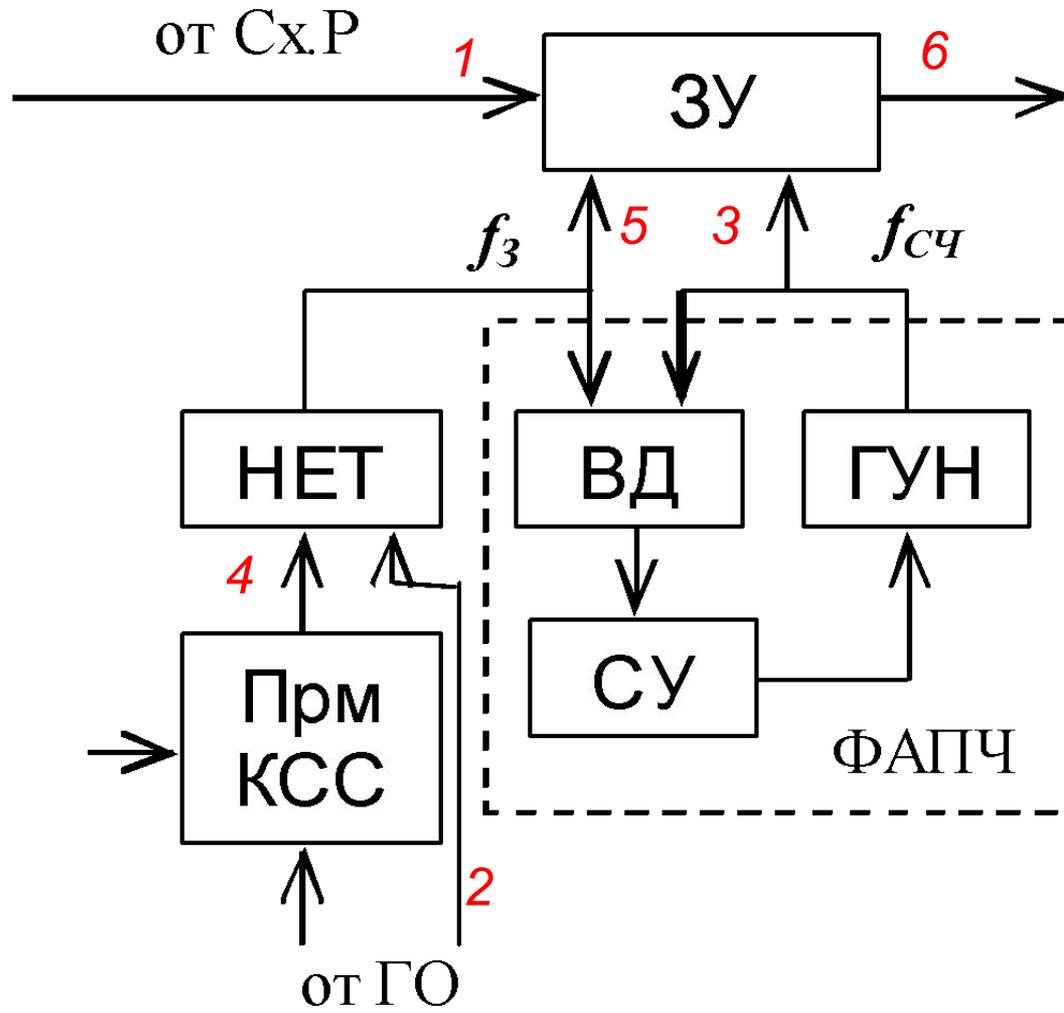


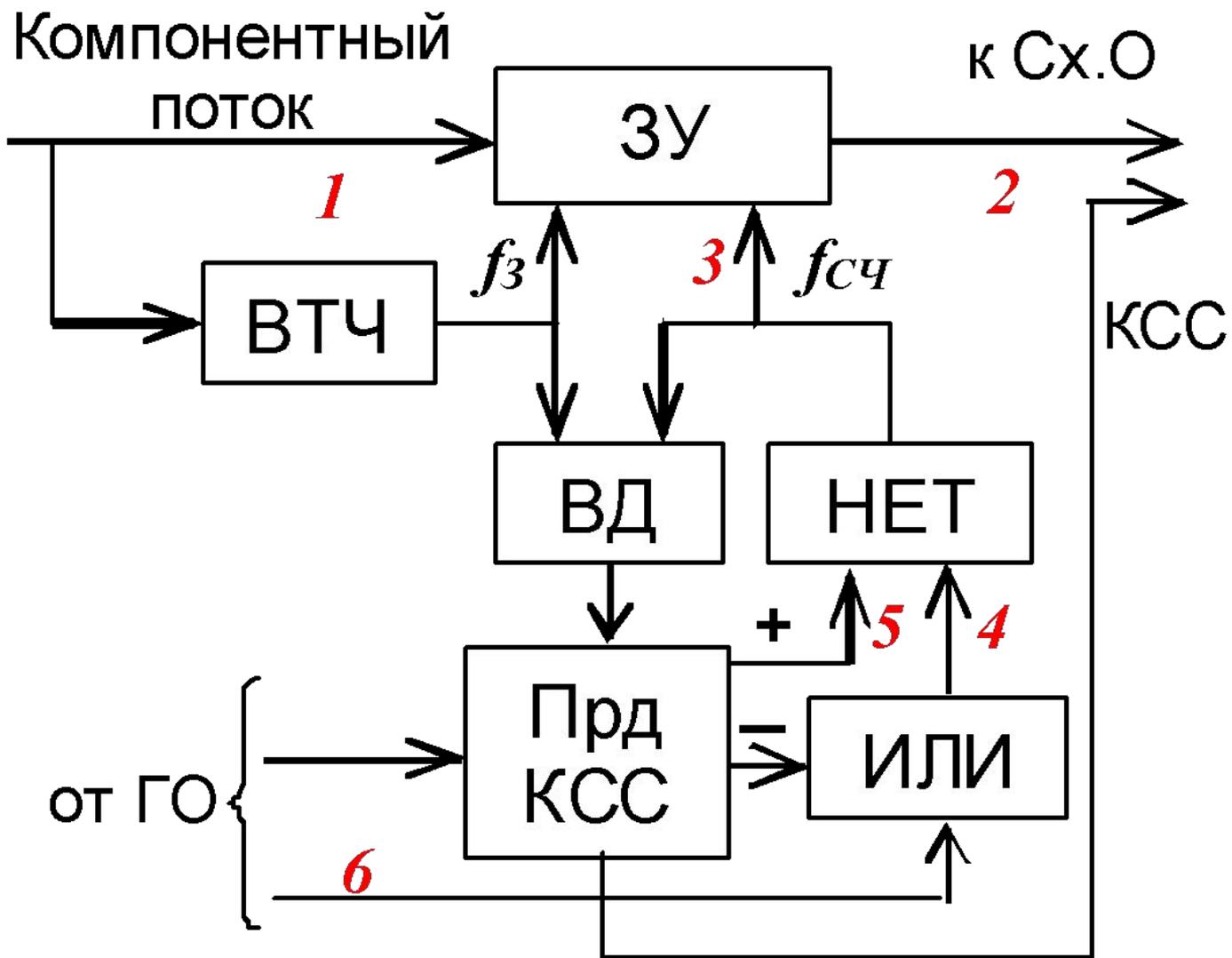


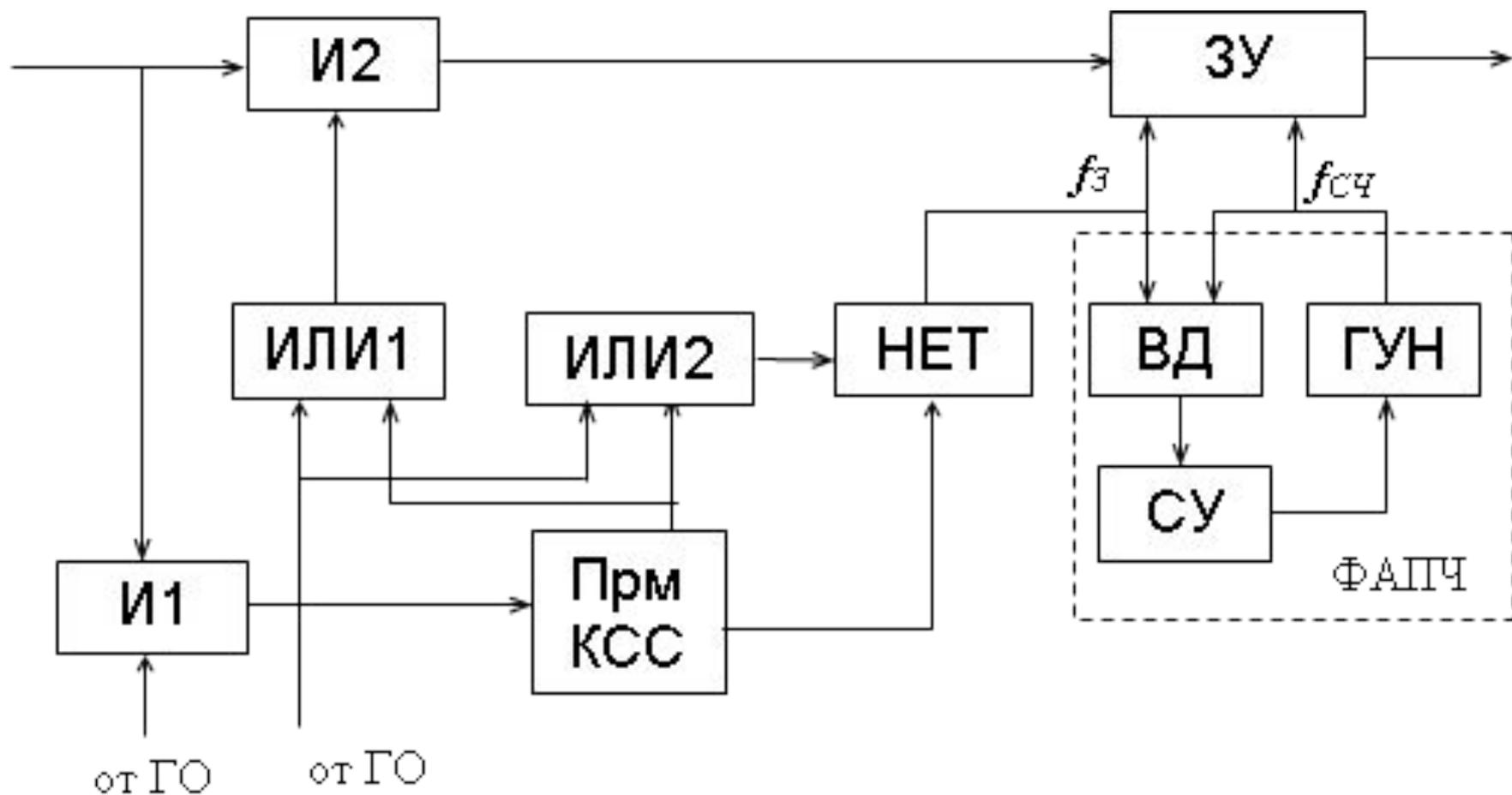
$$T_3 = 1/2,048 \cdot 10^6$$

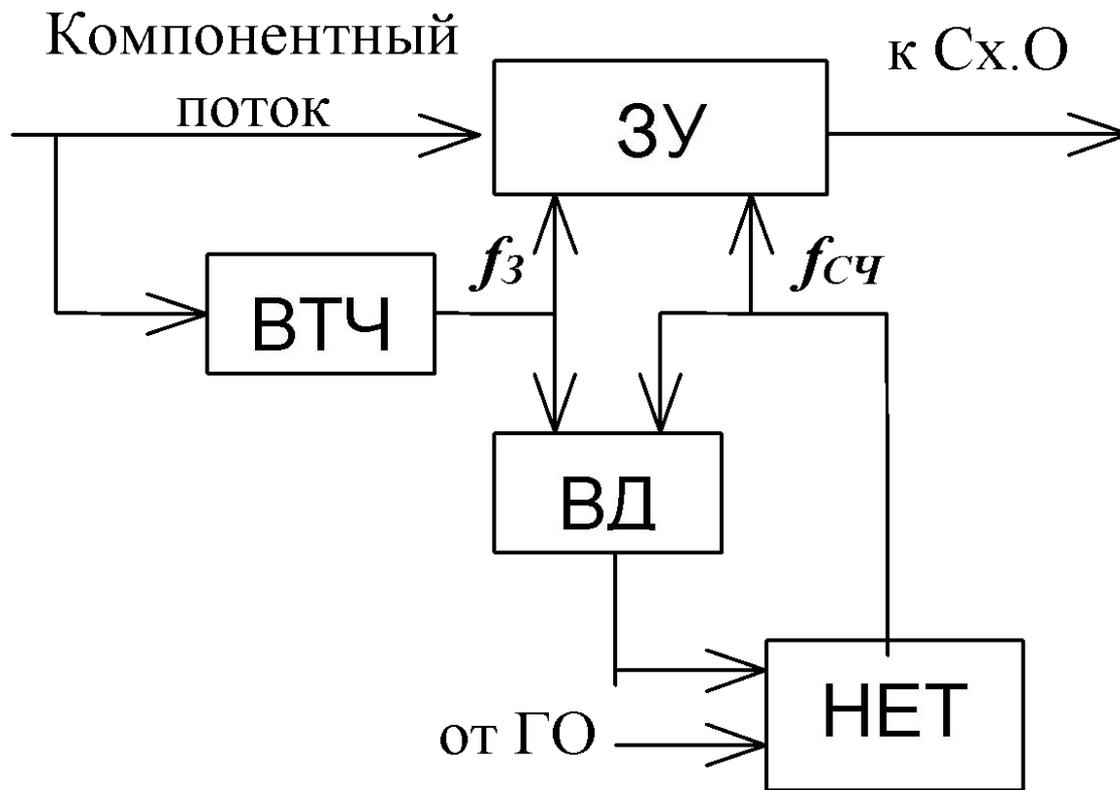
$$T_{сч} = 1/f_{сч} = 1/2,112 \cdot 10^6$$

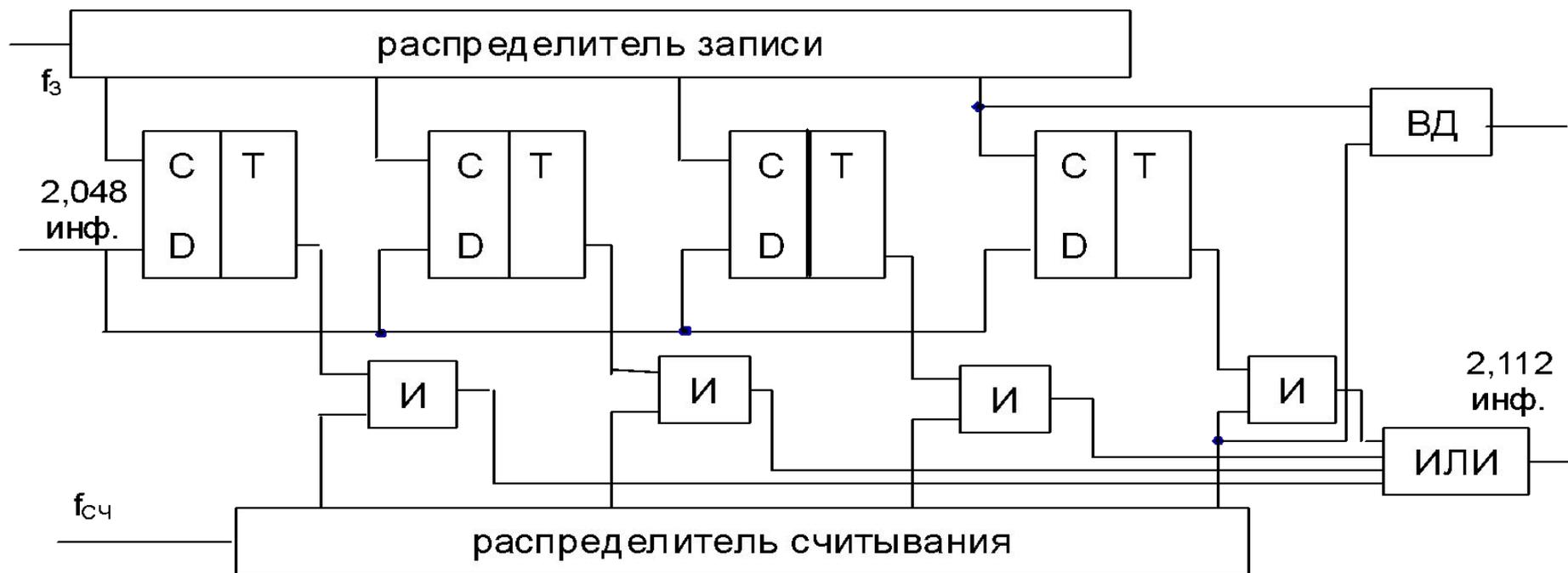
$$T_{п\ц} = T_{ц}/4$$

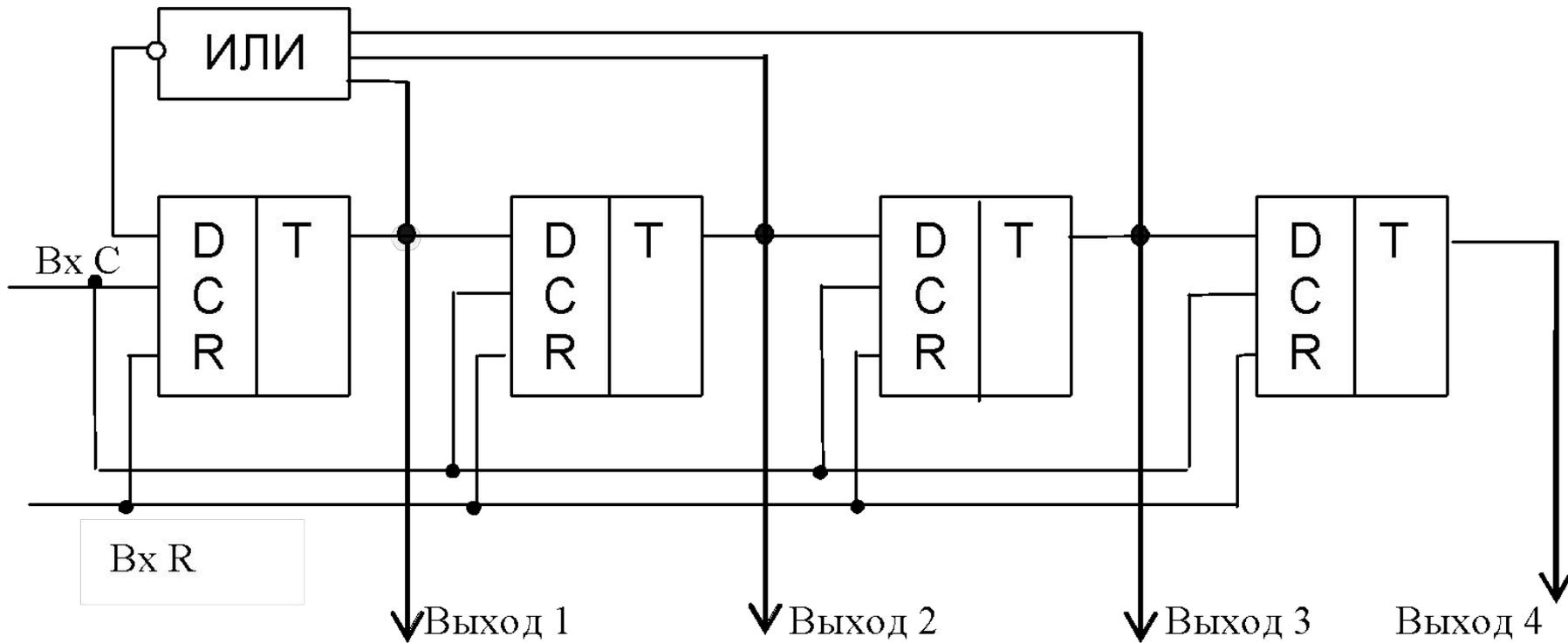


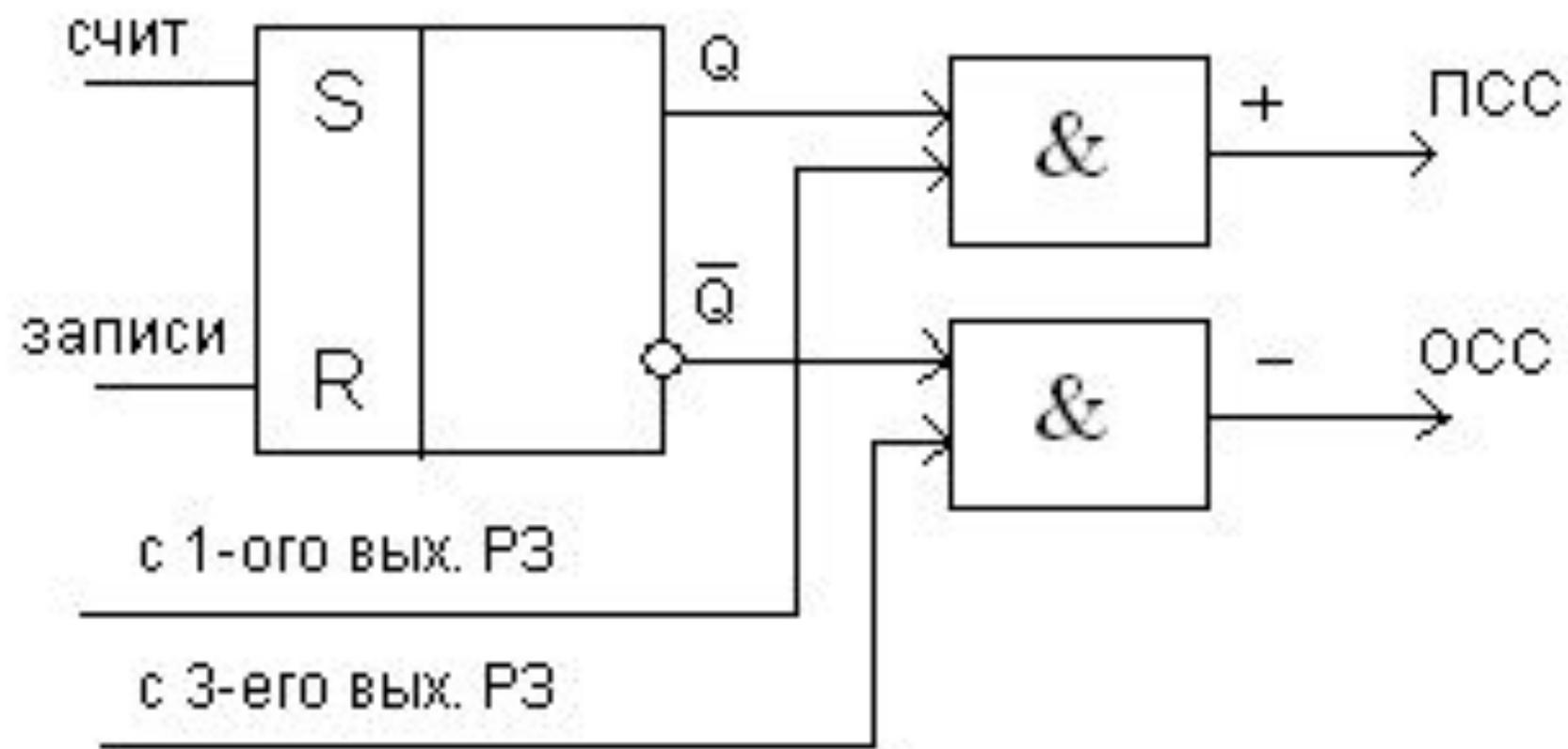


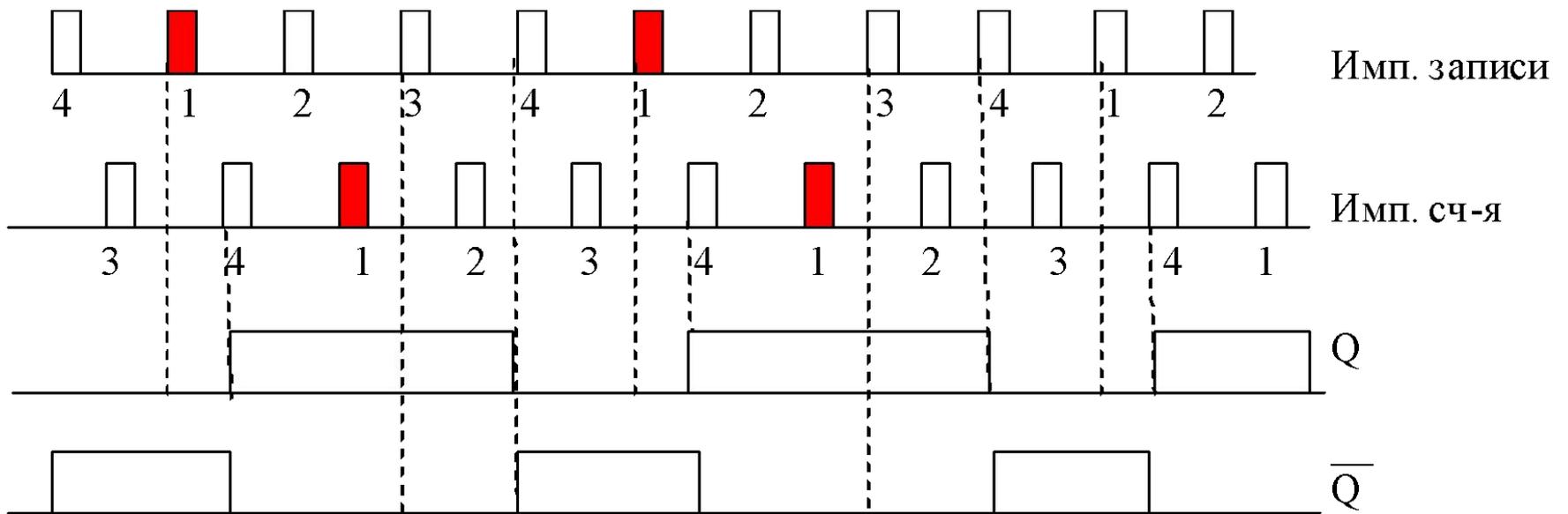


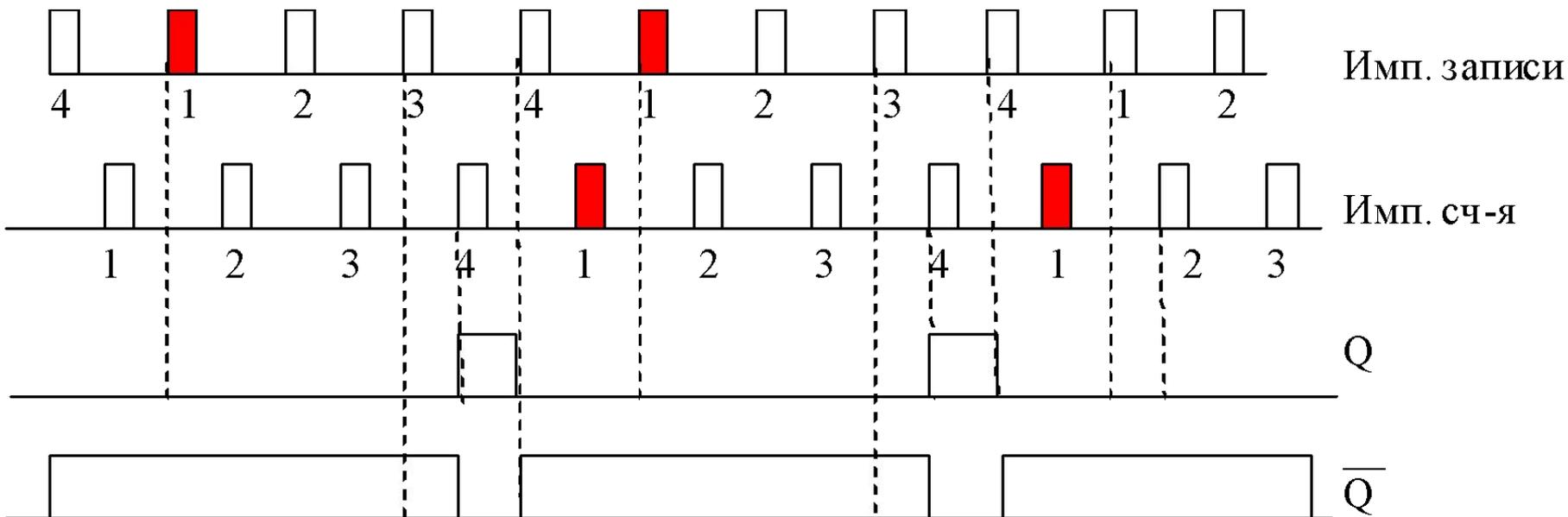


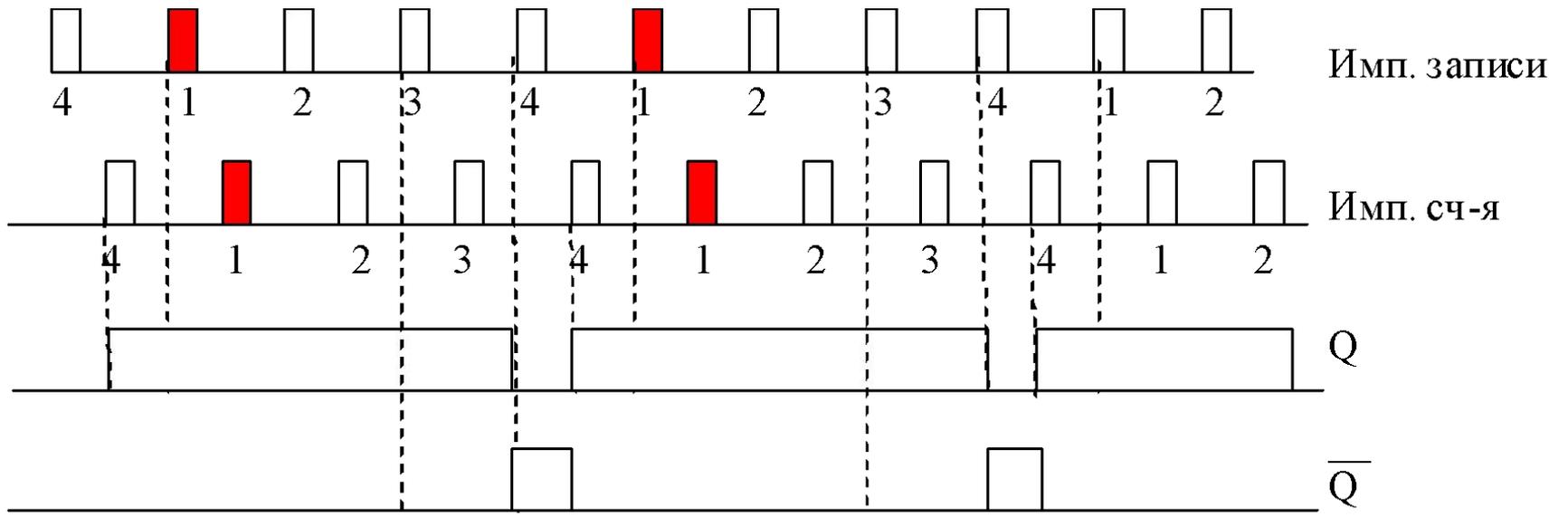




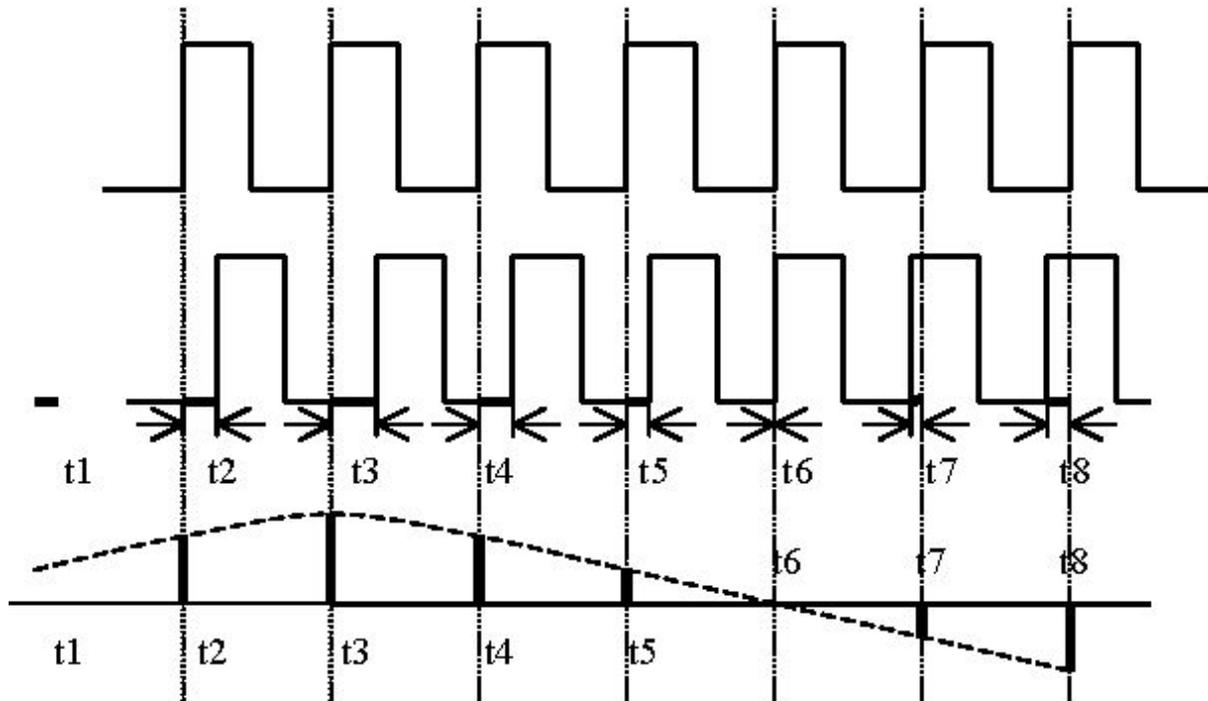








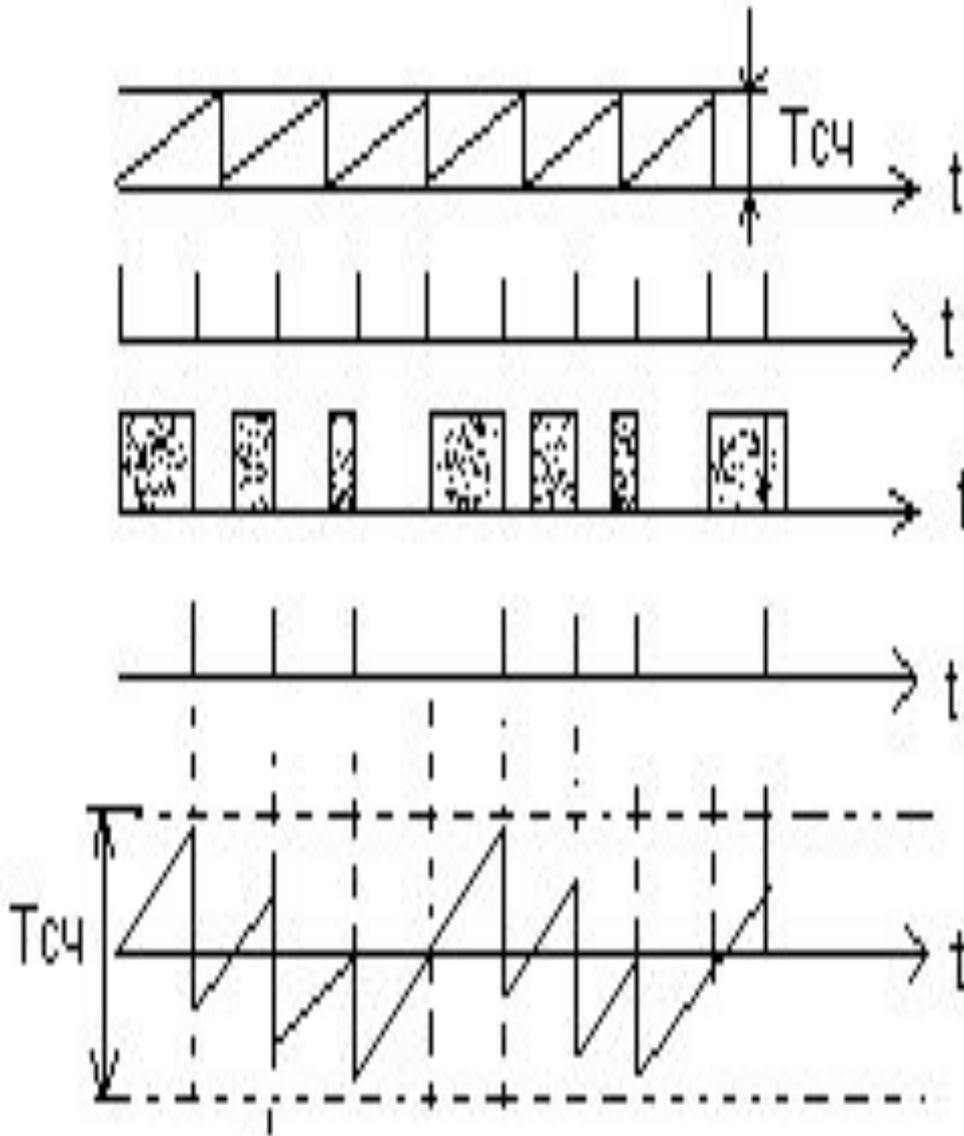
К определению фазовых дрожаний



Сигнал хронирования переданного сигнала

Сигнал хронирования из принятого сигнала

Отчеты временных отклонений и функция дрожания фазы.



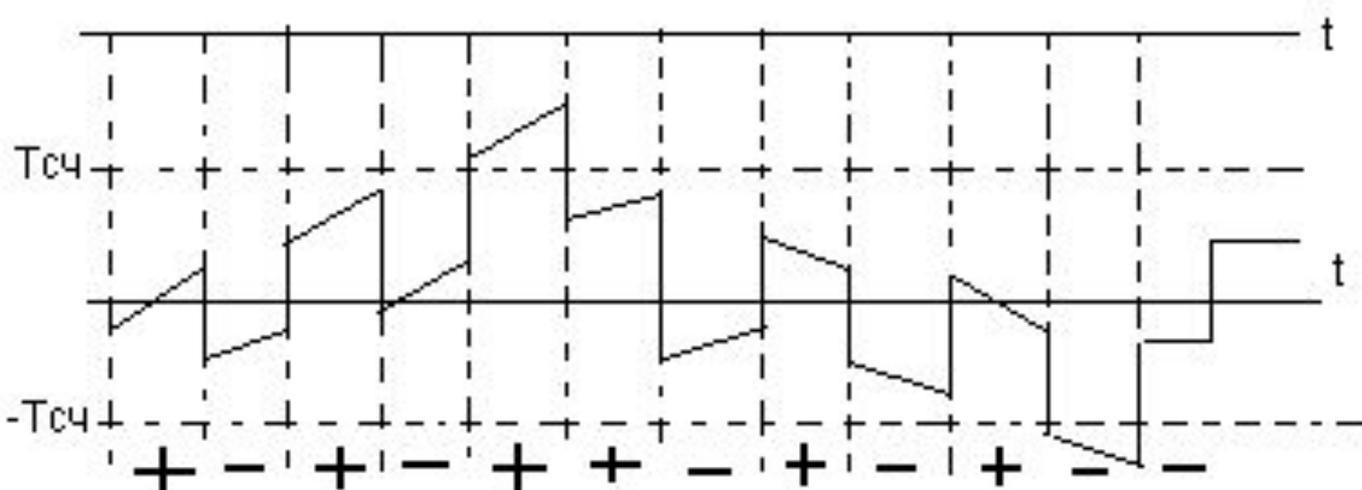
Изменение временного интервала между моментами записи и считывания (реально)

Моменты передачи битов выравнивания

Последовательность ШИМ импульсов, длительность которых равна времени ожидания.

Моменты введения битов выравнивания

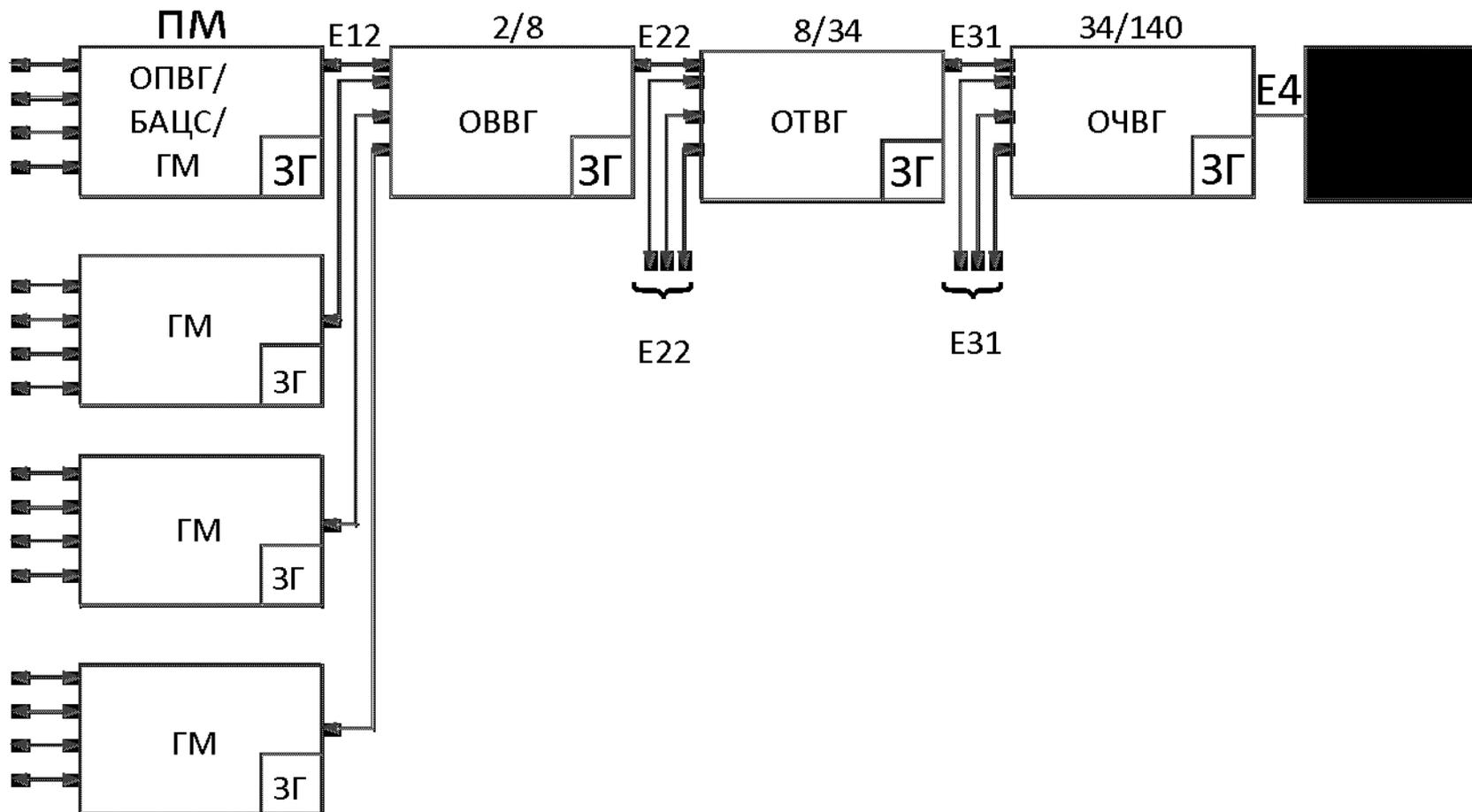
Изменение временного интервала между моментами времени записи и считывания с учетом времени ожидания.

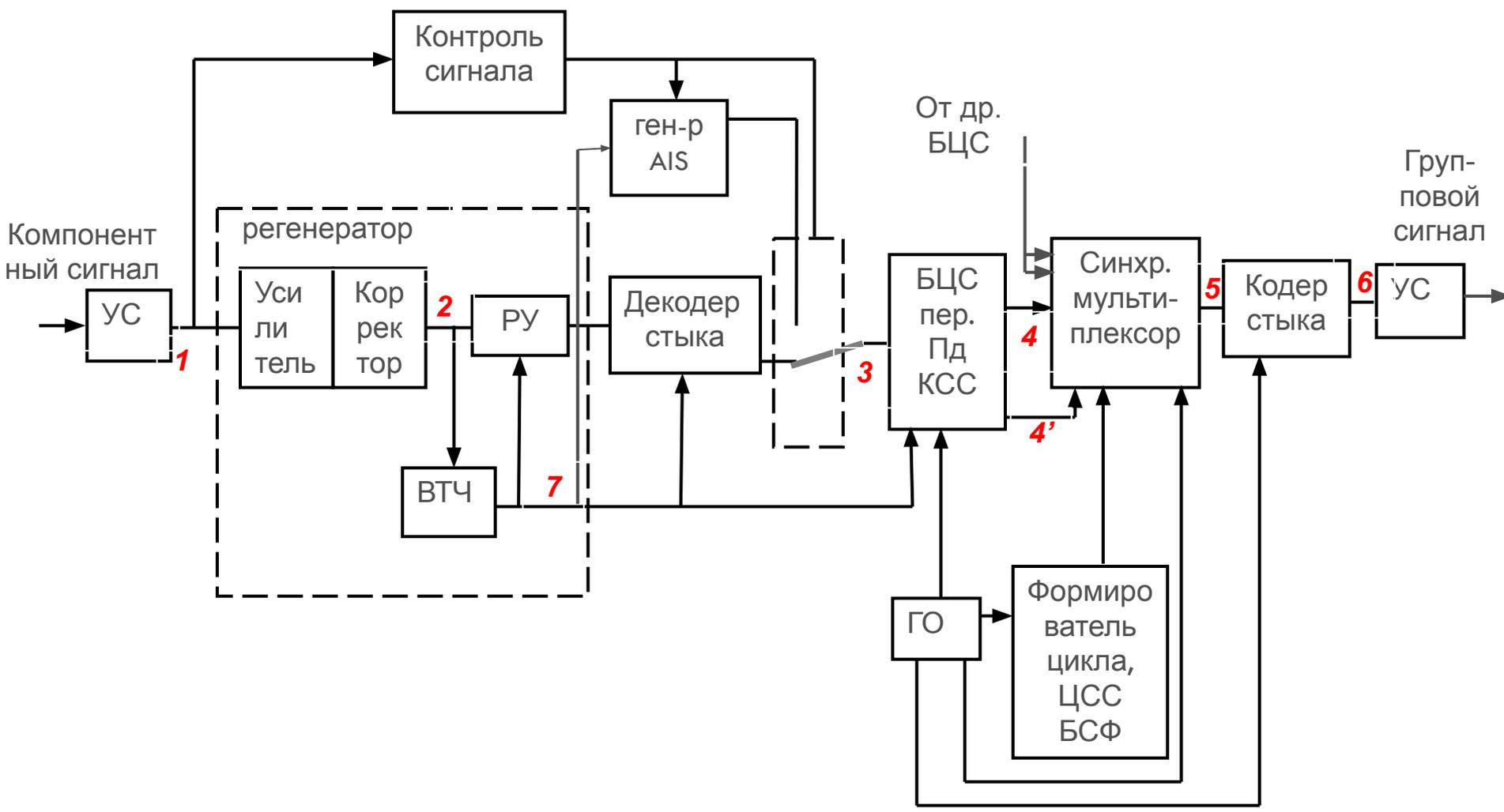


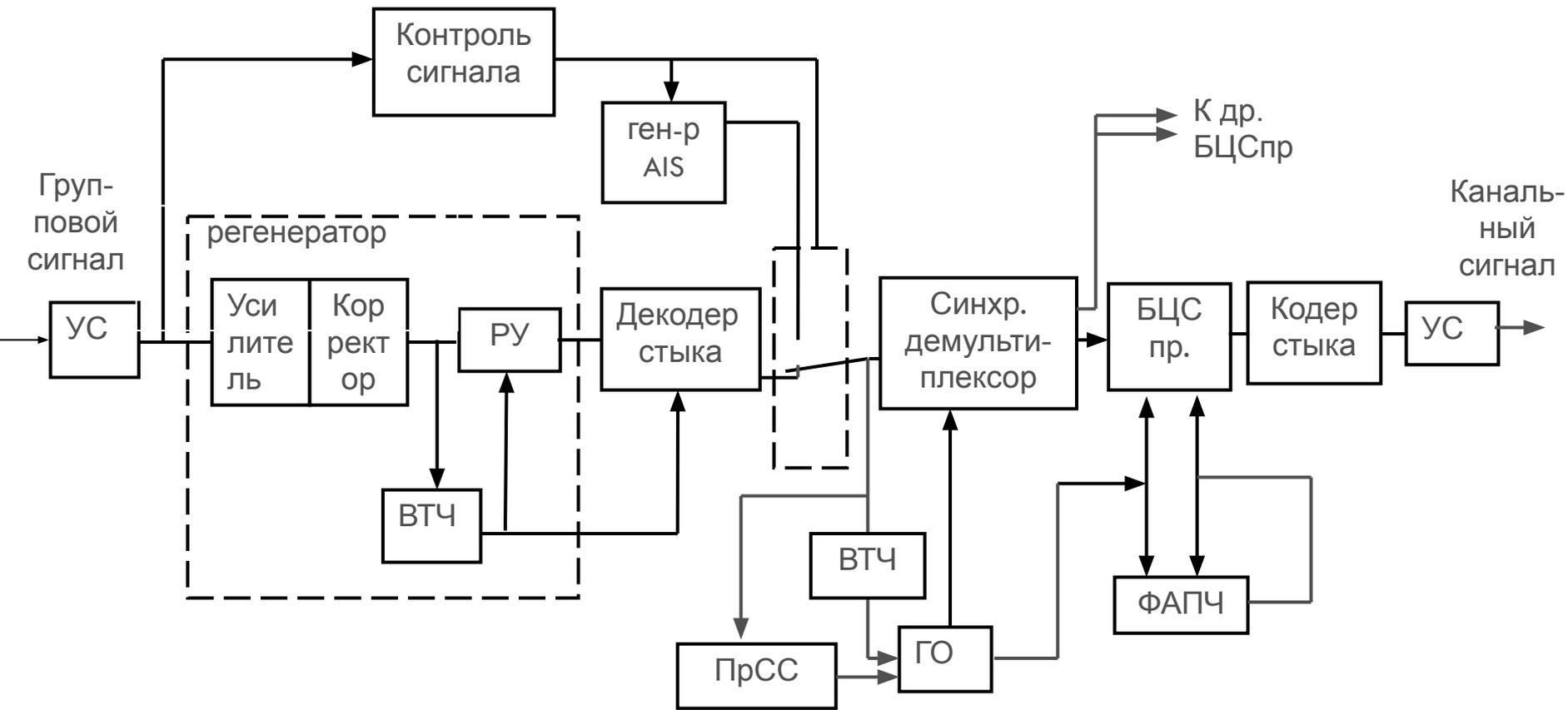
моменты передачи
битов СС при ДСС.

var временных
интервалов между
моментами записи
и считывания

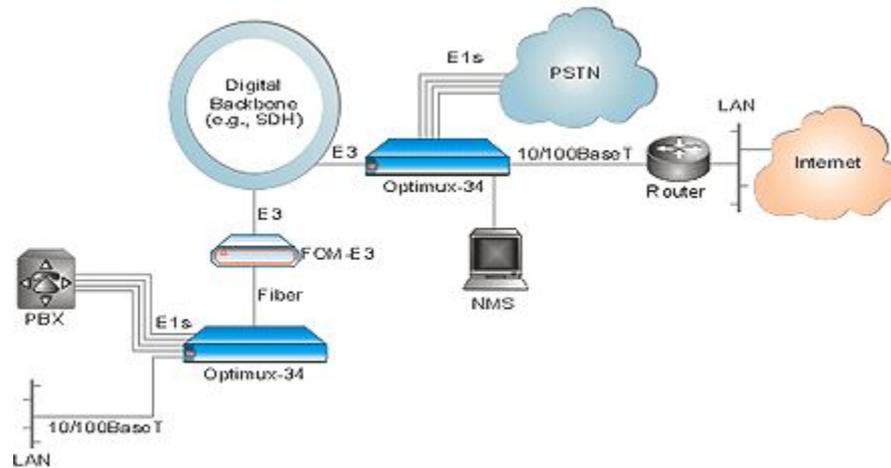
Обобщенная структурная схема системы передачи PDH







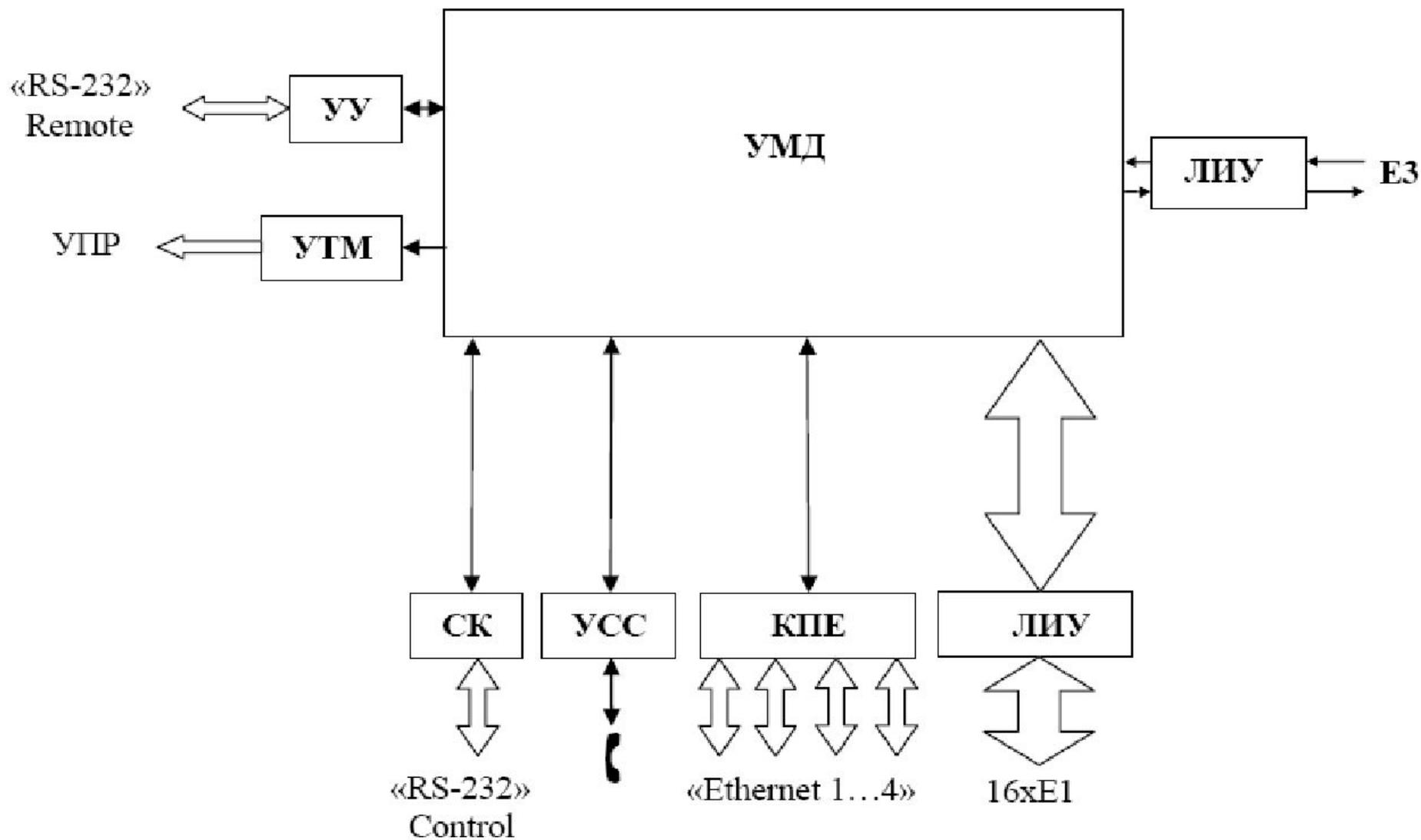
Optimux-34: Многофункциональный мультиплексор PDH для меди/оптоволокна



Optimix-34: Многофункциональный мультиплексор PDH для меди/оптоволокна

- Мультиплексирование до 16 каналов E1/T1 и трафика Ethernet в один канал 34 Мбит/с
- Передача E3 по коаксиальному кабелю или оптоволокну
- Одномодовое или многомодовое оптоволокно
- Возможность работы по одножильному оптоволокну (WDM)
- Соответствие стандартам ITU G.703, G.742, G.751, G.823, G.824, G.955, G.956
- Возможность установки второго интерфейса с автоматическим резервированием
- Возможна установка резервного источника питания
- Управление с помощью ASCII-терминала или приложения SNMP
- Компактные размеры (высота 1U)

Мультиплексор E3 / 16xE1 G.703 + Ethernet 10/100 BASE-TX

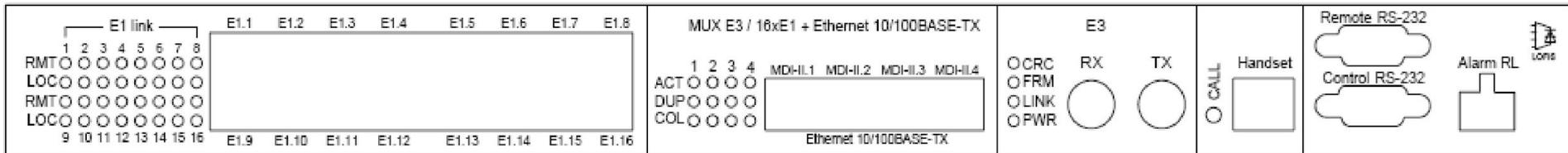


Состав мультиплексора

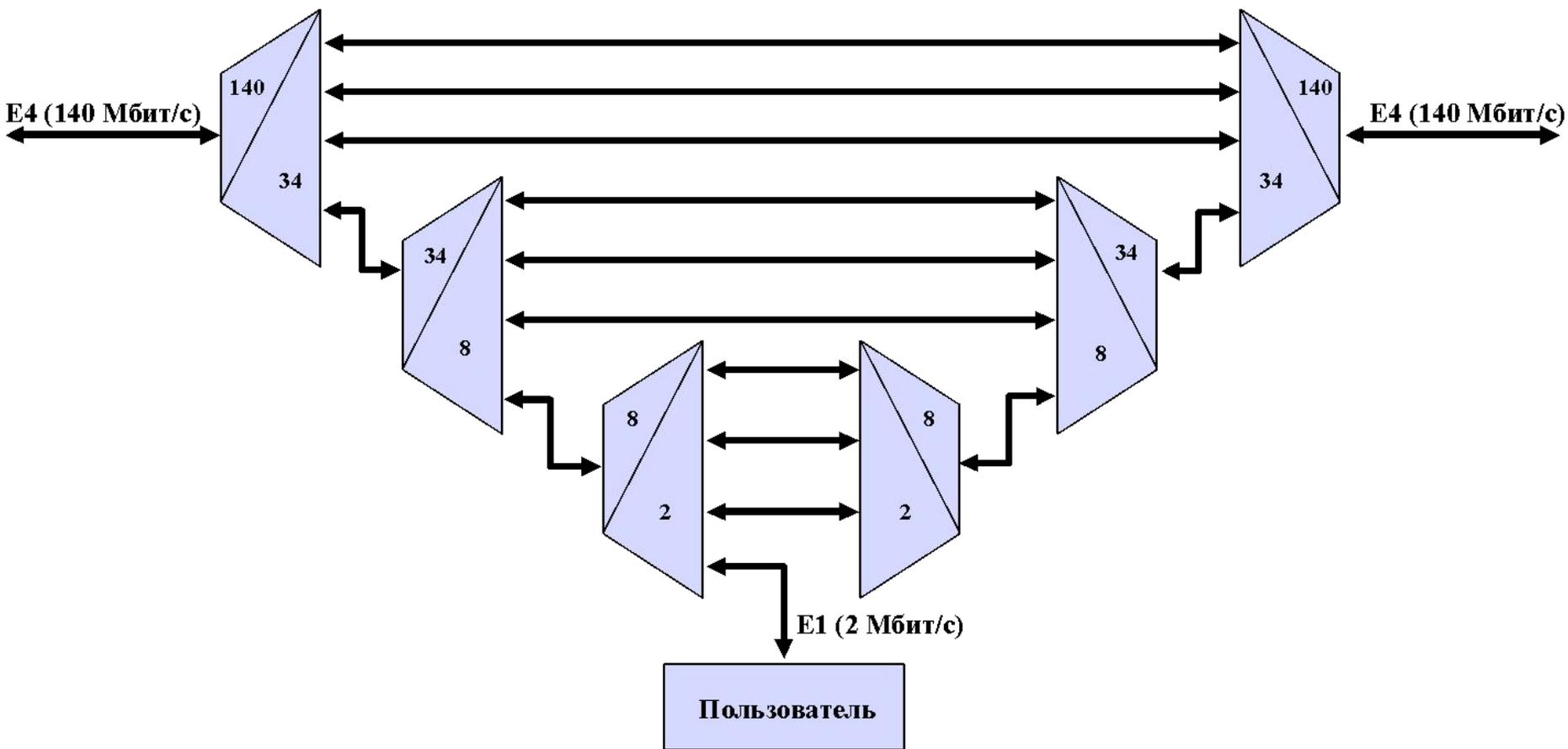
- 1. Линейное интерфейсное устройство (ЛИУ) потоков E1 (2.048 Мбит/с)
- 2. Устройство мультиплексирования/демультиплексирования (УМД)
- 3. Линейное интерфейсное устройство потока E3 (34.368 Мбит/с)
- 4. Устройство управления (УУ)
- 5. Устройство телеметрии (УТМ)
- 6. Служебный канал (СК)
- 7. Устройство служебной связи (УСС)
- 8. Коммутатор потоков Ethernet (КПЕ)

Основные технические характеристики мультиплексора E3

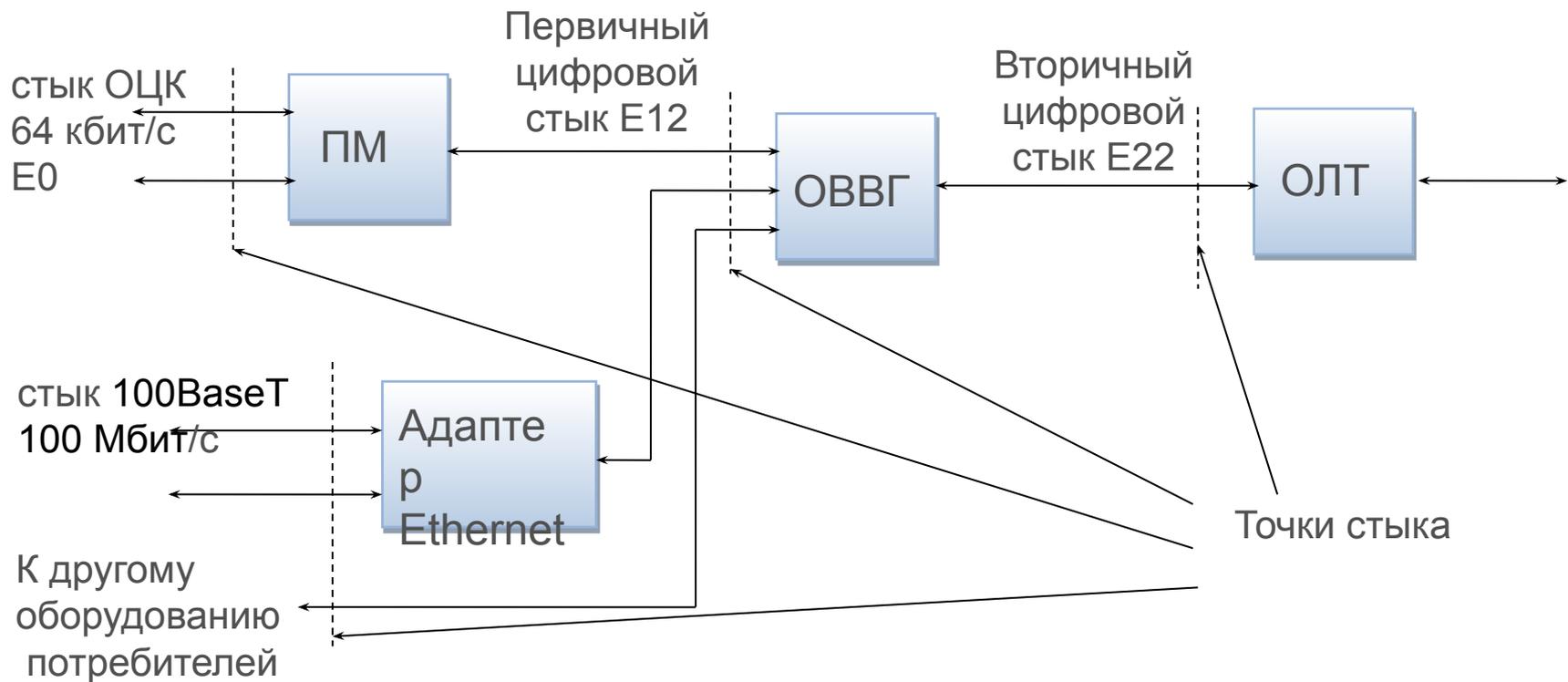
Параметр	Значение
Окончание E3	
Соответствие стандартам	ITU-T G.703 (ГОСТ 26886-86)
Скорость передачи информации, Кбит/с	34368 ± 20ppm
Тип линии	несимметричная, 75 Ом
Амплитуда выходного сигнала передатчика E3 на нагрузке 75 Ом, В	1 ± 0.1
Входное сопротивление приемника E3, Ом	75 ± 1%
Максимальное затухание в кабеле, дБ	6
Окончание E1	
Соответствие стандартам	ITU-T G.703, G.704(ГОСТ 26886-86)
Скорость передачи информации, Кбит/с	2048 ± 50ppm
Тип линии	Симметричная, 120 Ом
Амплитуда выходного сигнала передатчика E1 на нагрузке 120 Ом, В	3 ± 0.3
Входное сопротивление приемника E1, Ом	120 ± 1%
Окончание Ethernet 10/100 BASE-TX	
Соответствие стандартам	IEEE 802.3x, 802.1p, 802.1q
Скорость передачи Мбит/сек	10/100
Режим обмена	дуплексный/полудуплексный
Размер буферной памяти Кбайт	256
Размер таблицы MAC адресов	2048



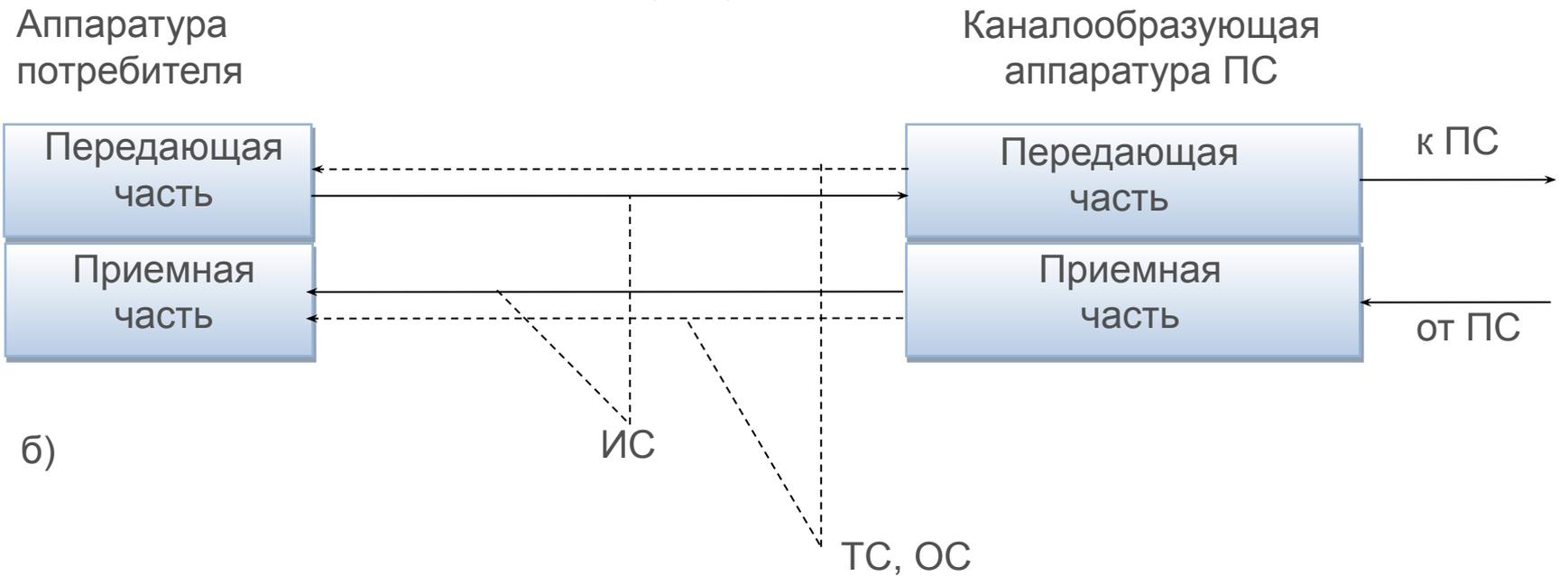
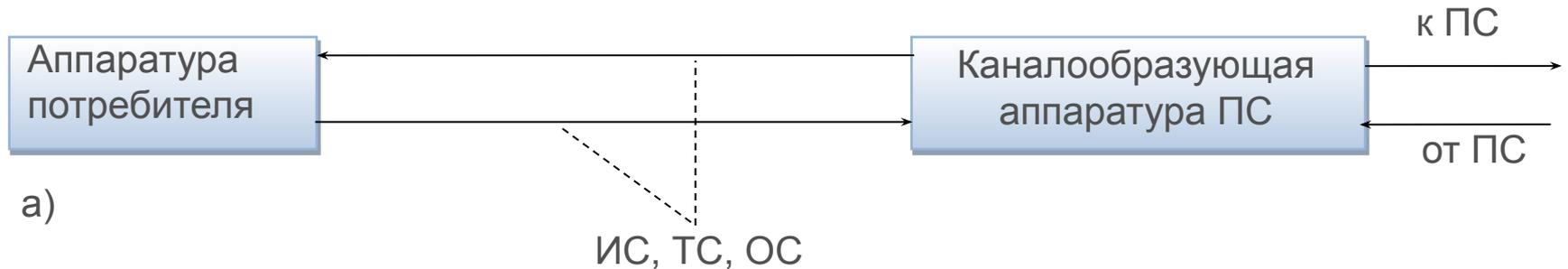
Пошаговое мультиплексирование/ демультиплексирование в PDH



Унифицированные стыки (интерфейсы) ЦСП

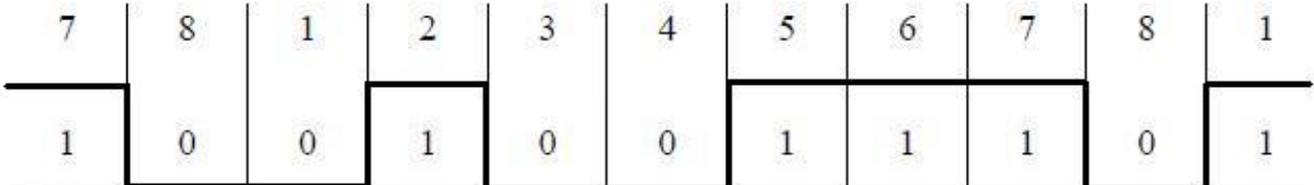


Сонаправленный и противонаправленный стыки ОЦК



Номер бита

Двоичный сигнал



Этап 1-3



ИС

Этап 4



Этап 5



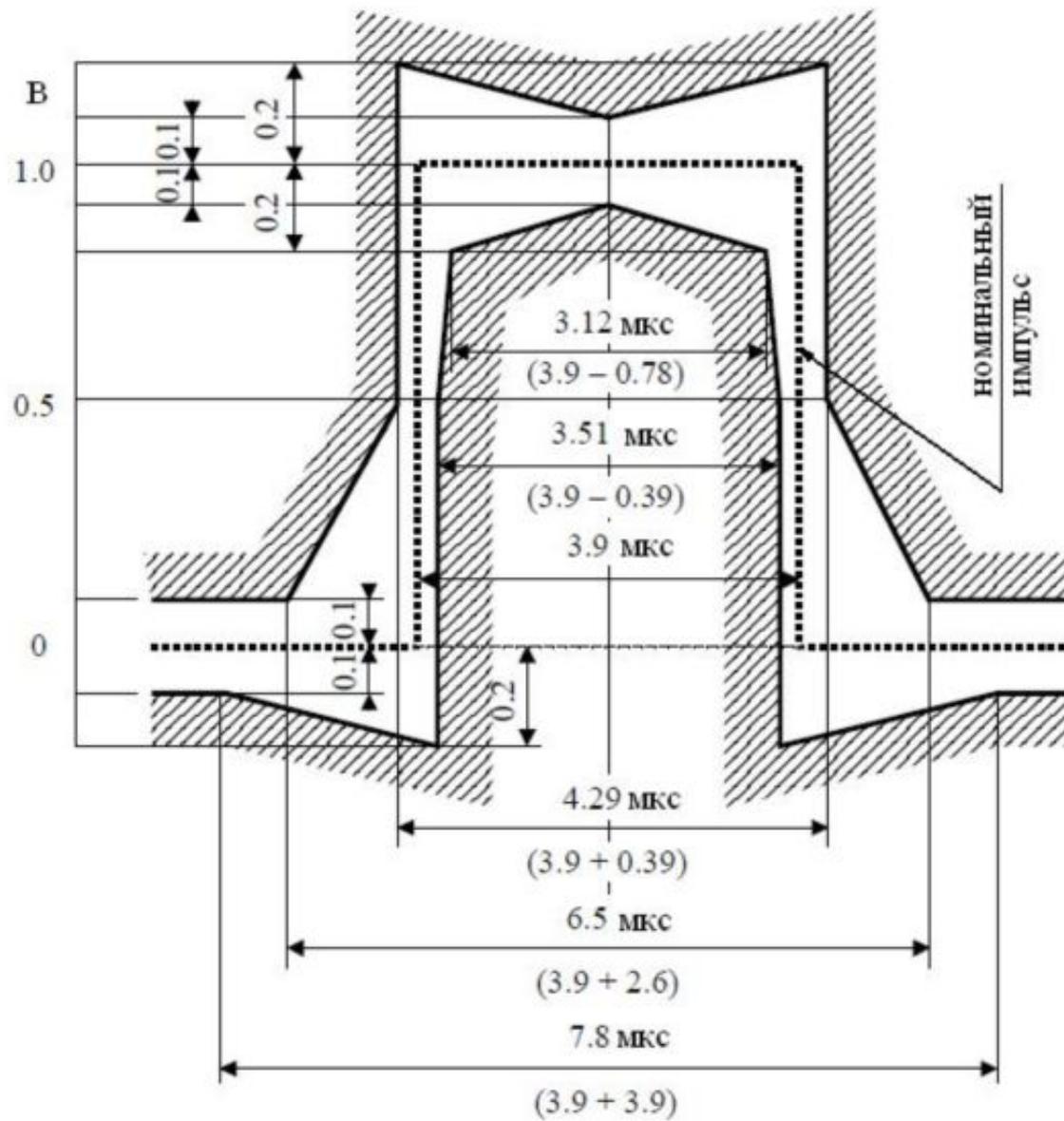
ИС+ТС+ОС

Нарушение чередования полярности

Нарушение чередования полярности

Октетная синхронизация





Параметры ОЦК

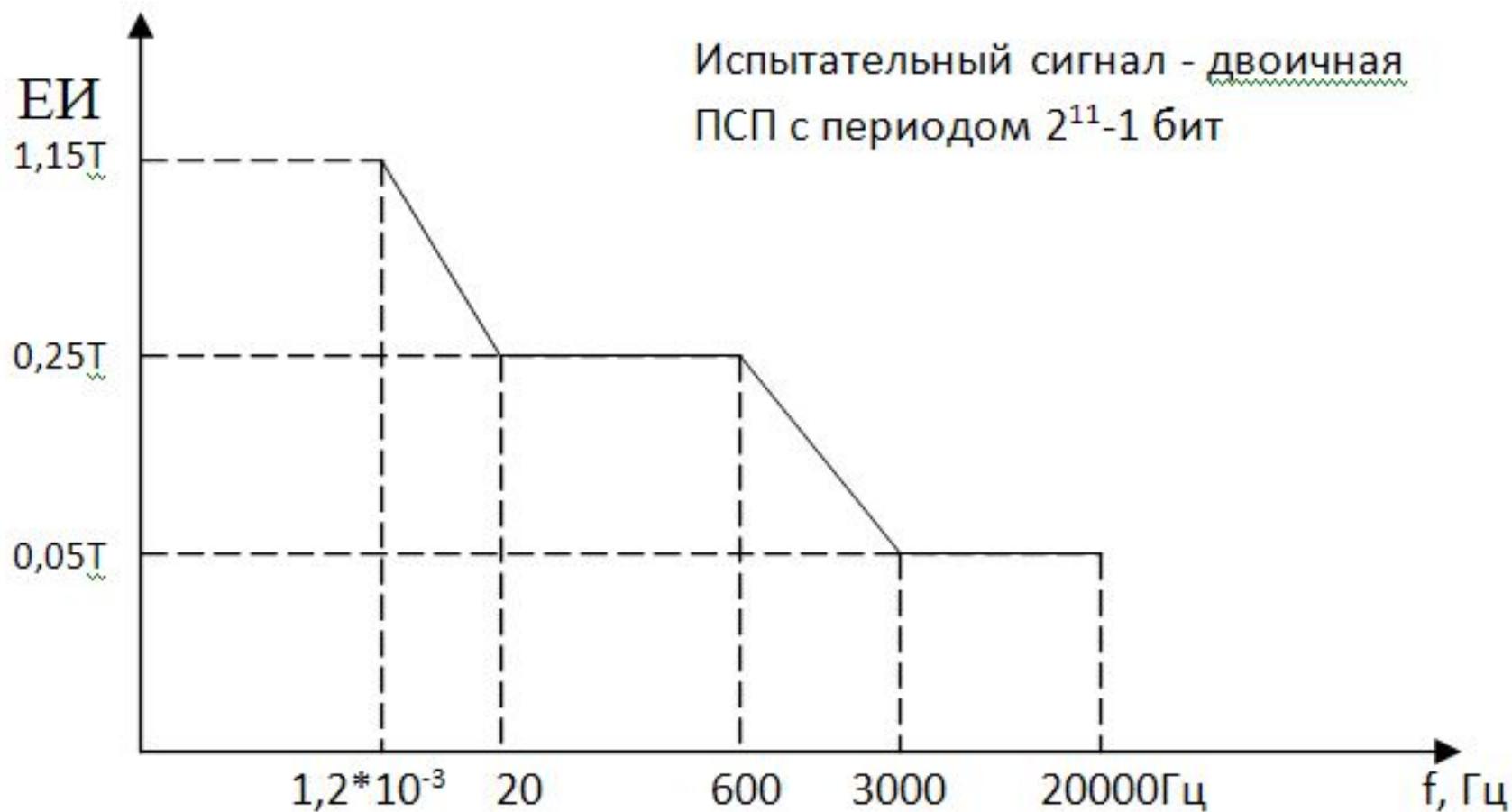
- Выход ОЦК должен быть симметричным относительно земли. Затухание асимметрии в диапазоне частот 13...256 кГц ≥ 34 дБ
- Затухание ассиметрии

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{Z_{13} + Z_{23}}{Z_{13} - Z_{23}} \right| \cdot \frac{1}{2}$$

- Каждая стыковая цепь представляет собой симметричную пару проводов. Затухание стыковой цепи на частоте 128 кГц 0...3 дБ.

Параметры ОЦК

- Размах ФД, измеренный ПФ с частотами среза
 - 20Гц – 20кГц и затуханием 20дБ / декаду не должен превышать 0,25 ЕИ (ЕИ=15,6 мкс).
 - 3кГц-20кГц - не должен превышать 0,05 ЕИ.
- Вход ОЦК – должен обеспечивать безошибочный прием сигнала, модулированного фазовым дрейфом и фазовым дрожанием по закону $(A/2) \cdot \sin(2\pi ft)$. Размах А должен быть не меньше величин, определяемых шаблоном.



Параметры выходных портов при противонаправленном стыке

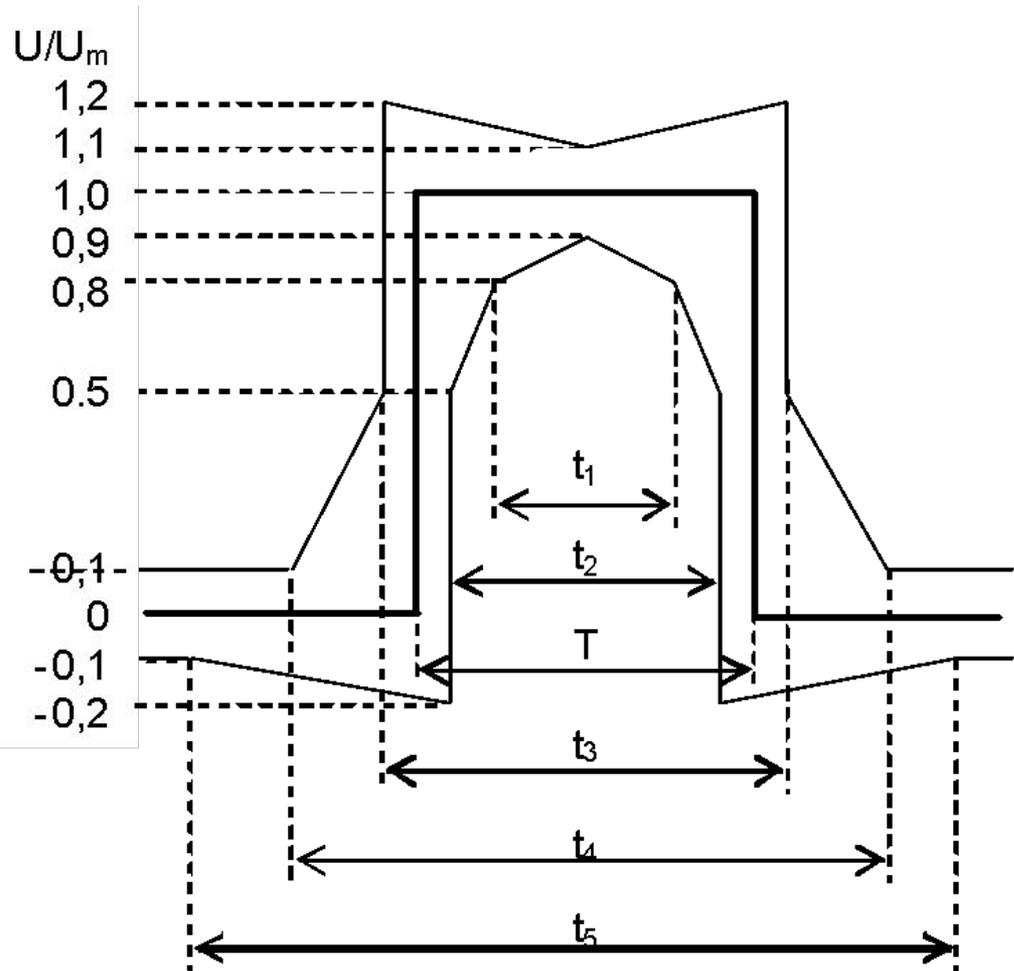
- Для передачи стыковых сигналов используется 4 симметричных пары:
 - Для передачи ИС от ведомой аппаратуры к ведущей (на вход ОЦК)
 - Для передачи ТС и ОС от ведущей аппаратуры (передающей части КОА) к передающей части ведомой
 - Для передачи ИС от ведущей аппаратуры к ведомой
 - Для передачи ТС и ОС от ведущей аппаратуры (приемной части КОА) к приемной части ведомой

Цифровой тракт	E1	E2	E3	E4
Количество <u>ОЦК</u>	30	120	480	1920
Номинальная скорость передачи, Мбит/с	2,048× ×(1±50·10 ⁻⁶)	8,448× × (1±30·10 ⁻⁶)	34,368× ×(1±20·10 ⁻⁶)	139,264× ×(1±15·10 ⁻⁶)
Код стыка	HDB-3*	HDB-3*	HDB-3*	CMI**
Номинальная длительность импульса, нс***	244	59	14,55	3,59/7,18
Тип кабеля	Симметричный	Коаксиальный	Коаксиальный	Коаксиальный
Входное/выходное сопротивление, Ом	120	75	75	75
Номинальное пиковое напряжение импульса, В	±3	±2,37	±1	1 (размах)
Пиковое напряжение при отсутствии импульса, В	0±0,3	0±0,237	0±0,1	<0,05
Затухание стыковой цепи на <u>полутактовой частоте</u> , дБ	0...6	0...6	0...12	0...12

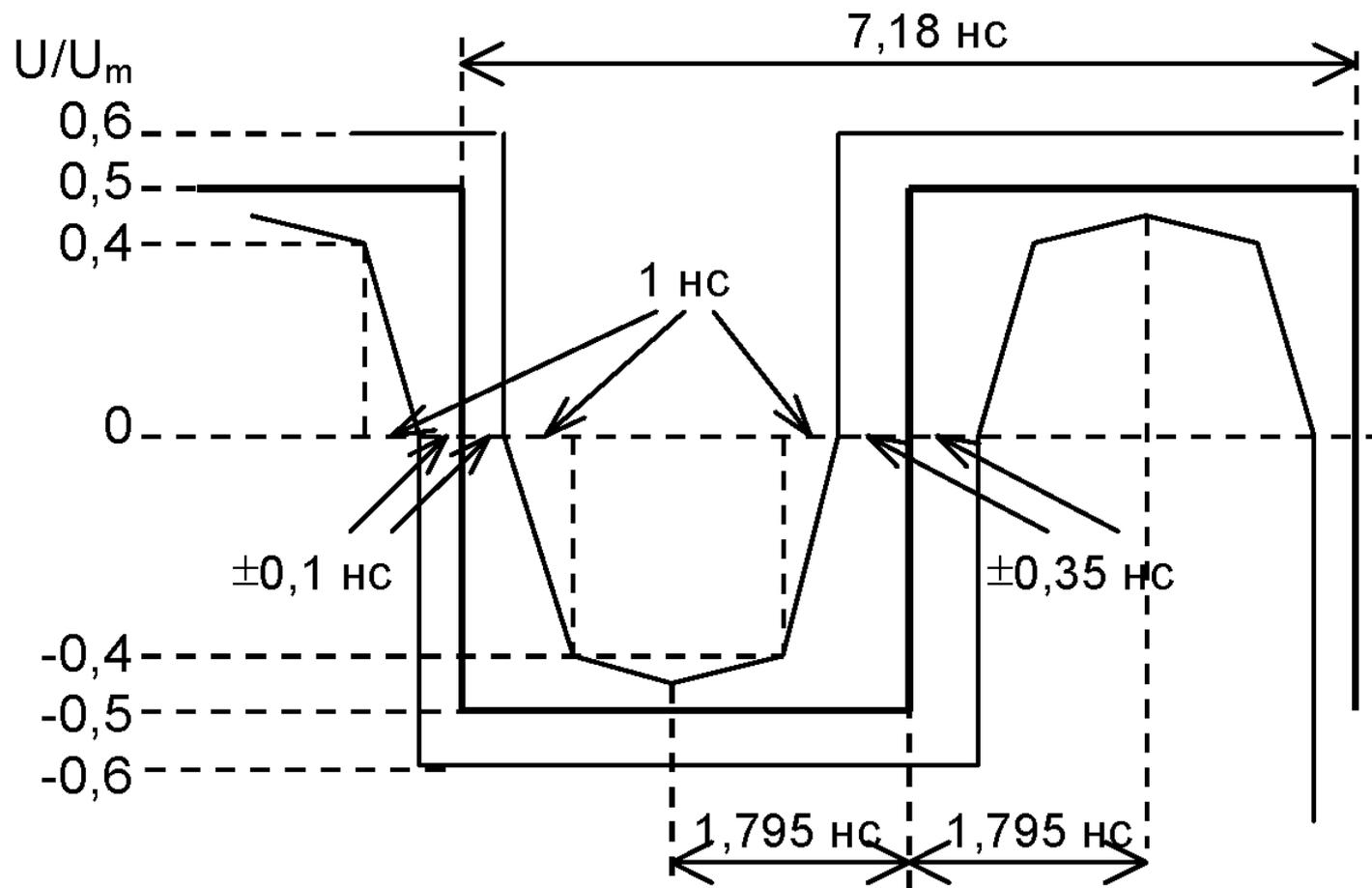
* Используется код HDB-3 с 50%-ным заполнением тактового интервала.

** Код CMI - биимпульсный.

*** Для кода HDB-3 номинальная длительность импульса соответствует половине тактового интервала.



	E1	E2	E3
$T, \text{ MC}$	244	59	14,55
t_1/T	0.8	0.6	0.6
t_2/T	0.9	0.84	0.84
t_3/T	1.1	1.17	1.17
t_4/T	2.0	1.7	1.7
t_5/T	2.0	2.0	2.0

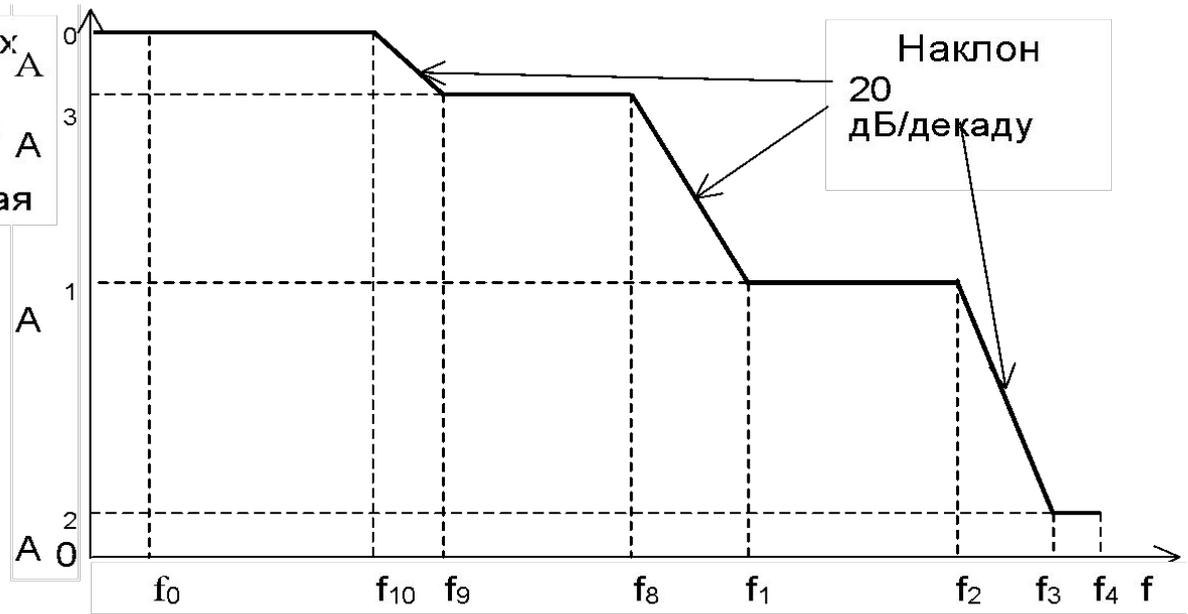


Размах фазового дрожания на выходе оборудования временного группообразования

- Размах фазового дрожания на выходе оборудования временного группообразования соответствующего уровня иерархии, измеренный полосовым фильтром ПФ1 с граничными частотами f_1 и f_3 и спадом 20 дБ/дек и полосовым фильтром ПФ2 с граничными частотами f_2 и f_3 и спадом 20 дБ/дек, не должен превышать величин A_1 и A_2 (в единичных тактовых интервалах).

Цифровой тракт	f_1	f_2	f_3	A_1	A_2
E1	20 Гц	18 кГц	100 кГц	1,5	0,2
E2	20 Гц	3 кГц	400 кГц	1,5	0,2
E3	100 Гц	10 кГц	800 кГц	1,5	0,15
E4	200 Гц	10 кГц	3500 кГц	1,5	0,075

Полный размах
дрожания и
дрейфа фазы
(логарифмическая
шкала)



Частота фазового дрожания (логарифмическая шкала)

Цифровой тракт	Полный размах в единичных интервалах				Частота							
	A_0	A_1	A_2	A_3	f_0 , мкГц	f_{10} , МГц	f_9 , Гц	f_8 , Гц	f_1 , Гц	f_2 , кГц	f_3 , кГц	f_4 , кГц
E1	36,9	1,5	0,2	18	12	4,88	0,01	1,667	20	2,4	18	100
E2	152	1,5	0,2	*	12	*	*	*	20	0,4	3	400
E3	618,6	1,5	0,15	*	*	*	*	*	100	1	10	800
E4	2506,6	1,5	0,075	*	*	*	*	*	200	0,5	10	3500

* Значения изучаются.

Особенности СП PDH

- Плезиохронные сигналы.
- Побитное мультиплексирование (временное группообразование).
- Объединение асинхронных сигналов при помощи побитного положительного выравнивания (положительного согласования скоростей). В России и ряде других европейских стран ранее выпускалось оборудование ПЦИ, использующее положительно-отрицательное (двустороннее) согласование скоростей. Это оборудование несовместимо с оборудованием ПЦИ, использующим положительное (одностороннее) согласование скоростей.
- Специальный формат кадра (цикла) передачи для каждого уровня мультиплексирования.
- Приемному мультиплексору внешняя синхронизация не обязательна.
- Фазовое соотношение между кадрами и нагрузочной информацией не фиксируется. Невозможен прямой доступ к индивидуальным каналам, объединенным в групповом потоке. Для такого доступа необходимо произвести полное последовательное демультимплексирование.