

Синхронная цифровая иерархия (Synchronous Digital Hierarchy - SDH)

- Скорости определены ITU-T G.702, G.707
- Цифровым потоком SDH является синхронный транспортный модуль STM (Synchronous Transport Module)
- Первичным цифровым потоком SDH является STM-1
 - Скорость передачи STM-1 155,52 Мбит/с
- Дальнейшее увеличение скорости передачи достигается мультиплексированием с коэффициентом 4
 - Образуются модули STM-N
 - В настоящее время стандартизированы модули с N=1, 4, 16, 64.
 - Скорости передачи в целое число раз выше скорости передачи 155,52 Мбит/с, а именно:
 - ✓ STM-4 – 622,08 Мбит/с,
 - ✓ STM-16 – 2488,32 Мбит/с,
 - ✓ STM-64 – 9953,28 Мбит/с.
 -

Принципы и особенности SDH

Сети SDH получили распространение благодаря многим очевидным преимуществам, главное из которых – приемственность и поддержка стандартов PDH



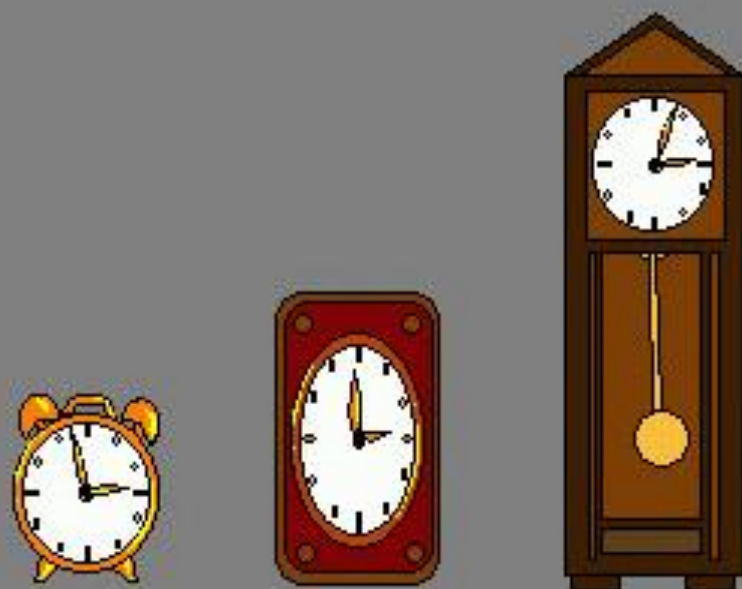
Особенность: поддержка в качестве входных сигналов каналов доступа только трибров SDH и PDH

Трибром называют поток, скорость передачи которого входит в стандартный ряд скоростей какой-либо иерархии

Сравнение сигналов плезмохронный - синхронный

Потоки данных с одинаковыми скоростями, но от разных источников не синхронизированных между собой, будут ненамного, но отличаться в большую или меньшую сторону от номинальной скорости передачи.

Такие потоки почти синхронны, то есть плезмохронны.

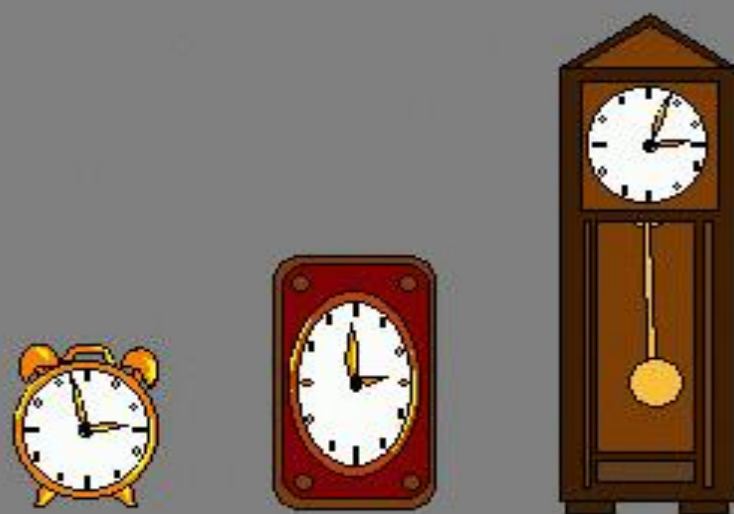


Принципы и особенности SDN

Сравнение сигналов плездохронный – синхронный

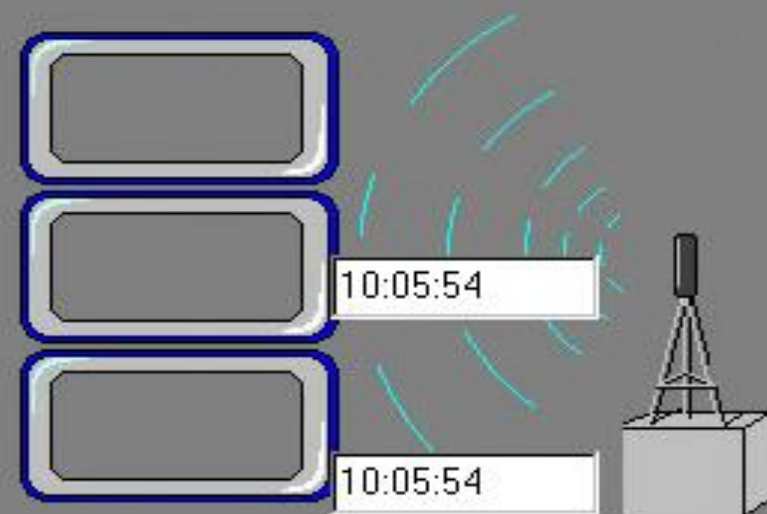
Потоки данных с одинаковыми скоростями, но от разных источников не синхронизированных между собой, будут ненамного, но отличаться в большую или меньшую сторону от номинальной скорости передачи.

Такие потоки почти синхронны, то есть плезиохронны.



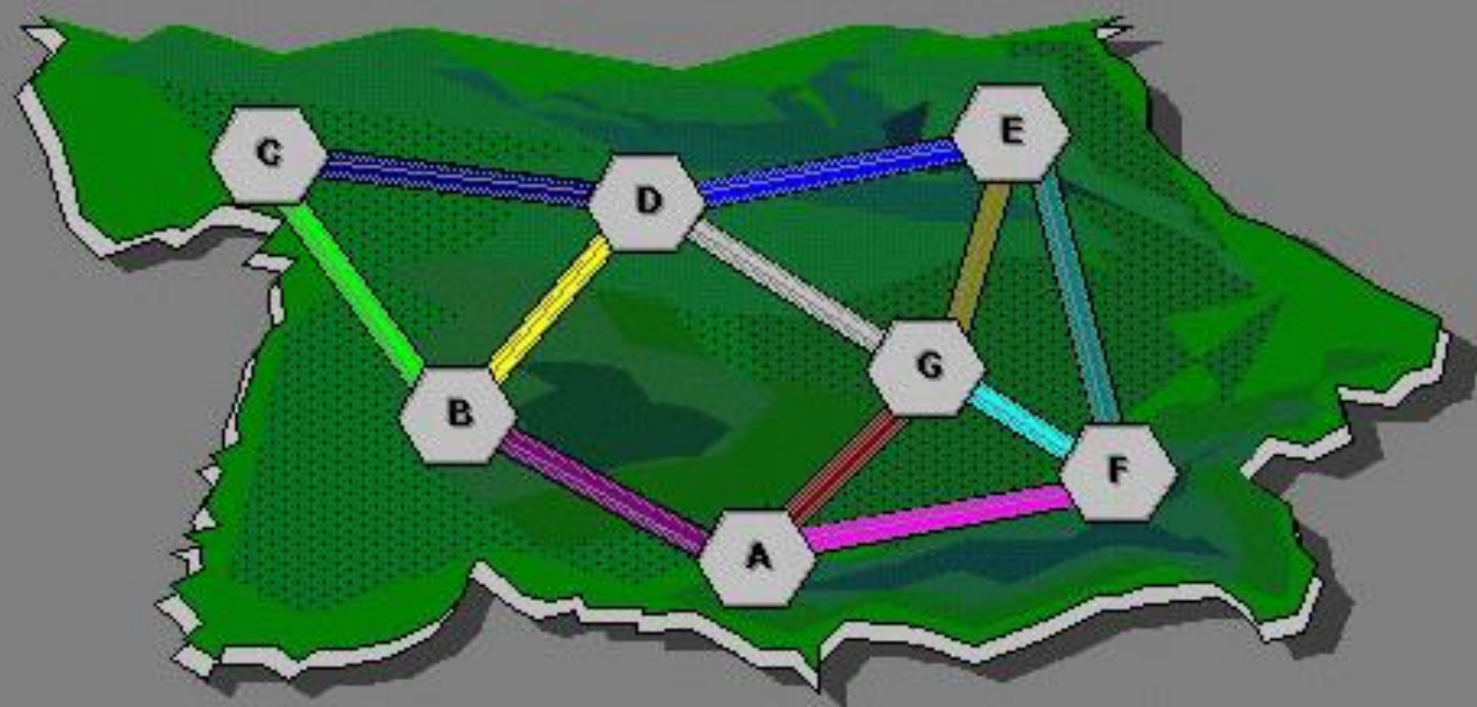
Потоки данных с одинаковыми скоростями, но от разных источников, управляемых одним синхронизирующим устройством будут согласованы между собой постоянно.

Такие потоки называются синхронными.



10:05:54

Планируемая сеть



Принципы и особенности SDN

Синхронная Сеть



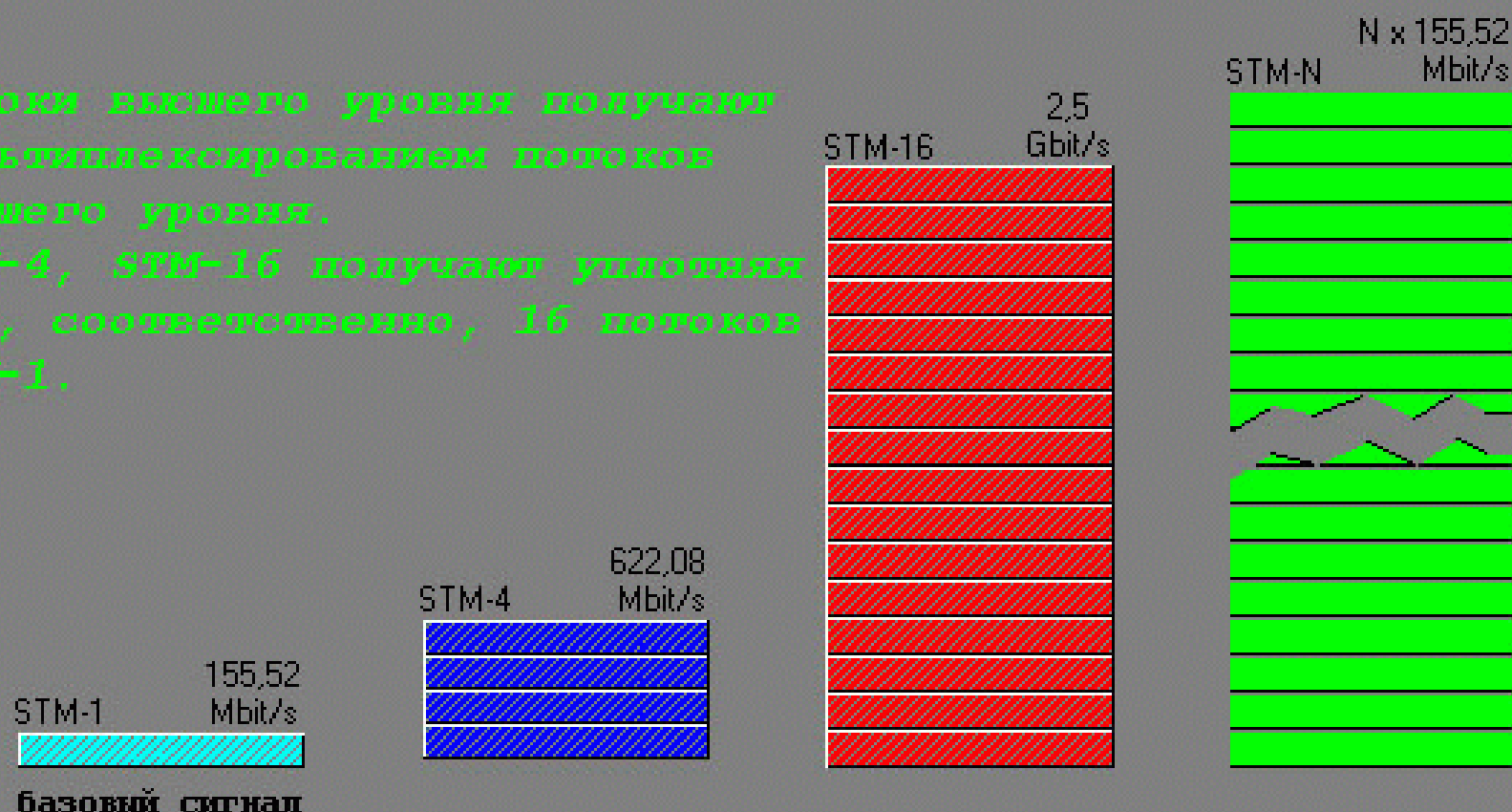
Принципы и особенности SDH

ITU-T определил самый низкий уровень SDH потока - Синхронный Транспортный Модуль первого уровня (STM-1). Скорость передачи STM-1 155.52 Мбит/сек.

Потоки высшего уровня получают мультиплексированием потоков низшего уровня.

STM-4, STM-16 получают уплотняя 4 и, соответственно, 16 потоков STM-1.

STM-1 155,52 Mbit/s



базовый сигнал

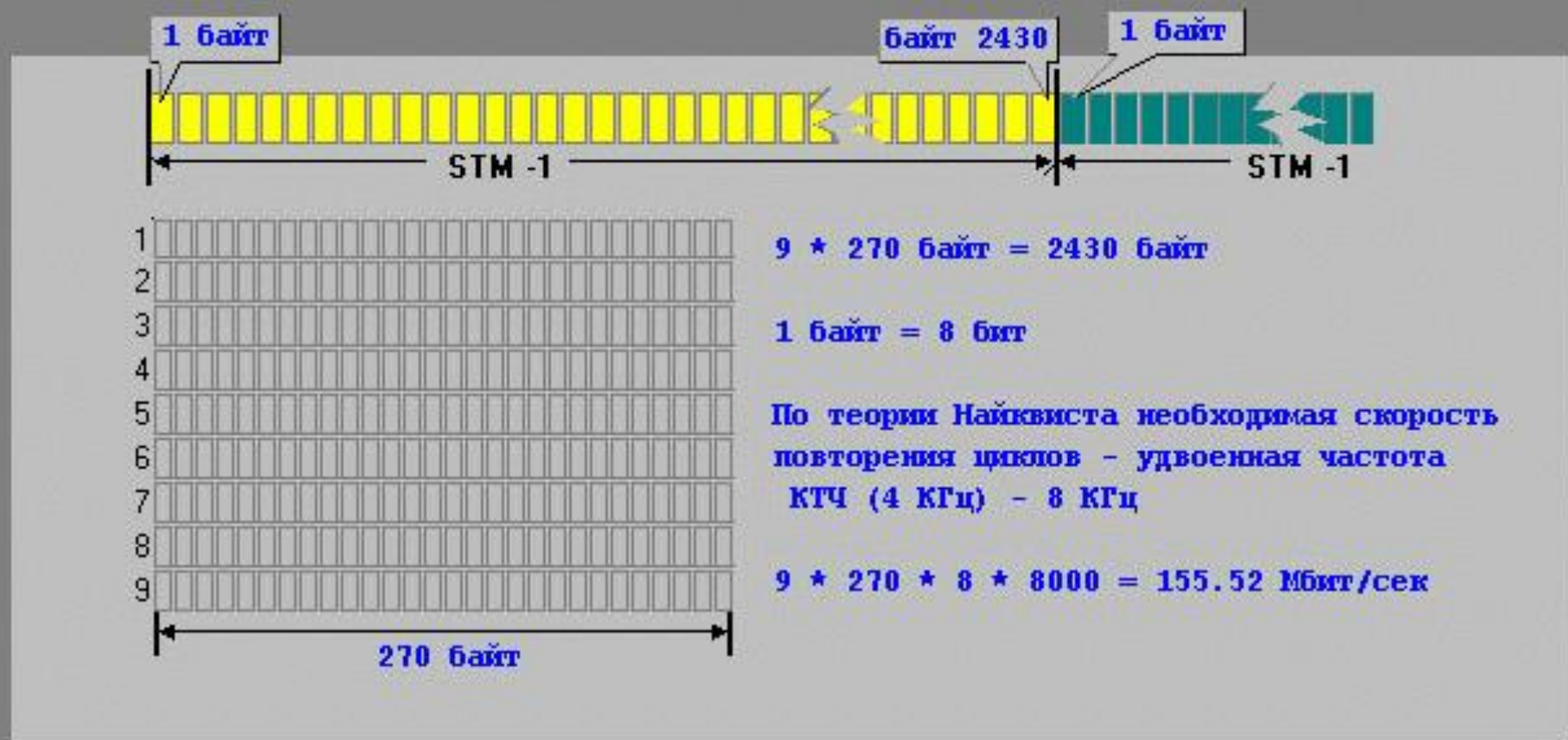
STM-4 622,08 Mbit/s

STM-16 2,5 Gbit/s

STM-N $N \times 155,52$ Mbit/s

Принципы и особенности SDH

STM-1 представляет двумерным массивом 9 строк по 270 байт



стандартизированы уровни 4, 16 и 64:

STM-4 $4 \times 155,52 \text{ Мбит/с} = 622,08 \text{ Мбит/с}$,

STM-16 $16 \times 155,52 \text{ Мбит/с} = 2,48832 \text{ Гбит/с}$

STM-64 $64 \times 155,52 \text{ Мбит/с} = 9,95328 \text{ Гбит/с}$.

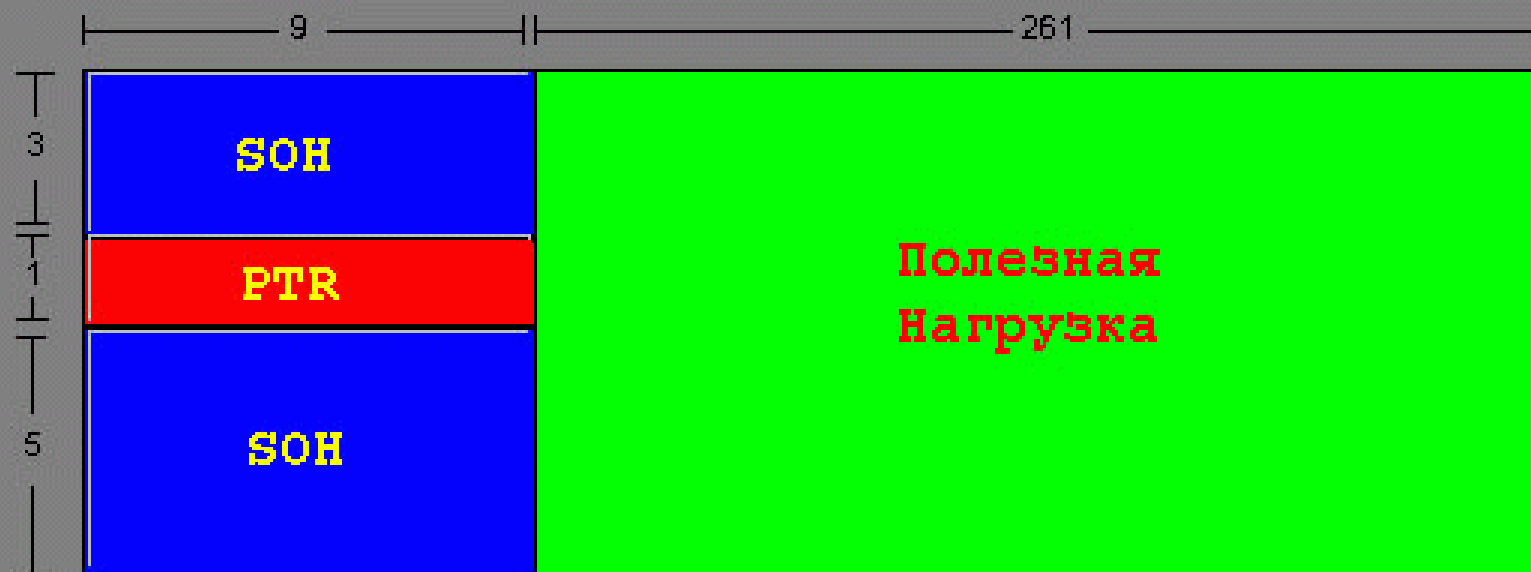
Структура кадра STM-N соответствует структуре STM-1, с тем отличием, что передаются $N \times 9 \times 270$ байт за 125 мкс.

STM-1 состоит из трех частей



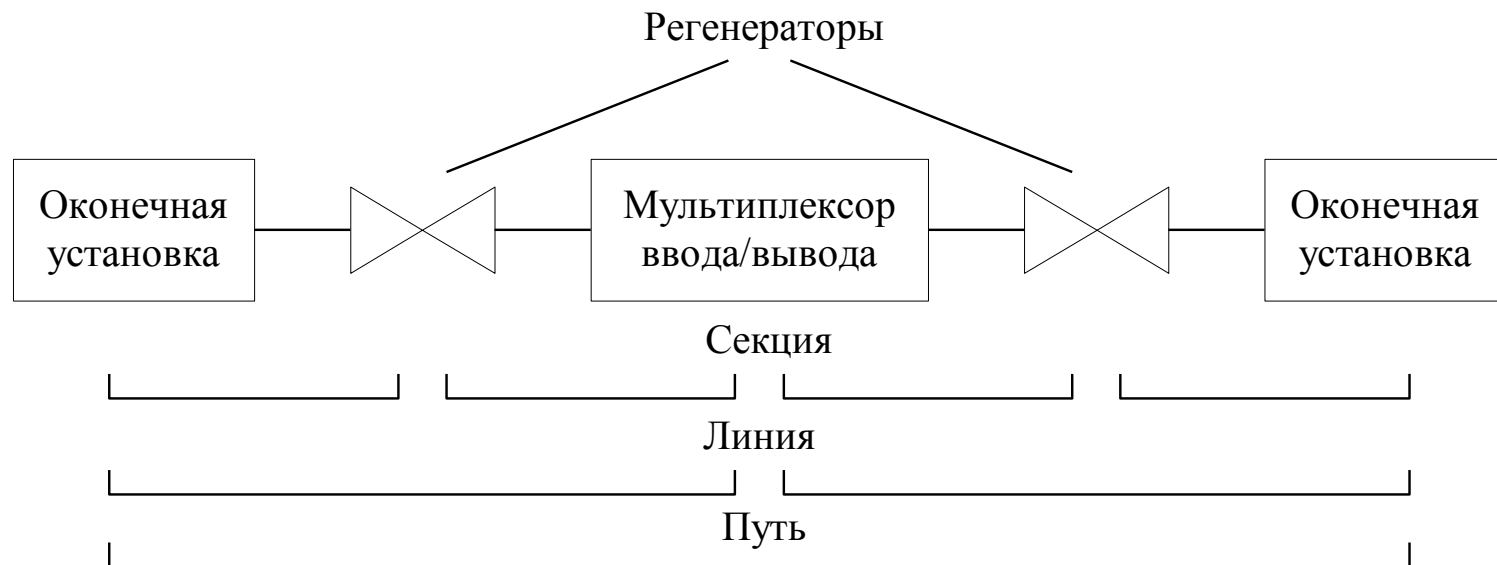
Формат кадра

- Секционный заголовок SOH
- Указатель PTR: начальный адрес тривной информации



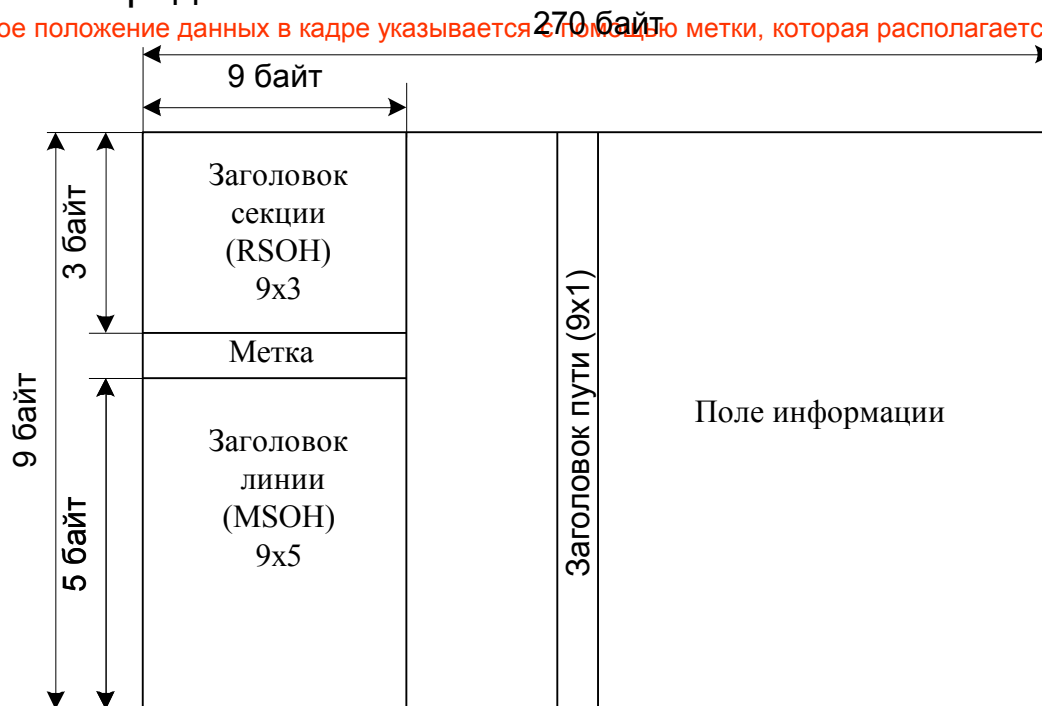
Формат кадра (уточнение 1)

- Сеть SDH делится на следующие участки: секция, линия и путь/тракт



Формат кадра (уточнение 2)

- Структуру кадра (фрейма) удобно представить в виде матрицы из 9 строк, каждая из которых содержит по 270 байт
- Кадры длиной 2430 байт передаются в линию с частотой 8 кГц
- Первым передаётся старший бит первого байта первой строки, затем второй байт
- После передачи первой строки передаётся вторая и т. д
- Заголовки линии и секции образуют транспортный заголовок кадра (SOH), который всегда находится в одном и том же месте, в отличие от заголовка пути (POH) который может «плавать» в поле информации
- Пользовательские данные начинаются сразу за первым байтом заголовка пути
- То что данные могут плавать в поле информации позволяет выравнивать тактовые частоты приёмника и передатчика.
- (похоже неверно) Фактическое положение данных в кадре указывается с помощью метки, которая располагается в первой строке заголовка линии



Назовите транспортный модуль самого низкого уровня в SDH?

Варианты ответа:

- ☒ SDH-1
- ☐ STM-1
- ☐ SPM-1

OK

Отмена

Какова скорость STM-1?

Варианты ответа:

- ☒ 140 Мбит/с
- ☐ 34 Мбит/с
- ☐ 64 Кбит/с

OK

Отмена

Сколько байтов в STM-1?

Варианты ответа:

☒ 2430

☐ 2340

☐ 2240

OK

Отмена

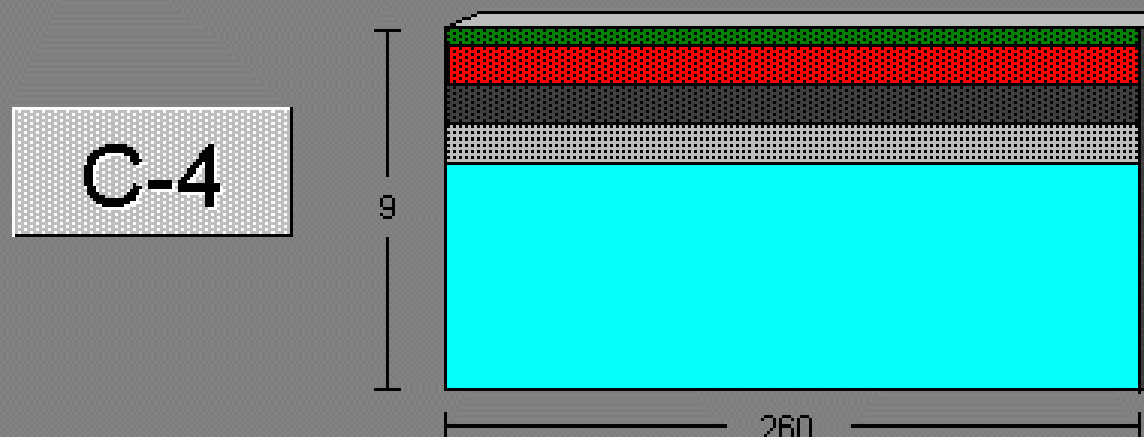
STM-1



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

Кроме полезной информации (нагрузки) в контейнер C-4 включена следующая служебная информация:

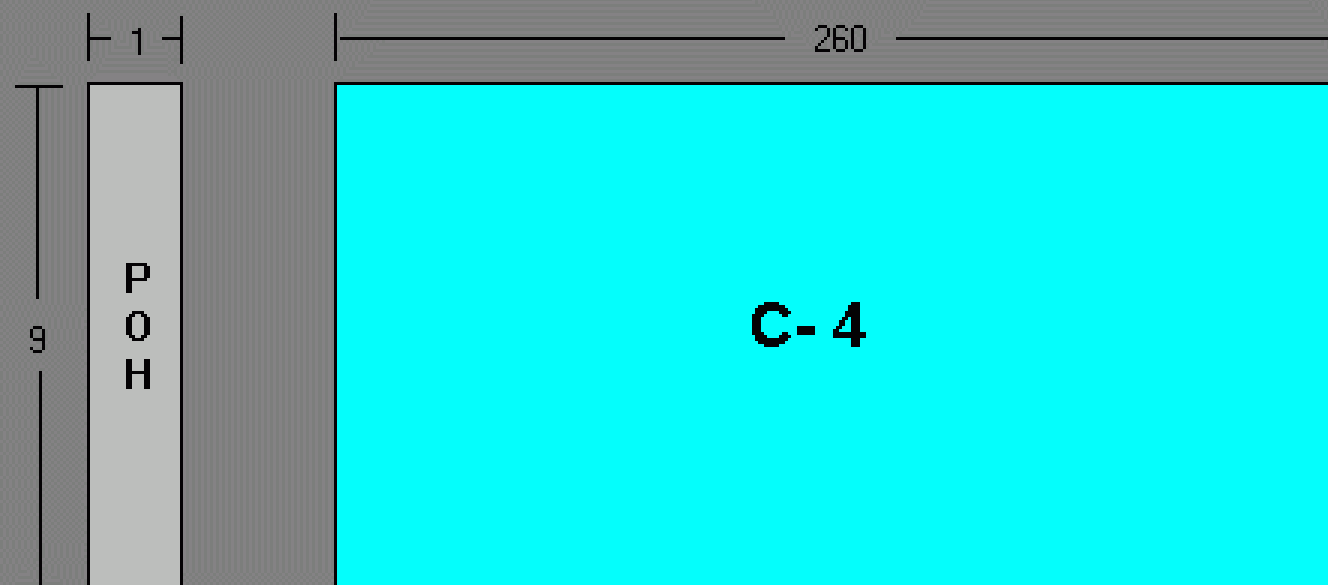
- > фиксированные биты и байты выравнивания (датчика меток времени) 
- > биты возможного выравнивания (положительного выравнивания точности датчика времени) 
- > биты управления выравниванием (выравниванием полезной информации) 
- > биты заголовка (функции не определены заранее) 



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

При преобразовании к контейнеру C-4 добавляется
Трактовый Заголовок (РОН), размером 9 байт

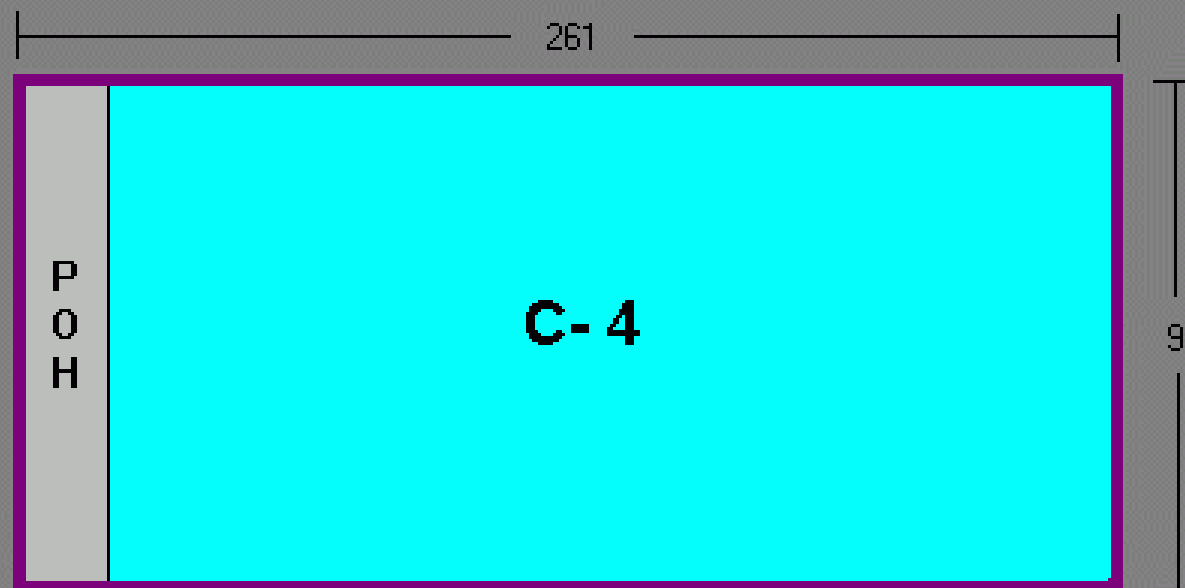
Трактовый заголовок (Path Overheard - РОН).



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

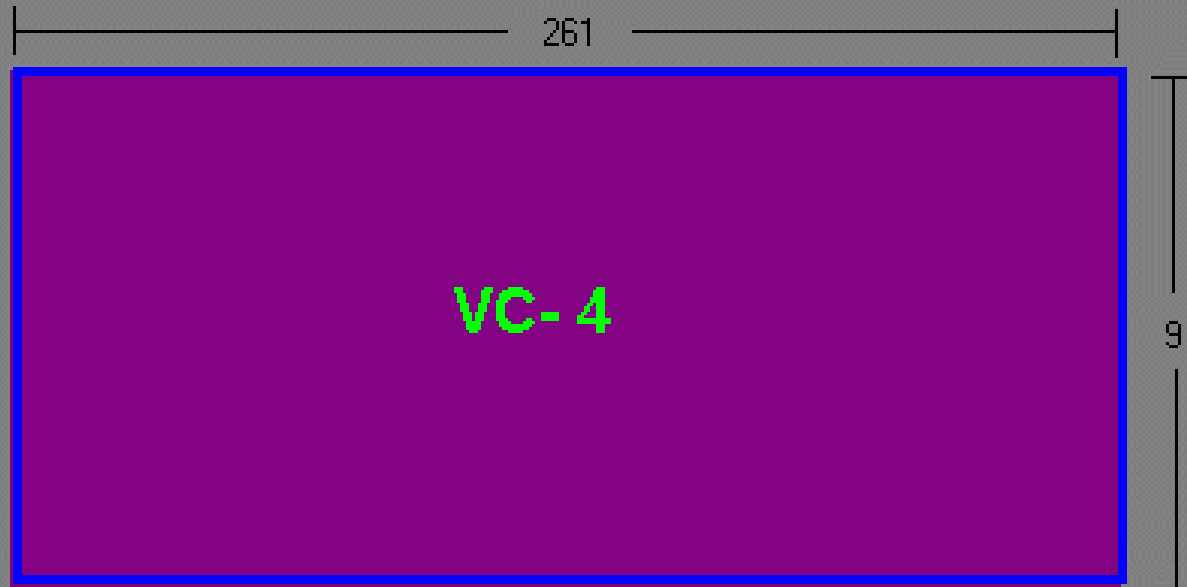
В результате
получаем блок из C-4 и Трактового Заголовка (POH),
называемый Виртуальный Контейнер 4 уровня (VC-4)

Виртуальный Контейнер (Virtual Container -VC).



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

В результате
получаем блок из C-4 и Трактового Заголовка (FON),
называемый Виртуальный Контейнер 4 уровня (VC-4)



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

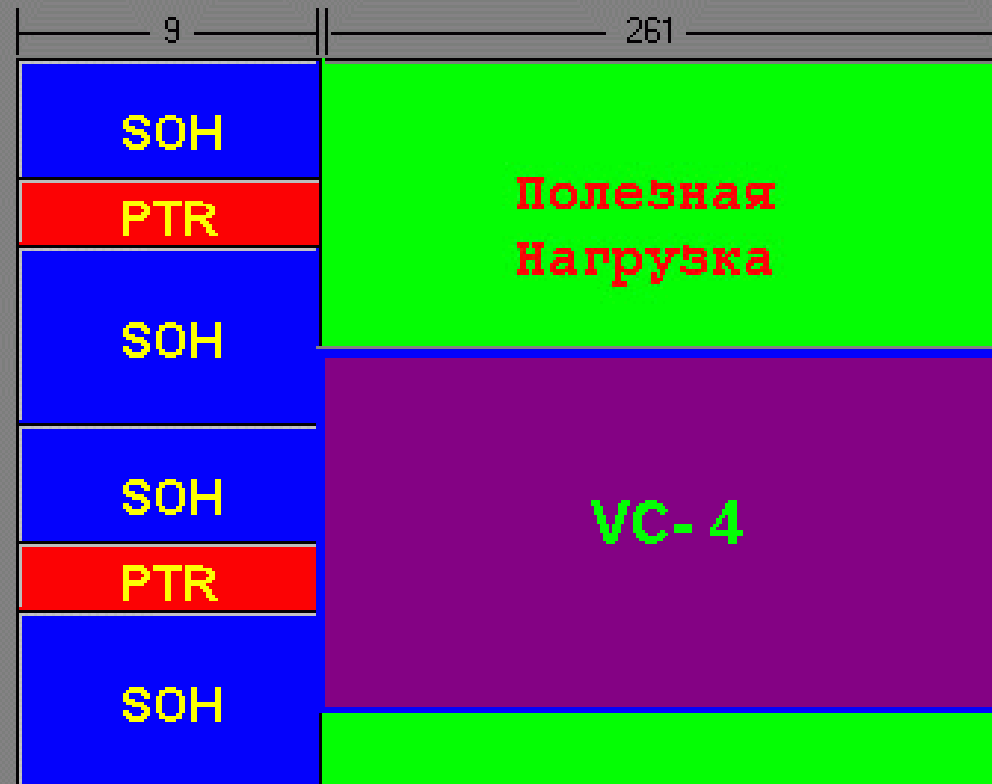
Указатель PTR --> определяет начало контейнера VC-4 в нагрузке



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

Указатель PTR --> определяет начало контейнера VC-4 в нагрузке



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

Компонент внутри которого VC-4 может "плавать" и который состоит из указателя (PTR) и полезной нагрузки определяется как Административный Блок 4 Уровня (AU-4)

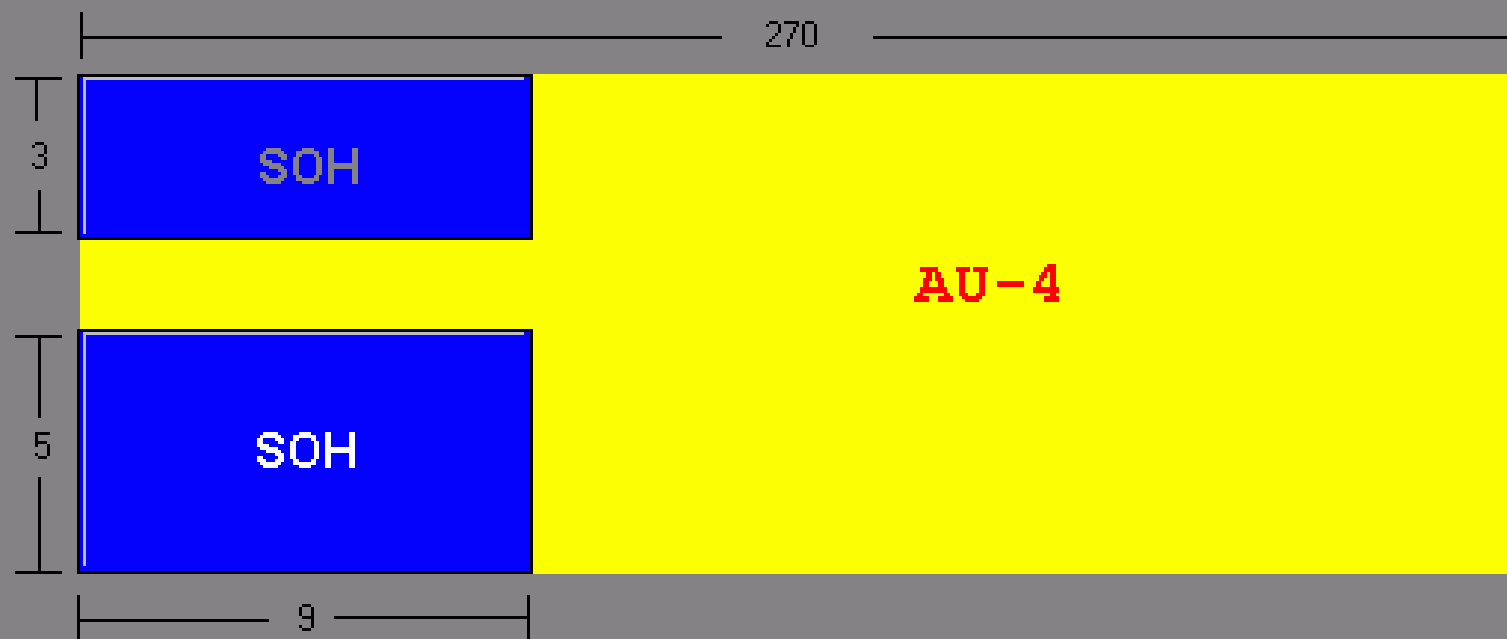


Указатель (PTR) в AU-4 называется AU-4 Pointer

Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

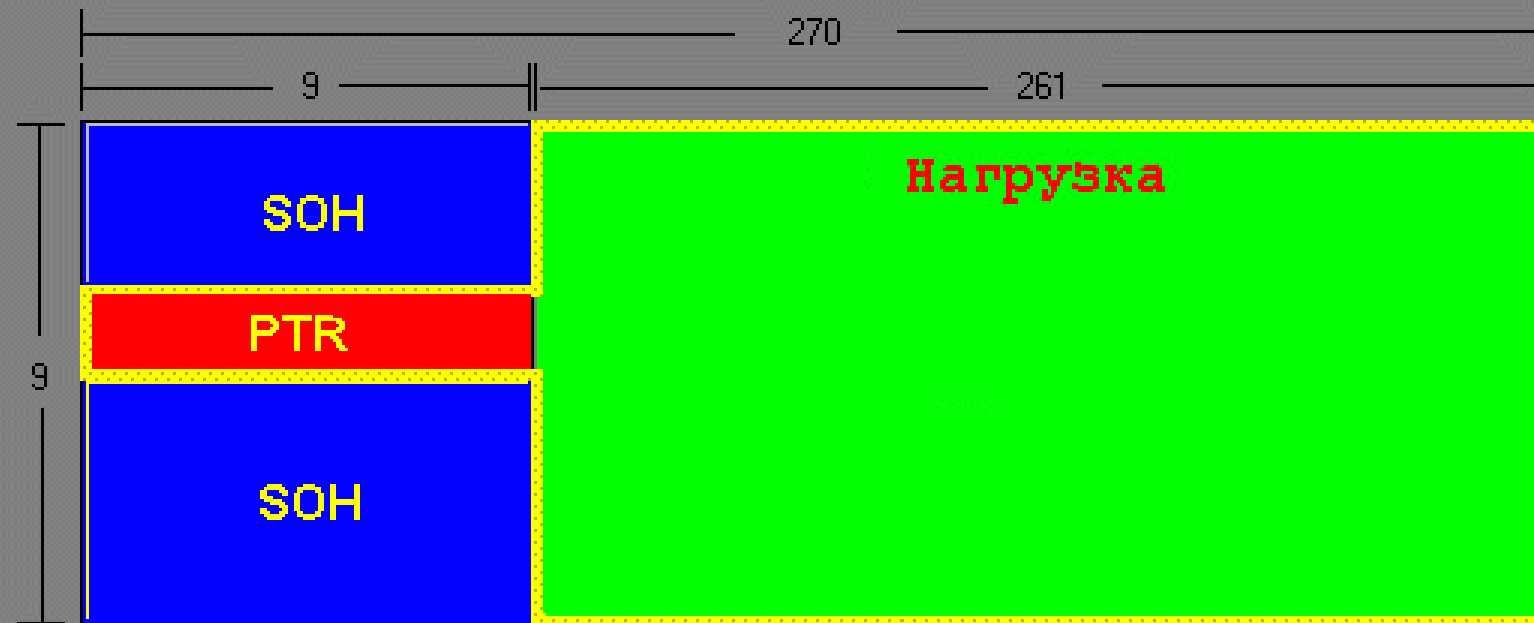
Для окончательного формирования STM-1

Административному Блоку AU-4 придается Секционный
Заголовок (SOH)



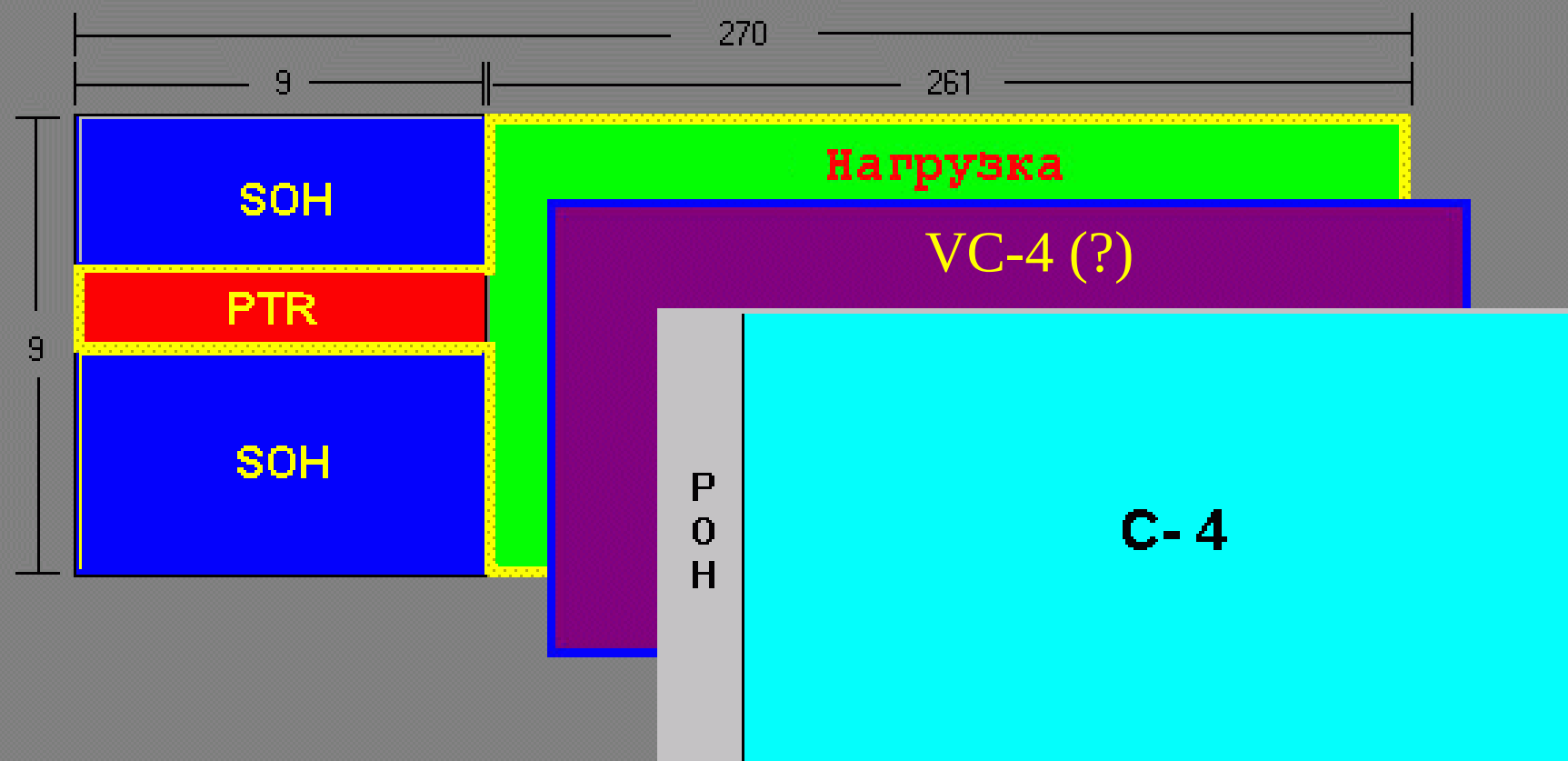
Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

Давайте еще раз повторим все этапы формирования STM-1:



Преобразование потока 140 Мбит в контейнер C-4

Давайте еще раз повторим все этапы формирования STM-1:



Назовите трактовый заголовок?

Варианты ответа:

☒ SOH

☐ PTR

☐ POH

OK

Отмена

Каков размер контейнера C-4?

Варианты ответа:

- ☒ 2340 байт
- ☐ 2344 бит
- ☐ 2430 байт

OK

Отмена

Каков размер трактового заголовка?

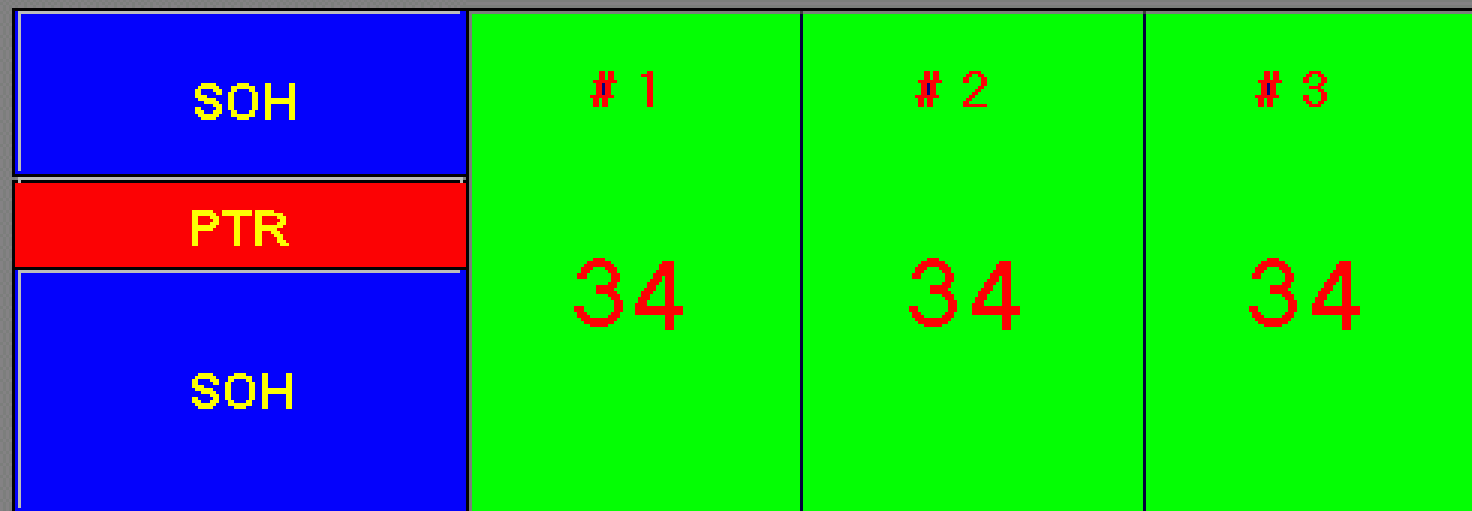
Варианты ответа:

- ☒ 260 байт
- ☐ 9*4 байт
- ☐ 9 байт

OK

Отмена

STM-1



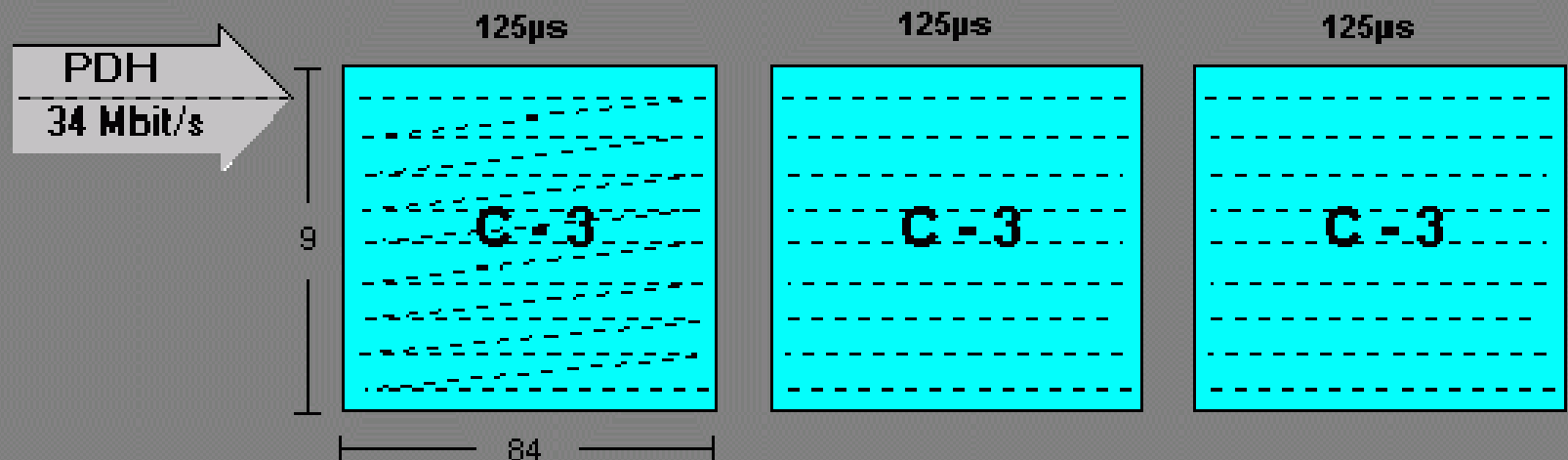
Mbit/s

Преобразование 3*34 Мбит/с потоков в STM-1

На первом этапе формирования STM-1 PDH-поток 34 Мбит/с помещается в Контейнер 3 Уровня (C-3)

Размер C-3 составляет 756 байт

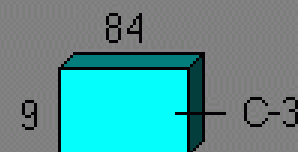
Представляем контейнер в виде двумерного массива 9*84



Преобразование потока 34 Мбит/с в контейнер C-3

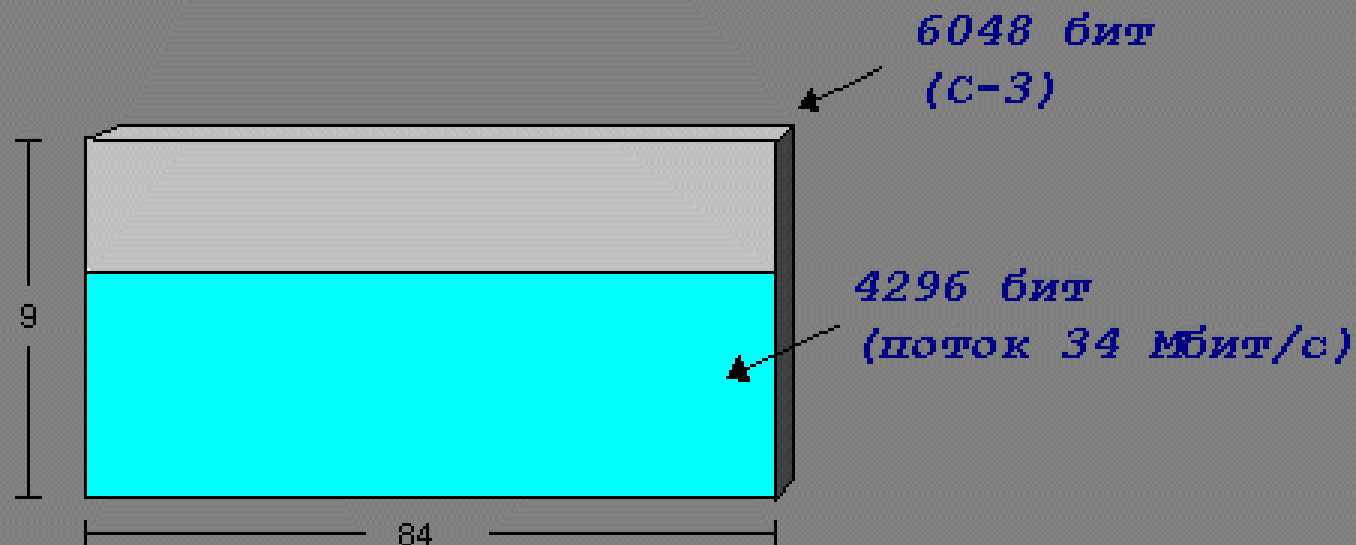
Сравним количество бит которое можно поместить в Контейнер 3 Уровня (C-3):

$$9 \text{ байт} * 84 = 756 \text{ байт} * 8 = 6048 \text{ бит}$$



и число бит (номинальная битовая скорость: 34.368 Мбит/с)
фактически передаваемых в контейнере:

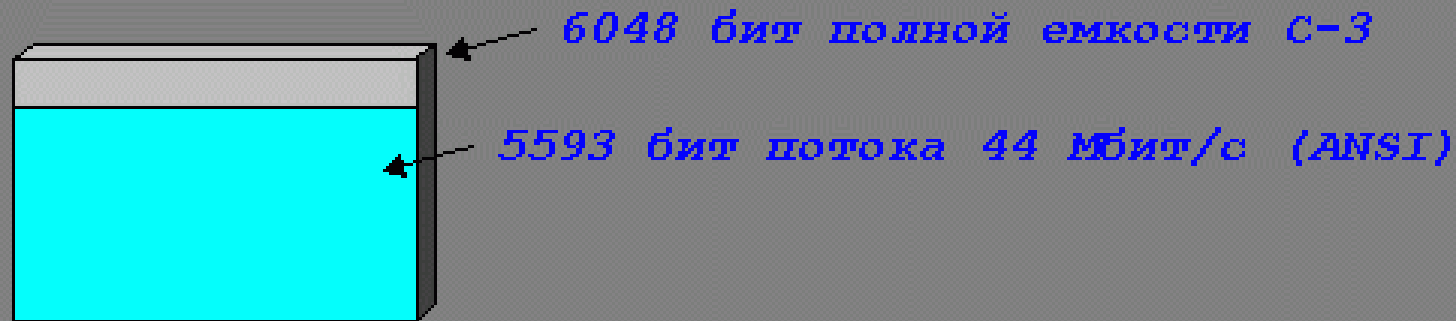
$$34.368 \text{ (Мбит/с)} / 8000 \text{ (Гц)} = 4296 \text{ бит}$$



Преобразование потока 34 Мбит/с в контейнер C-3

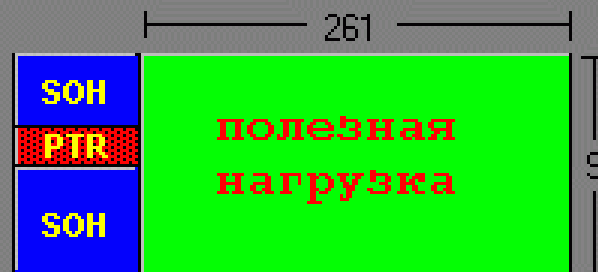
Таким образом, появляется возможность помещать в контейнер C-3 поток 44.736 Мбит/с (ANSI)

$$44.736 \text{ (Мбит/с)} / 8000 \text{ (Гц)} = 5593 \text{ бит}$$



Вычисляя количество бит STM-1 получаем:

$$9 \text{ байт} * 261 * 8 = 18720 \text{ бит}$$

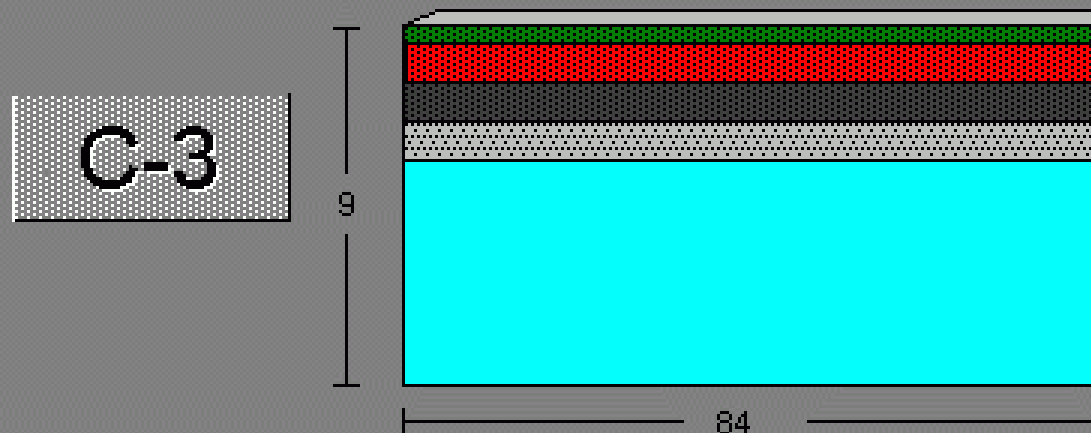


то есть,
в STM-1 можно поместить только
три контейнера C-3 (3*6048 бит)

Преобразование потока 34 Мбит/с в контейнер C-3

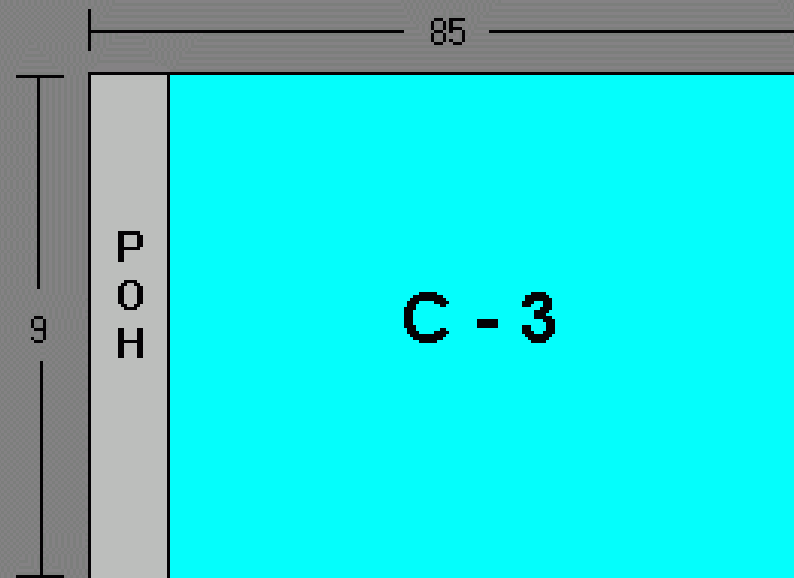
Кроме полезной информации (нагрузки) в контейнер C-4 включена следующая служебная информация:

- > фиксированные биты и байты выравнивания (датчика меток времени) 
- > биты возможного выравнивания (положительного/негативного выравнивания точности датчика времени) 
- > биты управления выравниванием (указывающие положительное, отрицательное выравнивание или его нет) 
- > биты заголовка (функции не определены заранее) 

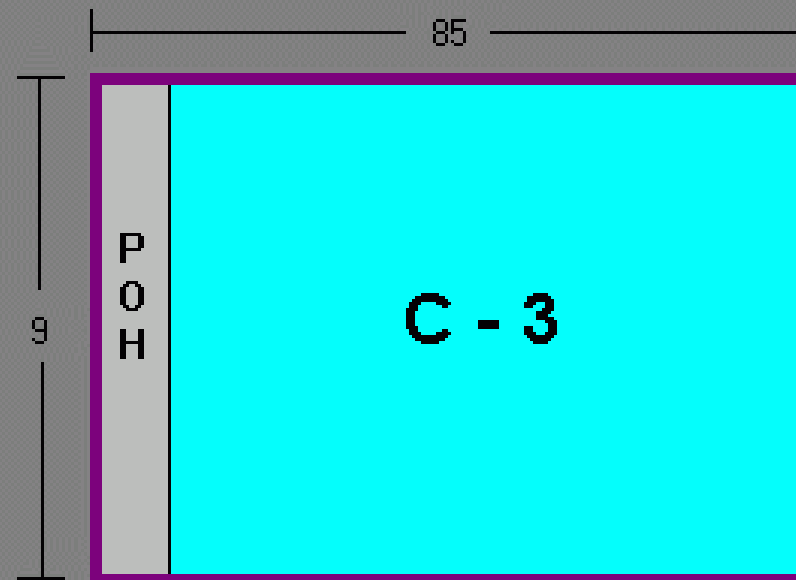
Преобразование контейнера С-3 в контейнер С-4

Каждому из трех контейнеров С-3, входящих в STM-1, присоединяется свой Трактовый Заголовок (РОН), размером 9 байт



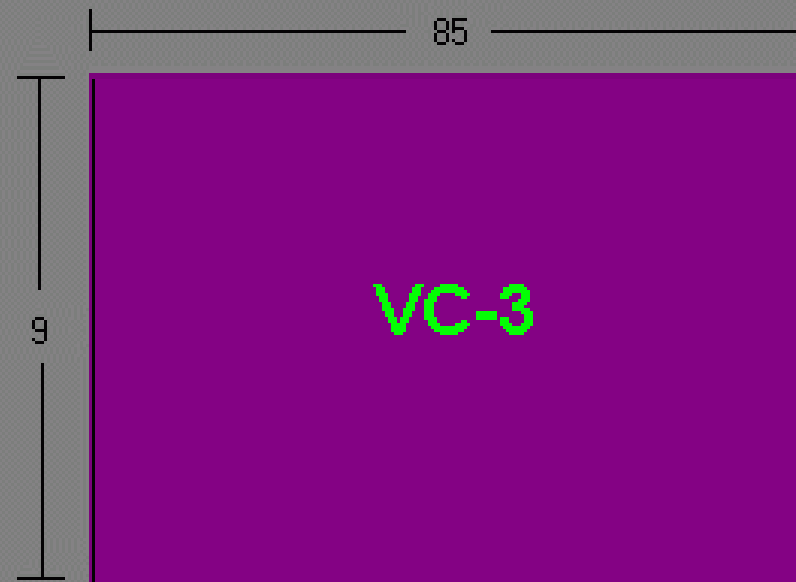
Преобразование контейнера С-3 в контейнер С-4

Блок, состоящий из Контейнера 3 Уровня и
Трактового заголовка, называется
Виртуальным Контейнером 3 Уровня или VC-3



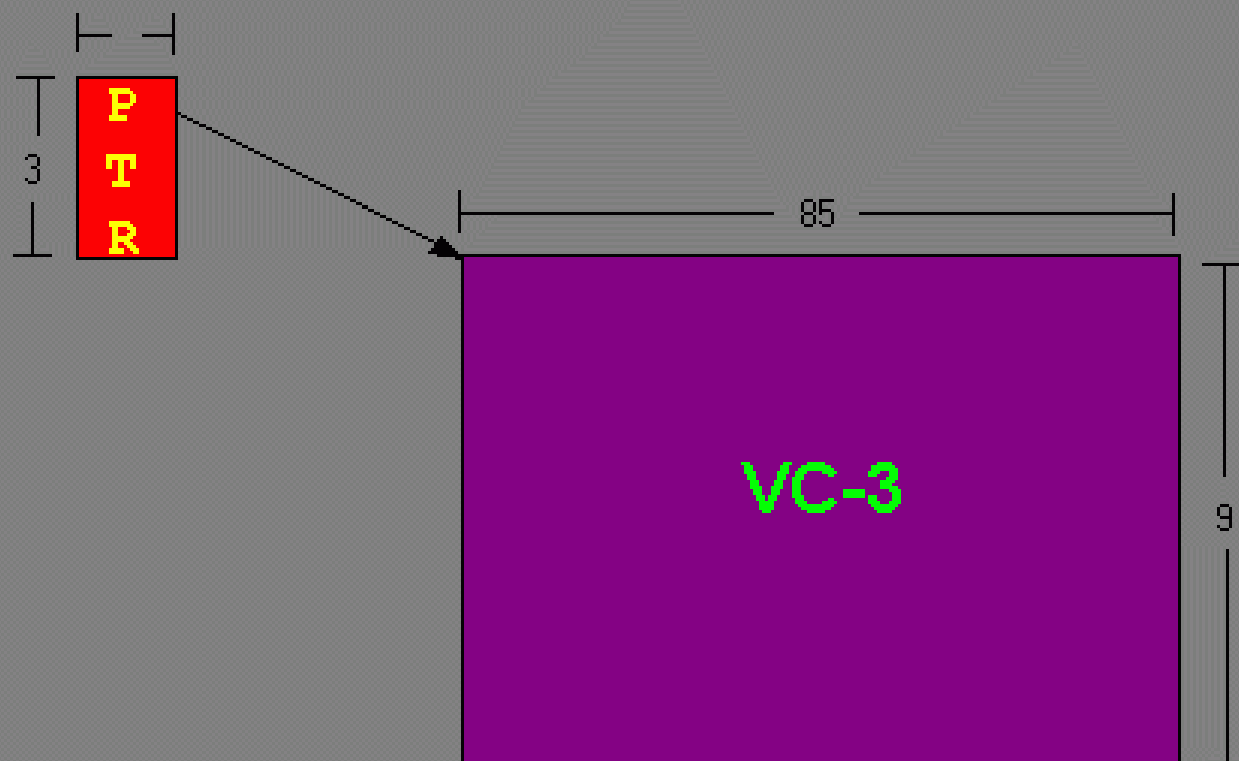
Преобразование контейнера С-3 в контейнер С-4

Блок, состоящий из Контейнера 3 Уровня и
Трактового заголовка, называется
Виртуальным Контейнером 3 Уровня или VC-3



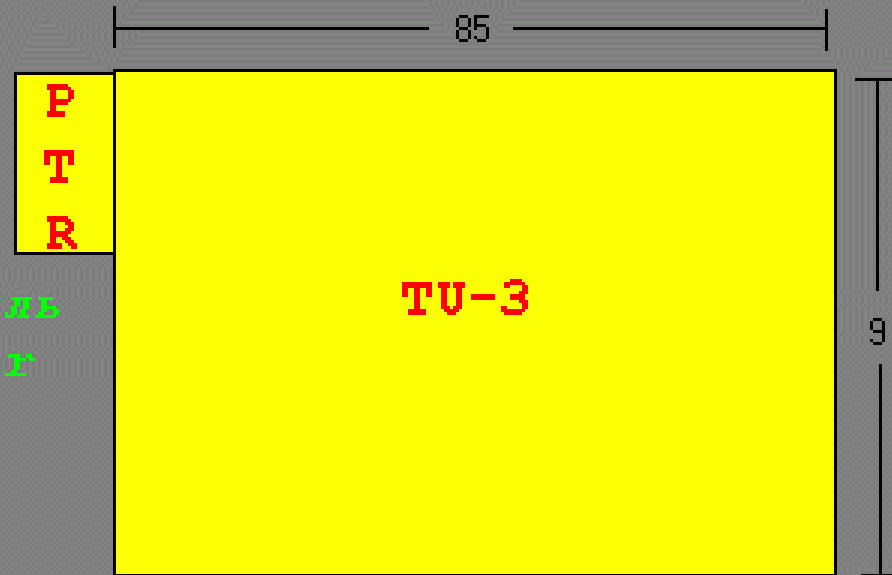
Преобразование трех контейнеров C-3 в контейнер C-4

Каждый Виртуальный Контейнер VC-3 (контейнер низкого уровня) обладает 3-х байтовым указателем PTR, который позволяет VC-3 "плавать"



Преобразование трех контейнеров C-3 в контейнер C-4

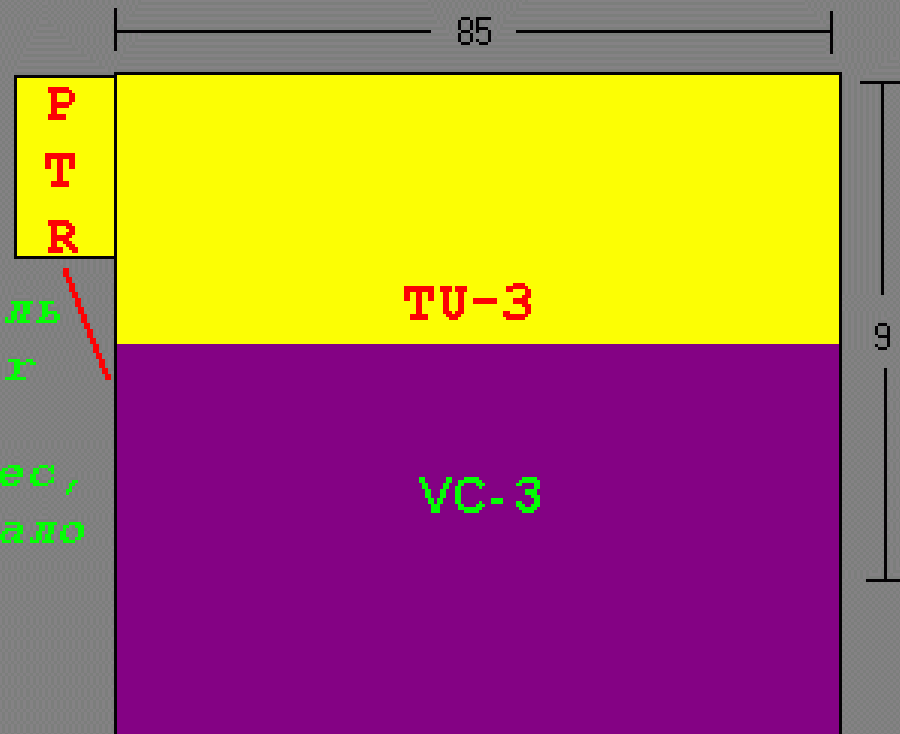
Область внутри которой VC-3 может "плавать"
с помощью своего указателя PTR называется
Трибный Блок 3 Уровня (TU-3)



3-х байтовый указатель
называют TU-3 Pointer

Преобразование трех контейнеров C-3 в контейнер C-4

Область внутри которой VC-3 может "плавать" с помощью своего указателя PTR называется
Трибный Блок 3 Уровня (TU-3)

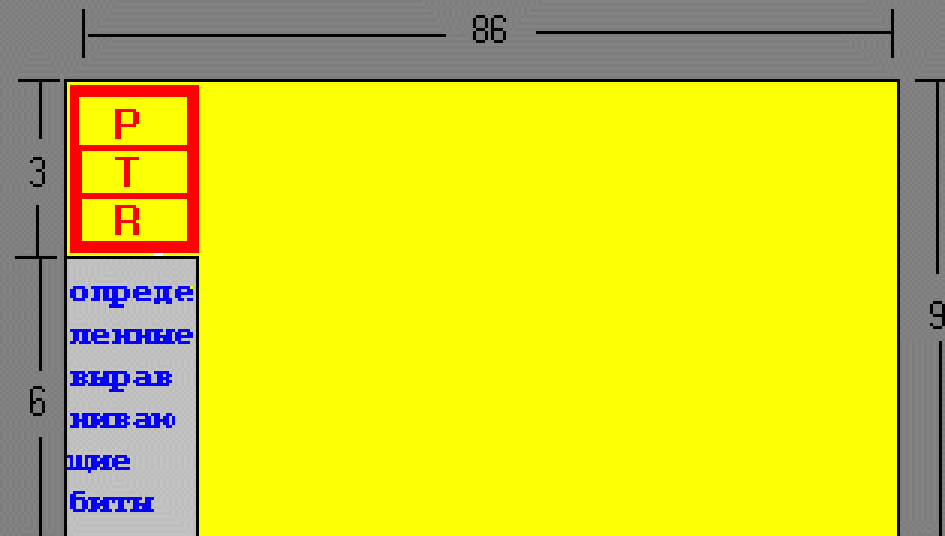


3-х байтовый указатель
называют TU-3 Pointer

Pointer содержит адрес,
который отмечает начало
VC-3 внутри TU-3

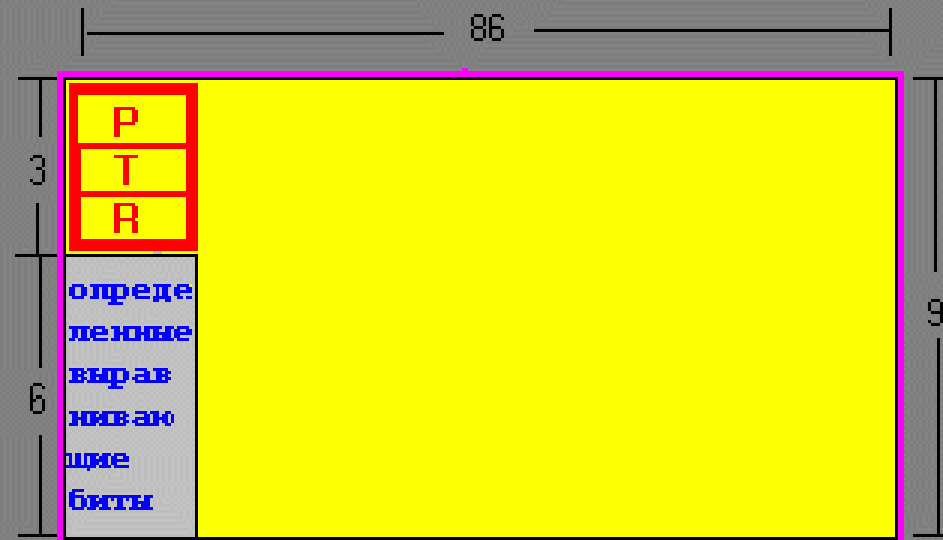
Преобразование трех контейнеров С-3 в контейнер С-4

К Трибному Блоку ТБ-3 всегда добавляется 6 фиксированных выравнивающих бит которые не содержат заранее определенной информации



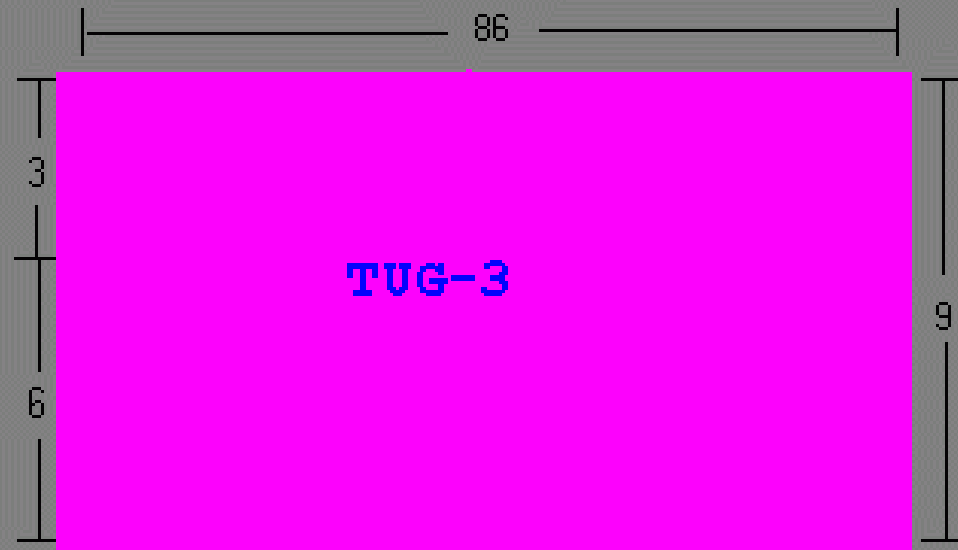
Преобразование трех контейнеров С-3 в контейнер С-4

В результате добавления к ТУ-3 выравнивающих бит получаем ТУС-3



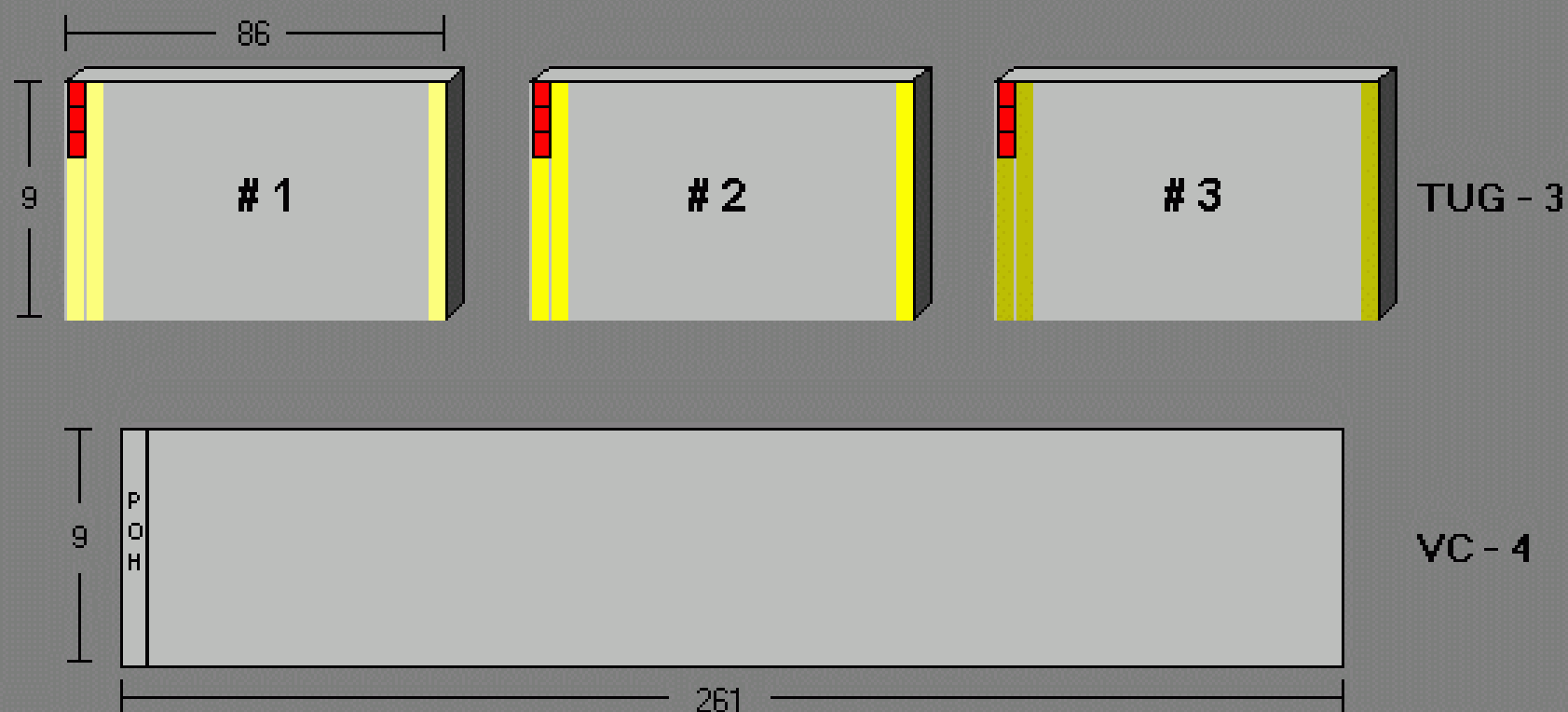
Преобразование трех контейнеров C-3 в контейнер C-4

В результате добавления к TU-3 выравнивающих бит получаем TUG-3



2 Interleaving of Three C-3 into the C-4

- 4) The three resulting **TUG-3** (#1, #2 und #3) are byte-interleaved into the Virtual Container **VC-4** (= HIGHER ORDER VC).

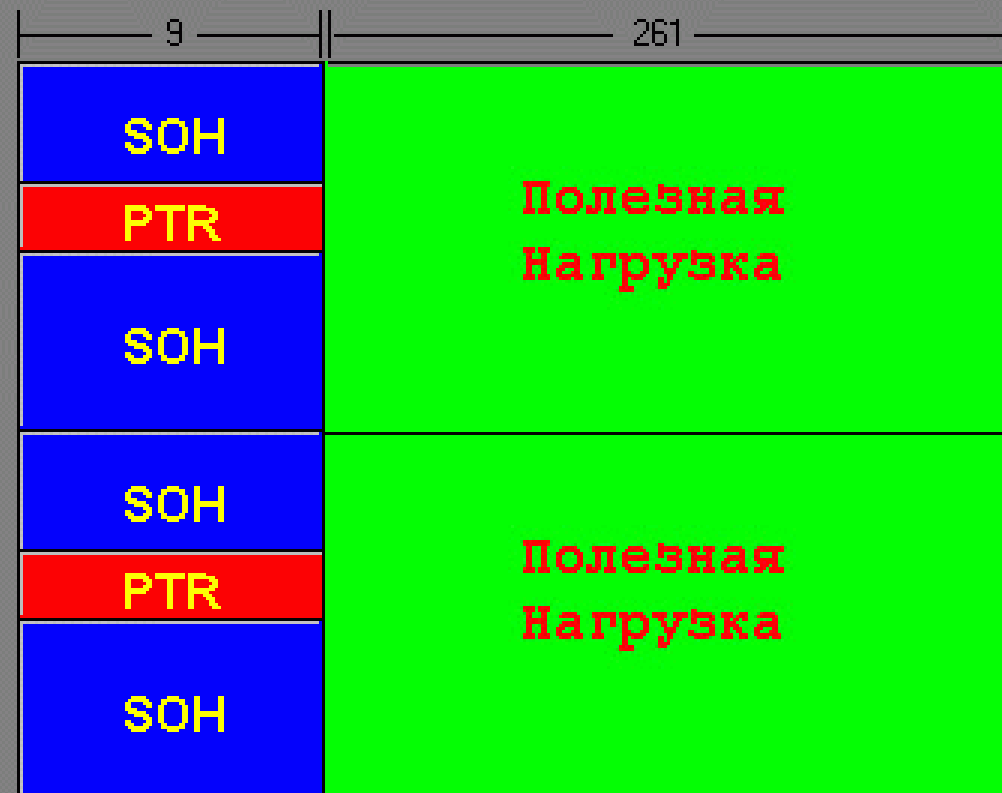


2 Interleaving of Three C-3 into the C-4

Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

Указатель PTR --> определяет начало контейнера VC-4 в нагрузке



Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

Указатель PTR --> определяет начало контейнера VC-4 в нагрузке



Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1

Компонент внутри которого VC-4 может "плавать" и который состоит из указателя (PTR) и полезной нагрузки определяется как Административный Блок 4 Уровня (AU-4)

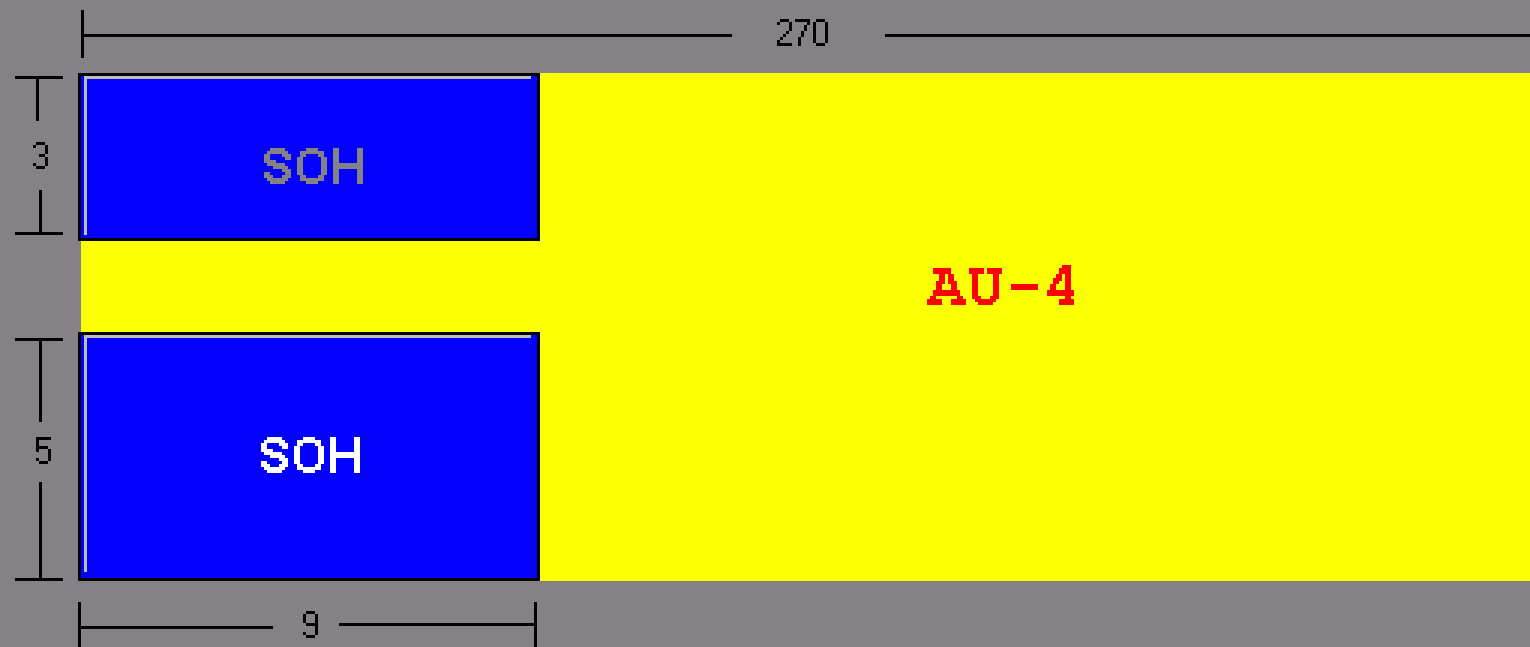


Указатель (PTR) в AU-4 называется AU-4 Pointer

Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1

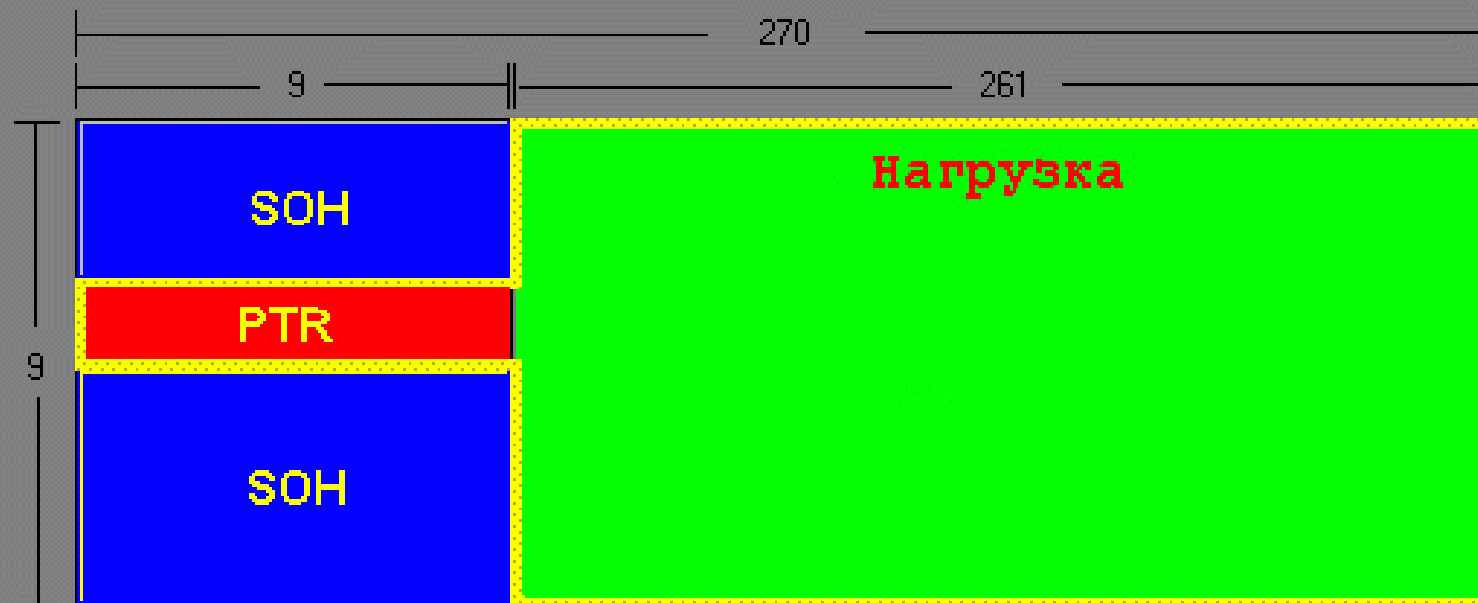
Для окончательного формирования STM-1

Административному Блоку AU-4 придается Секционный
Заголовок (SOH)

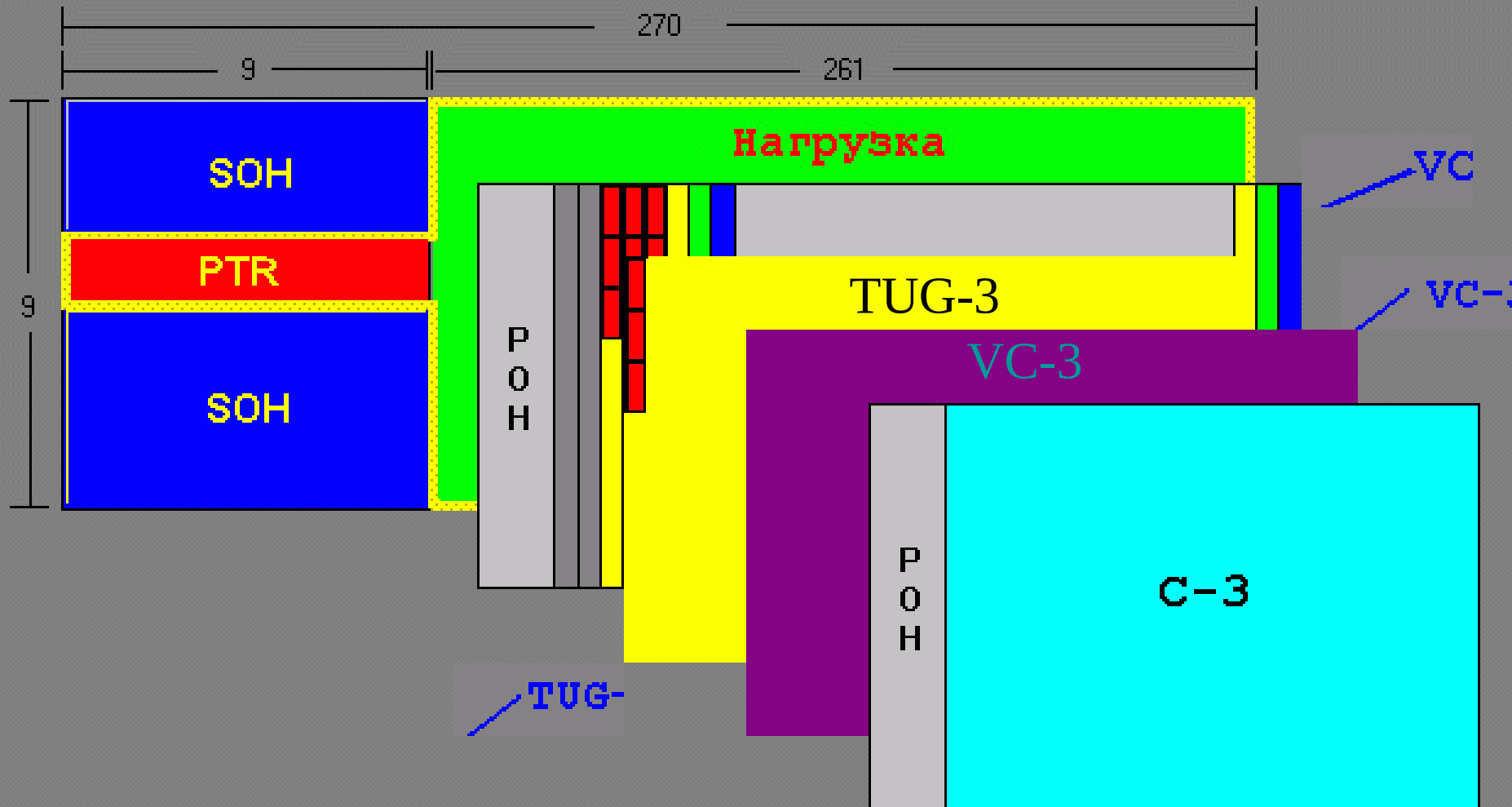


Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1

Давайте еще раз повторим все этапы формирования STM-1:



Преобразование Виртуального Контейнера VC-4 в STM-1



Сколько PDH-потоков 34 Мбит/с помещается в C-4?

Варианты ответа:

- ☒ 2
- ☐ 3
- ☐ 63

OK

Отмена

Каков размер контейнера C-3?

Варианты ответа:

☒ 9*84 байт

☐ 9*240 бит

☐ 9*64 байт

OK

Отмена

Состав VC-3?

Варианты ответа:

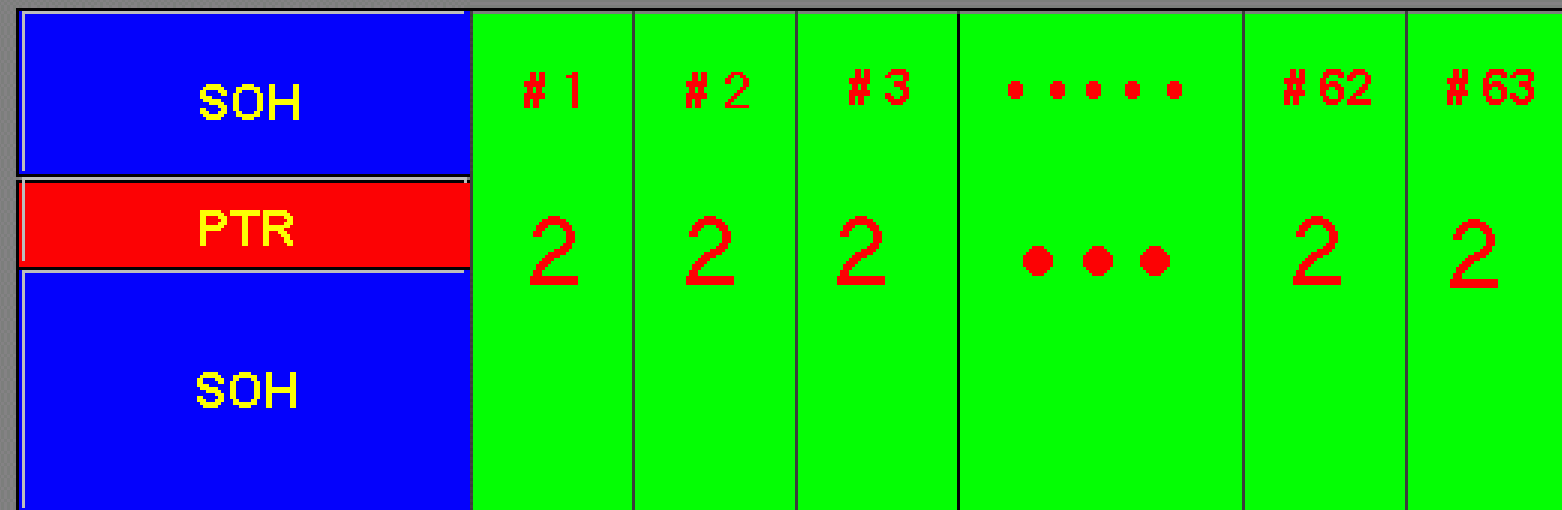
- ☒ C-3+SOH
- ☐ C-3+POH
- ☐ C-3+SOH+POH

OK

Отмена

Преобразование 63*2 Мбит/с потоков в STM-1

STM - 1



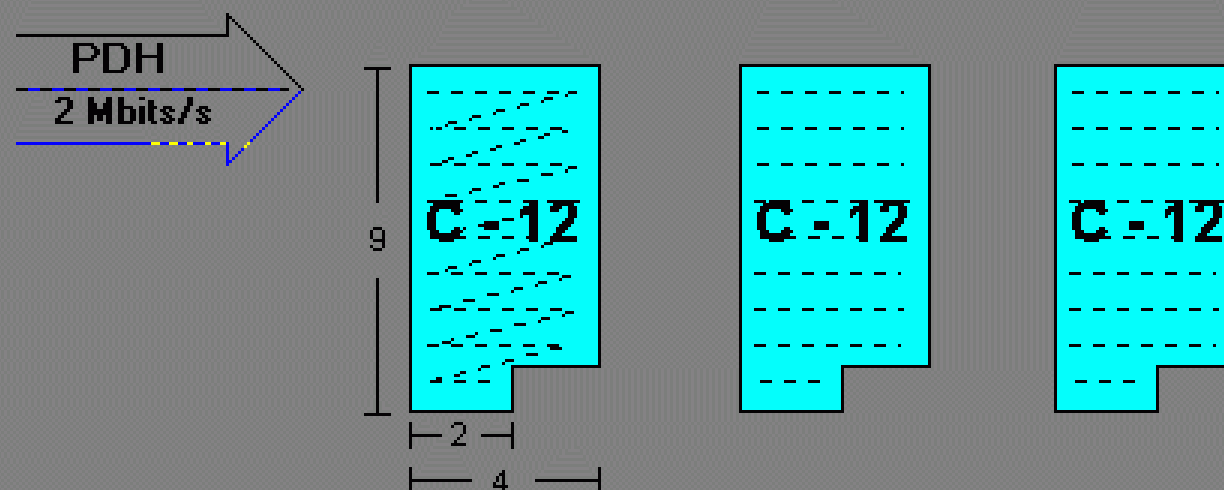
Mbit/s

Преобразование потока 2 Мбит/с в Контейнер C-12

На первом этапе формирования STM-1 PDH-поток 2 Мбит/с помещается в Контейнер C-12

Размер контейнера C-12 составляет 34 байта

Представляем C-12 в виде двумерного массива



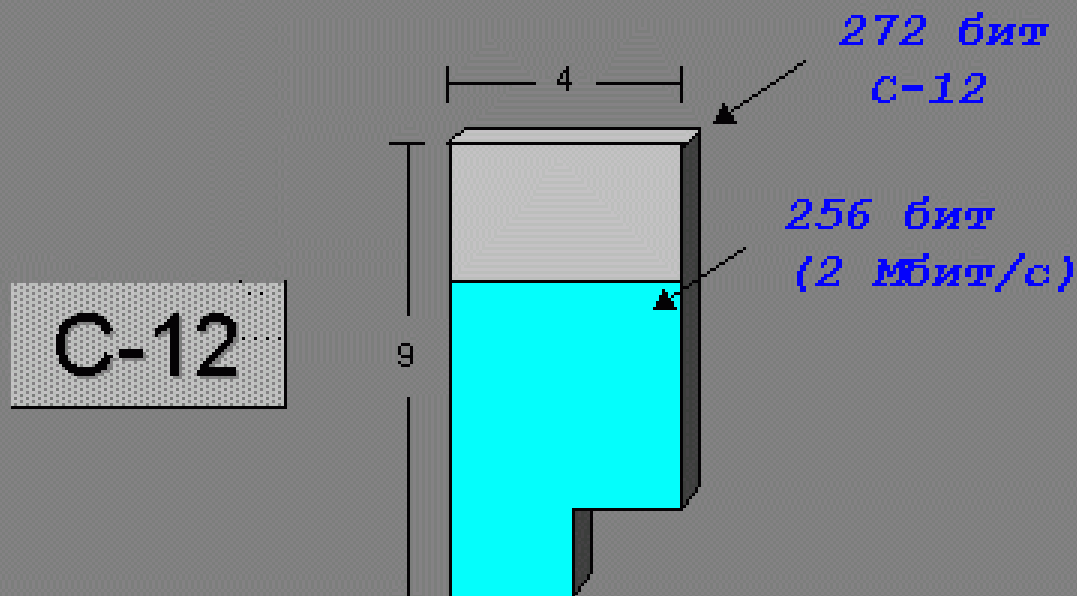
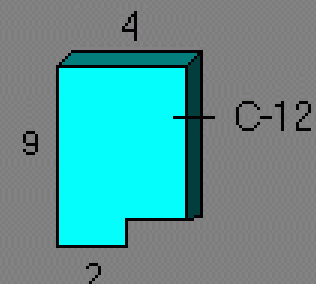
Преобразование потока 2 Мбит/с в Контейнер C-12

Вычислим количество бит которые можно
поместить в контейнер C-12

$$34 \text{ байта} * 8 = 272 \text{ бит}$$

и количество бит (номинальная скорость
2.048 Мбит/с) которые необходимо поместить
в контейнер

$$2.048 \text{ (Мбит/с)} / 8000 \text{ (Гц)} = 256 \text{ бит}$$

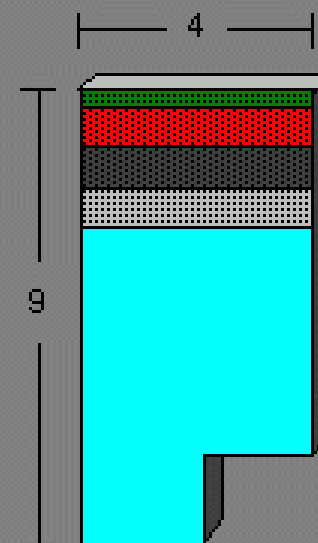


Преобразование потока 2 Мбит/с в Контейнер C-12

Кроме полезной информации (нагрузки) в контейнер C-12 включена следующая служебная информация:

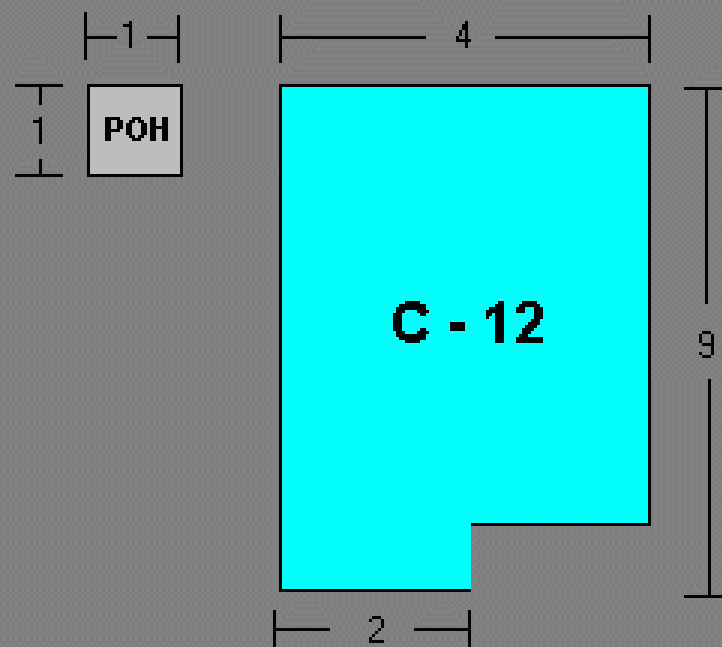
- > фиксированные биты и байты выравнивания (датчика меток времени) 
- > биты возможного выравнивания (положительного/негативного выравнивания точности датчика времени) 
- > биты управления выравниванием (указывающие положительное, отрицательное выравнивание или его нет) 
- > биты заголовка (функции не определены заранее) 

C-12



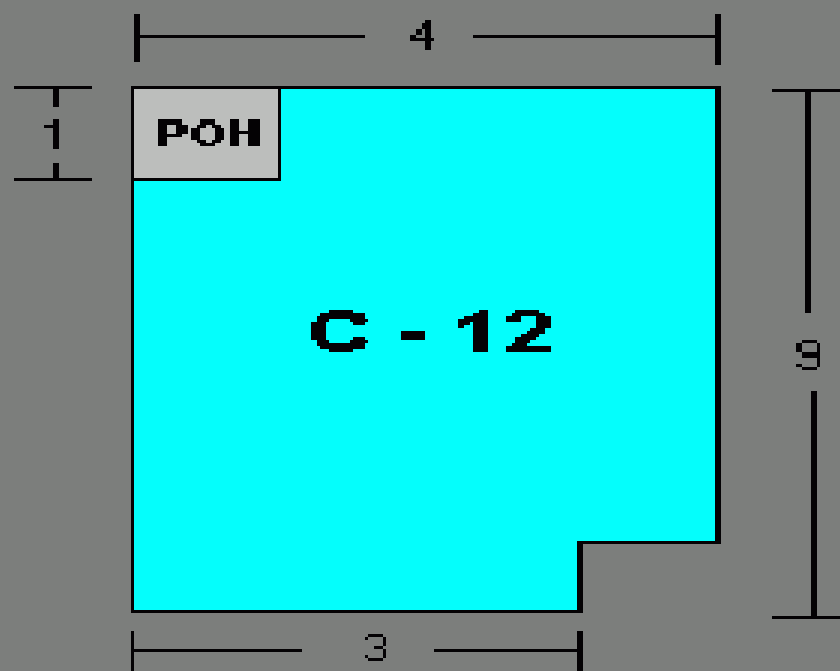
Создание мультiframe (мультикадра) VC-12

При формировании STM-1 из 63 контейнеров C-12 (каждый содержит поток 2 Мбит/с) к C-12 присоединяется Трактовый Заголовок (POH), размером 1 байт



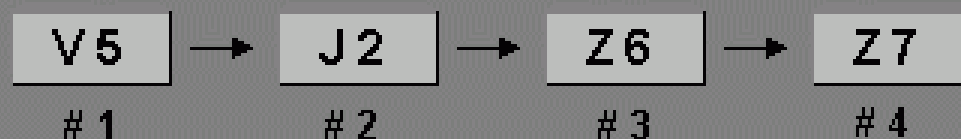
Создание мультiframe (мультикадра) VC-12

При формировании STM-1 из 63 контейнеров C-12 (каждый содержит поток 2 Мбит/с) к C-12 присоединяется Трактовый Заголовок (POH), размером 1 байт

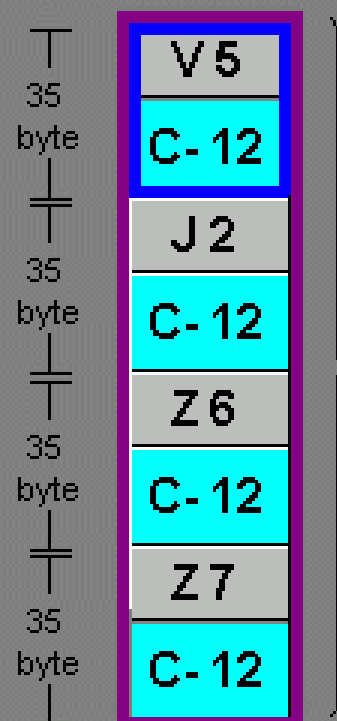


Создание мультифрейма (мультикадра) VC-12

Используется четыре вида Трактовых Заголовков в следующей последовательности:



Комбинация Контейнера C-12 и байта Трактового Заголовка POH называется
Виртуальный Контейнер VC-12

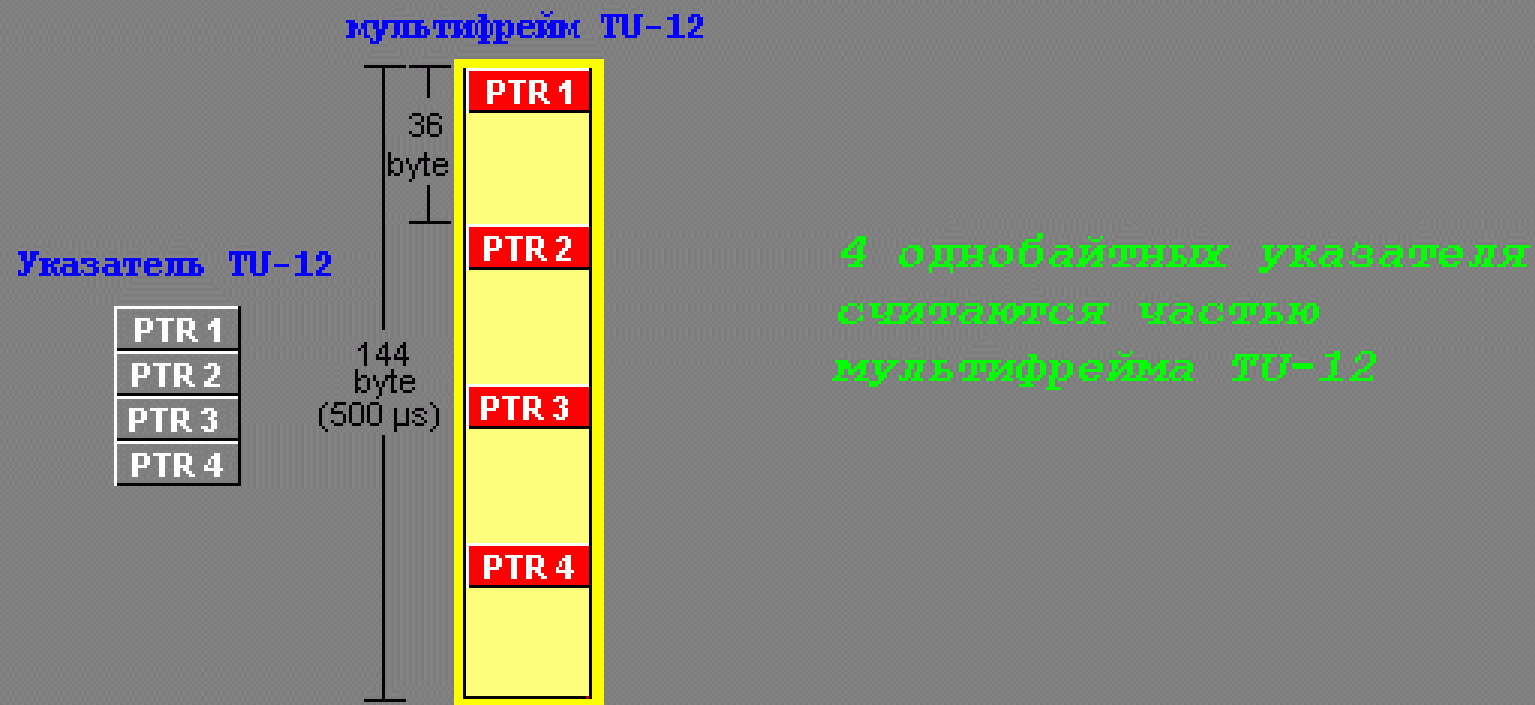


блок состоящий из 4*C-12 и POH (V5, J2, Z6, Z7) называется

Мультифреймом (Мультикадром) VC-12

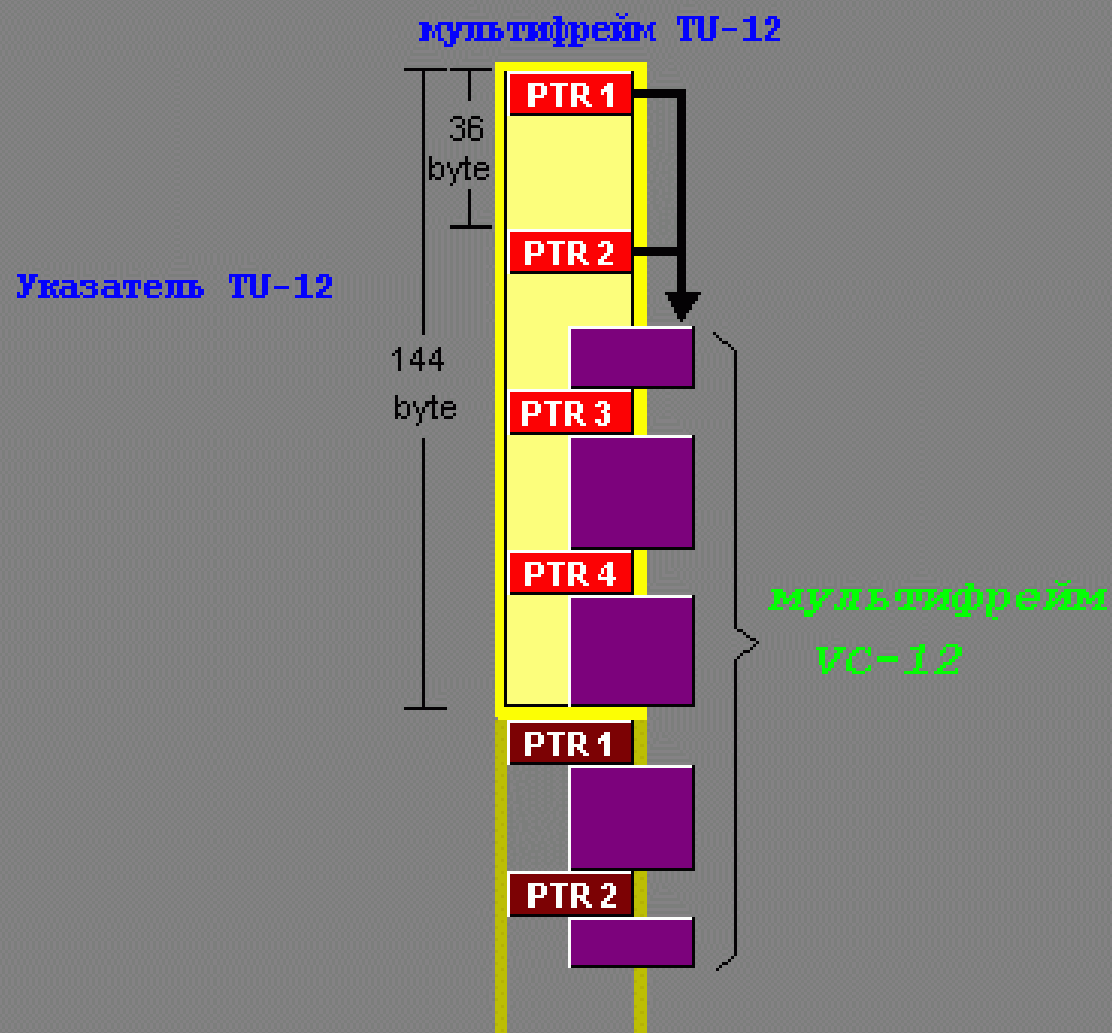
Создание трибных блоков

Данный компонент, внутри которого мультифрейм VC-12 может "плавать" с помощью указателей, называют Мультифреймом TU-12



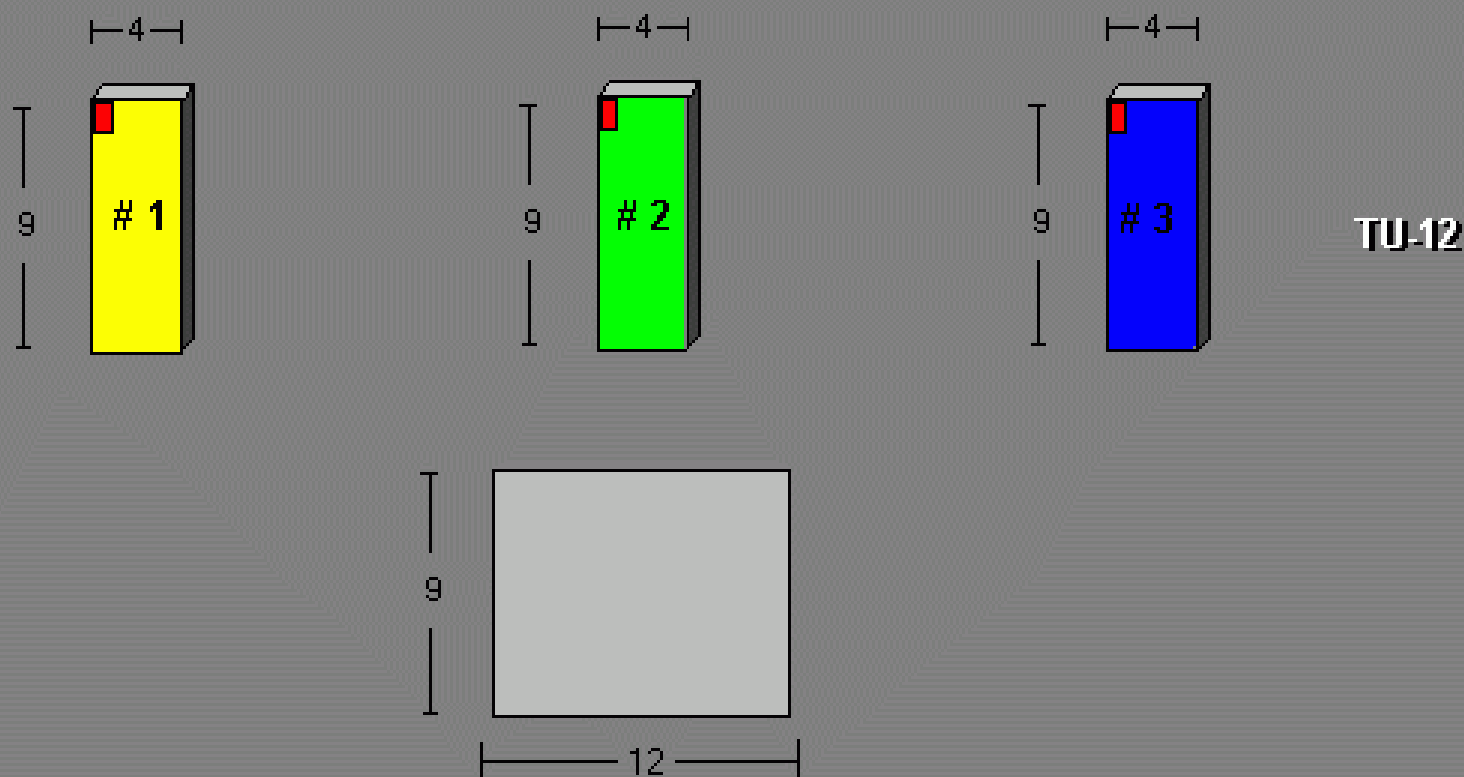
Создание трибных блоков

Первые два указателя содержат адрес,
отмечающий начало мультiframe VC-12



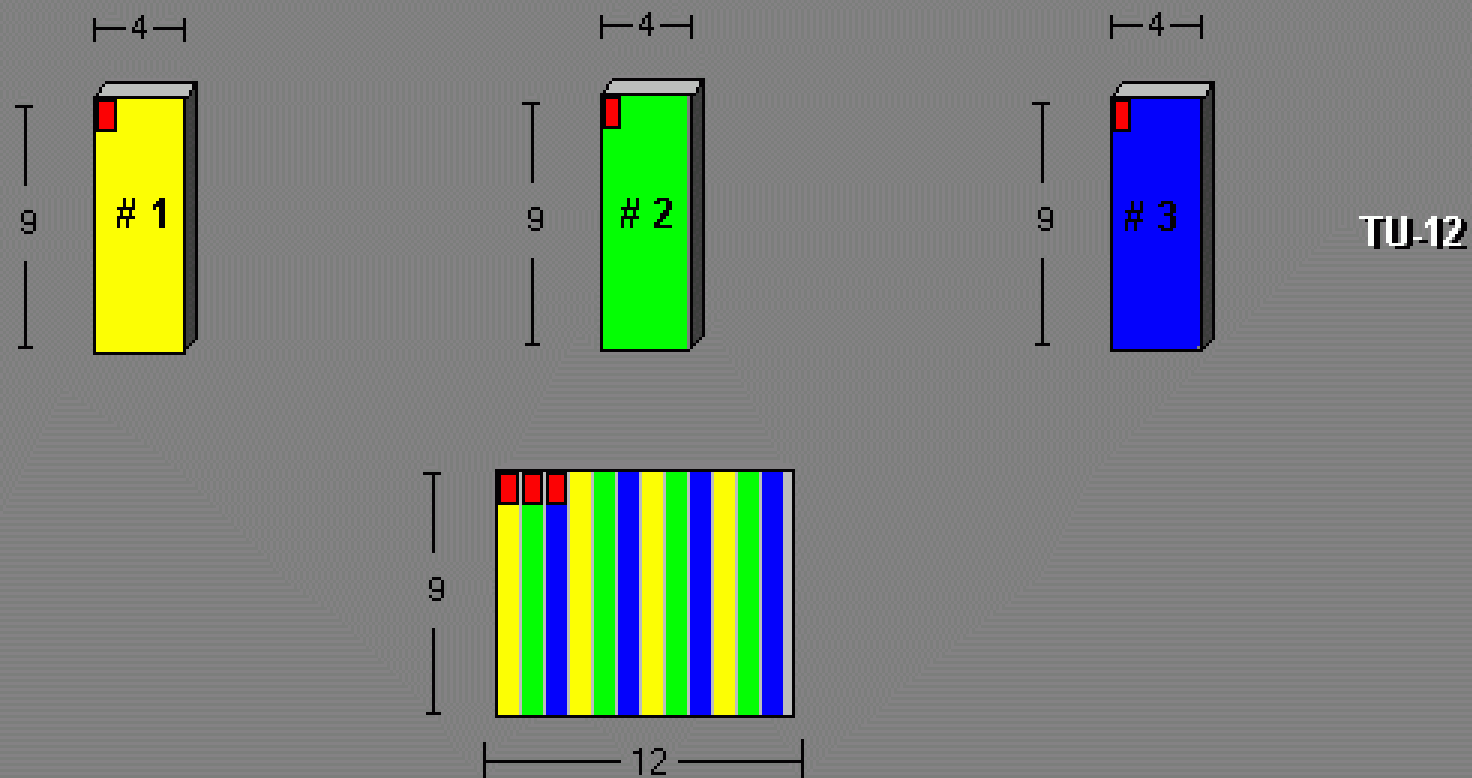
Создание трибных блоков

Три TU-3 (3 потока по 2 Мбит/с), состоящие из различных мультифреймов TU-12, уплотняются побайтно и формируют Трибную Блок-Группу 2 Уровня (TUG-2)



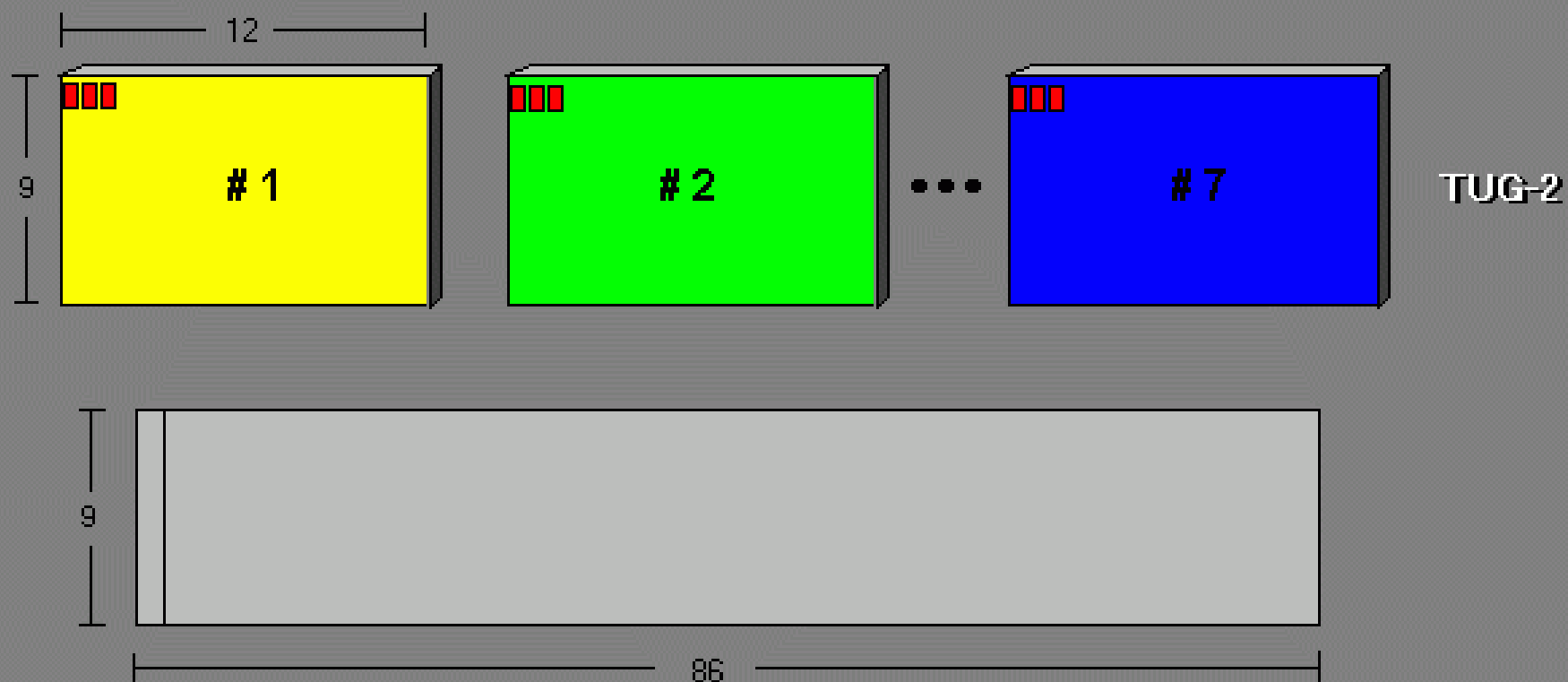
Создание трибных блоков

Три TU-3 (3 потока по 2 Мбит/с), состоящие из различных мультiframeов TU-12, уплотняются побайтно и формируют Трибную Блок-Группу 2 Уровня (TUG-2)



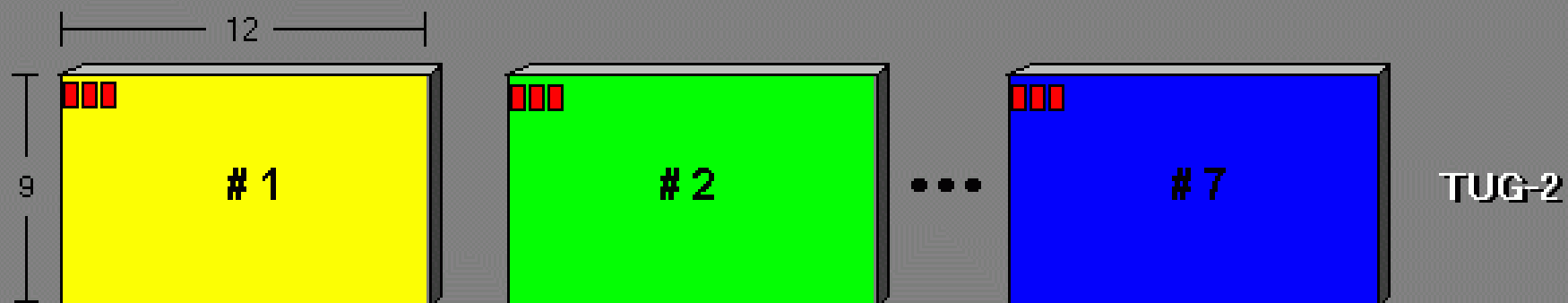
Создание трибных блоков

Следующий этап: семь TUG-2 ($21 * 2$ Мбит/с) формируют TUG-3, (побайтовая передача)



Создание трибных блоков

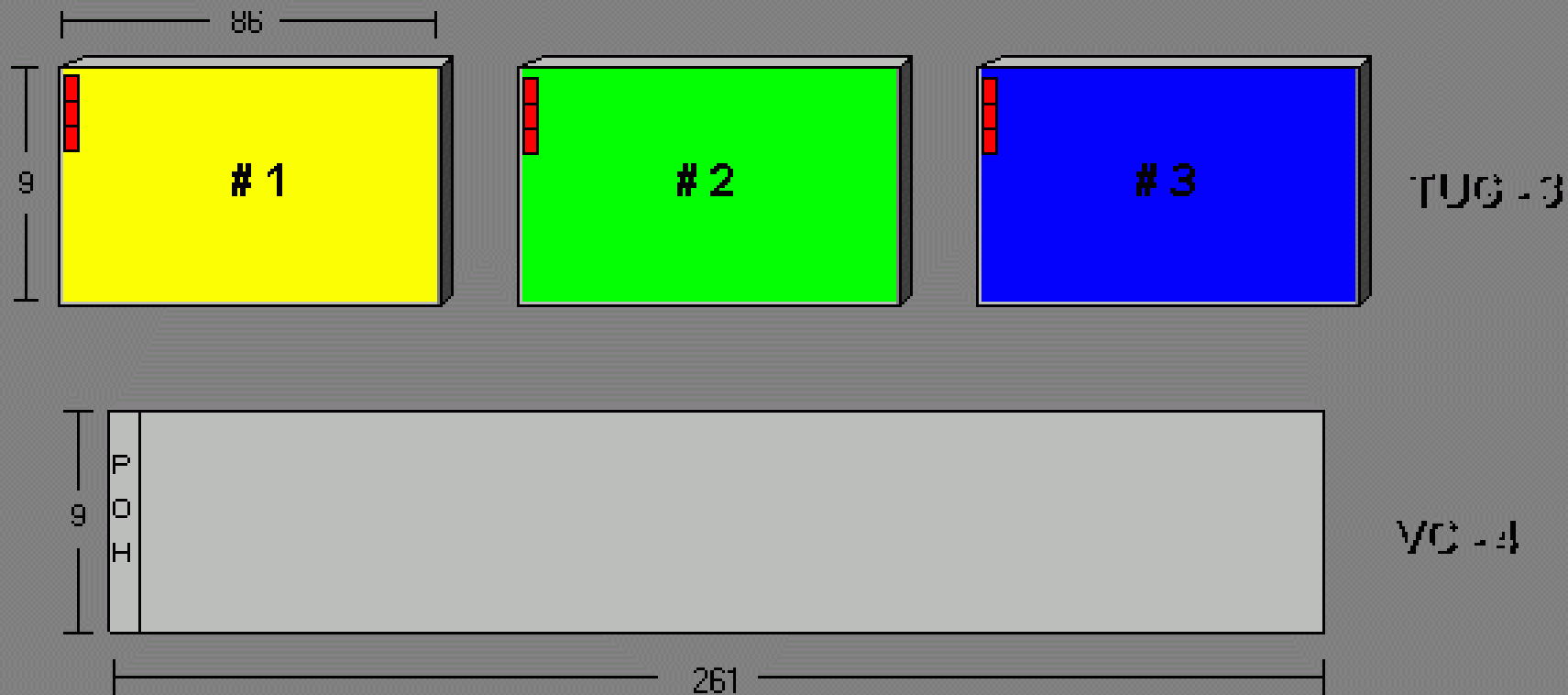
Следующий этап: семь TUG-2 ($21 * 2$ Мбит/с) формируют TUG-3, (побайтовая передача)



добавляется столбец фиксированных выравнивающих бит
добавляется нулевой указатель

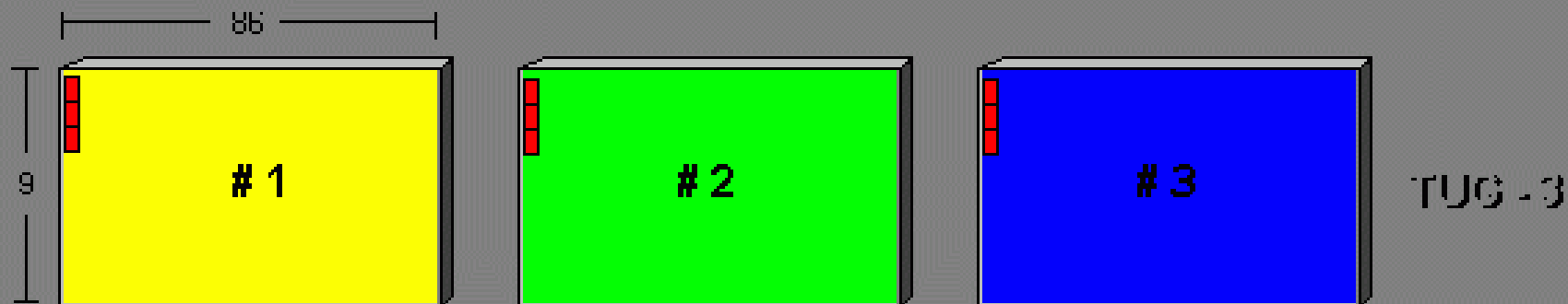
Создание трибных блоков

Три полученные блок-группы TUG-3
побайтовым мультиплексированием формируют
Виртуальный Контейнер 4 Уровня VC-4
(Виртуальный Контейнер Высокого Уровня)



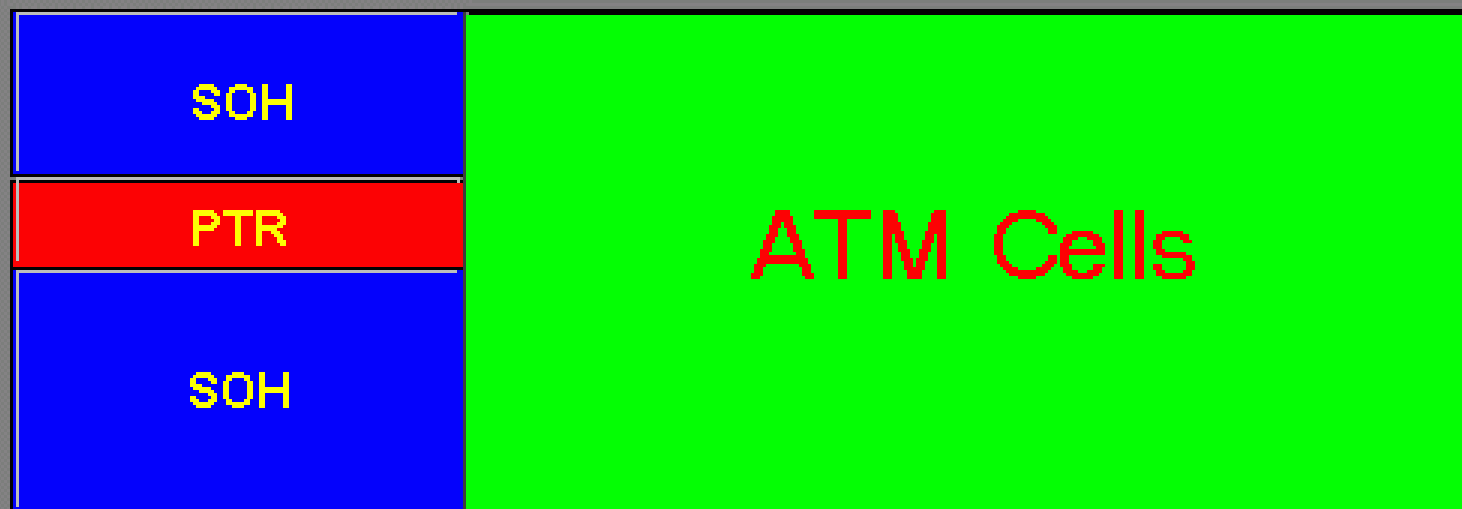
Создание трибных блоков

Три полученные блок-группы TUG-3
побайтовым мультиплексированием формируют
Виртуальный Контейнер 4 Уровня VC-4
(Виртуальный Контейнер Высокого Уровня)



Добавляем выравнивающие байты

STM - 1

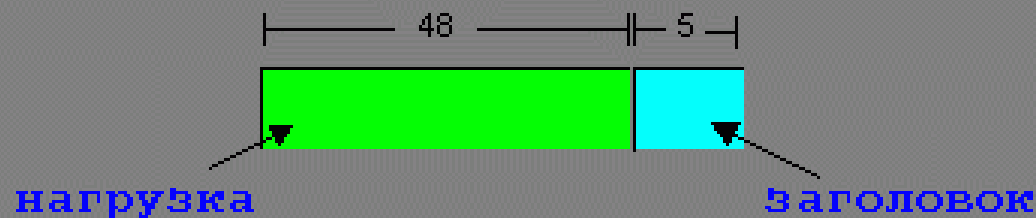


Структура и Содержание цикла АТМ

В связи с быстро увеличивающейся потребностью в самых разнообразных услугах и приложениях (например: видеоконференции, мультимедийные средства и т.д.), используют метод переключения фрагментов информации через каналы с определенной структурой,

- в форме коротких пакетов с постоянной длиной
- Асинхронный Режим Передачи циклов (ATM-cells)

АТМ цикл состоит из Заголовка (длиной 5 байт)
и Нагрузки (длиной 48 байт)



Структура и Содержание цикла АТМ

Трибная информация, обычно поступающая непрерывно:

постоянные битовые скорости:

64 Кбит/с

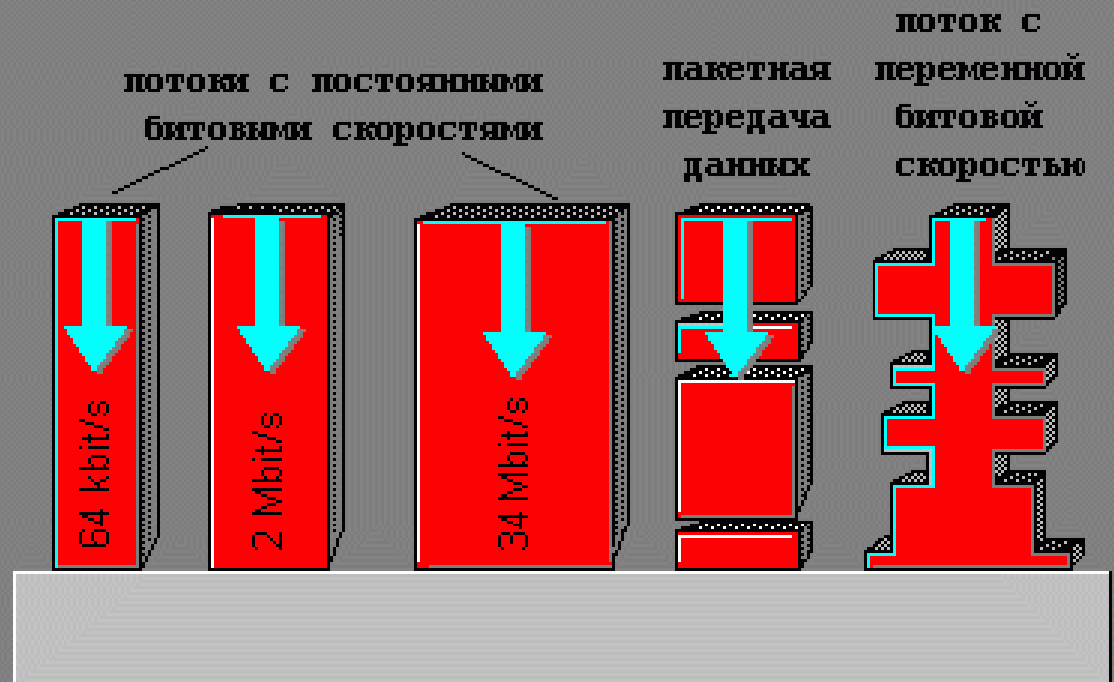
2 Мбит/с

34 Мбит/с

передача данных

переменная битовая скорость

записывается побитно в
Нагрузку, которая затем
снабжается Заголовком



Структура и Содержание цикла АТМ

Трибная информация, обычно поступающая непрерывно:

постоянные битовые скорости:

64 Кбит/с

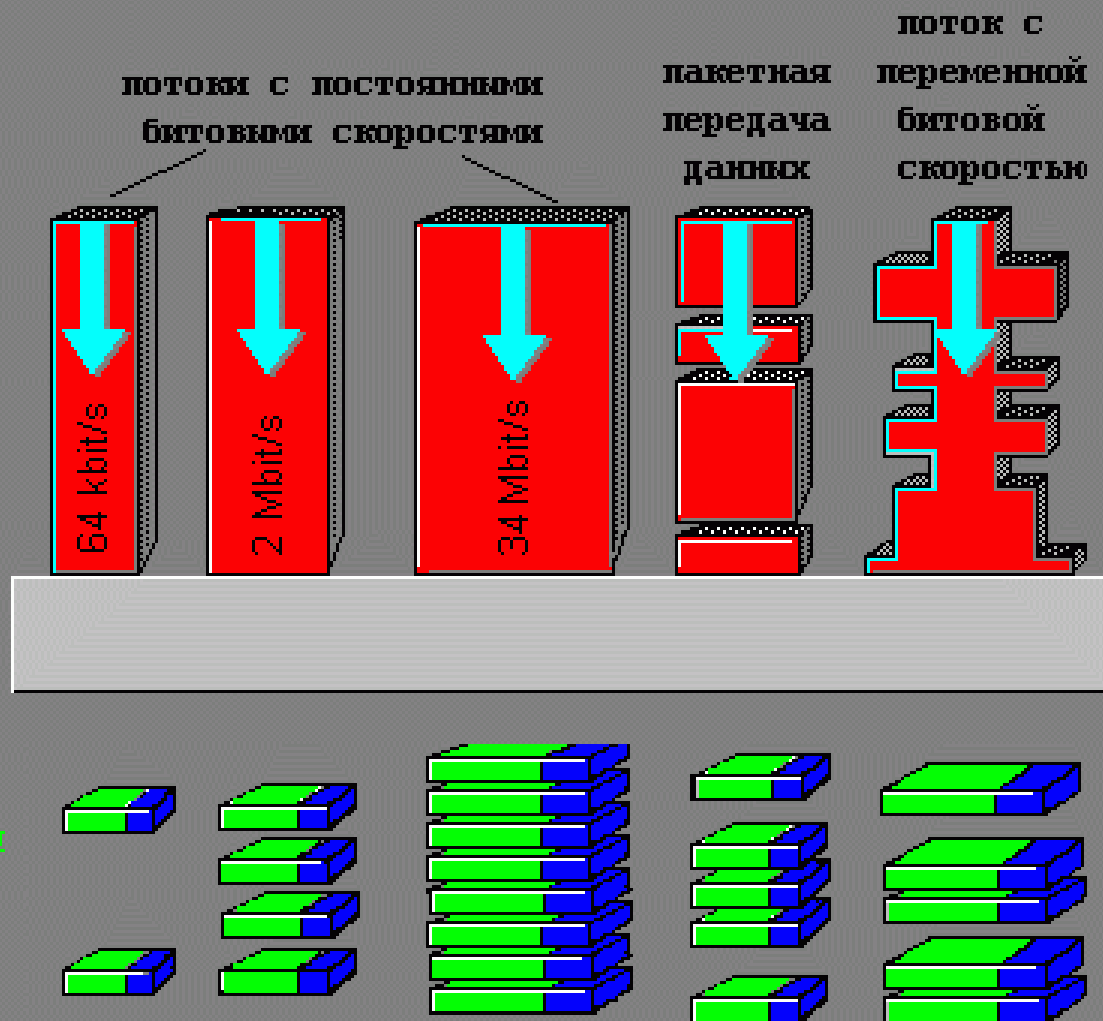
2 Мбит/с

34 Мбит/с

передача данных

переменная битовая скорость

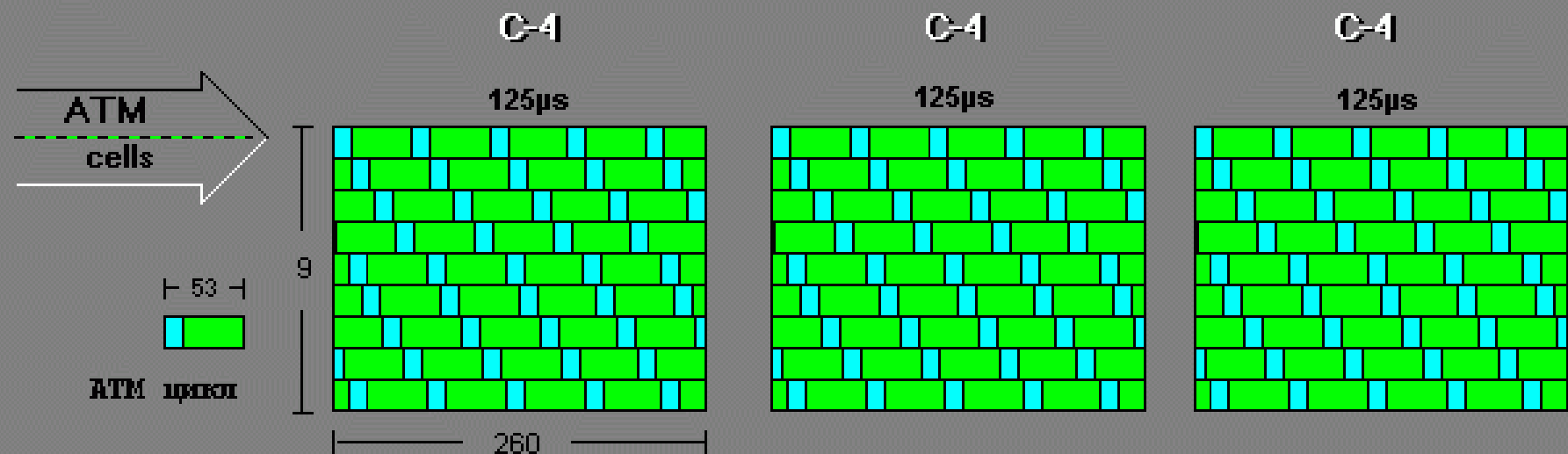
записывается побитно в
Нагрузку, которая затем
снабжается Заголовком



Преобразование циклов АТМ в контейнер C-4

Первым этапом формирования STM-1 является
создание контейнера C-4, размером 2340 байт

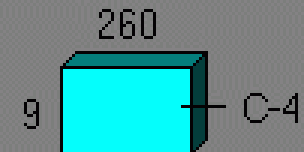
Контейнер C-4 представим в виде двумерного массива 9*260



Преобразование циклов АТМ в контейнер C-4

Зная количество бит которые можно поместить в контейнер C-4

$$260 \text{ байт} * 9 = 2340 \text{ байт}$$

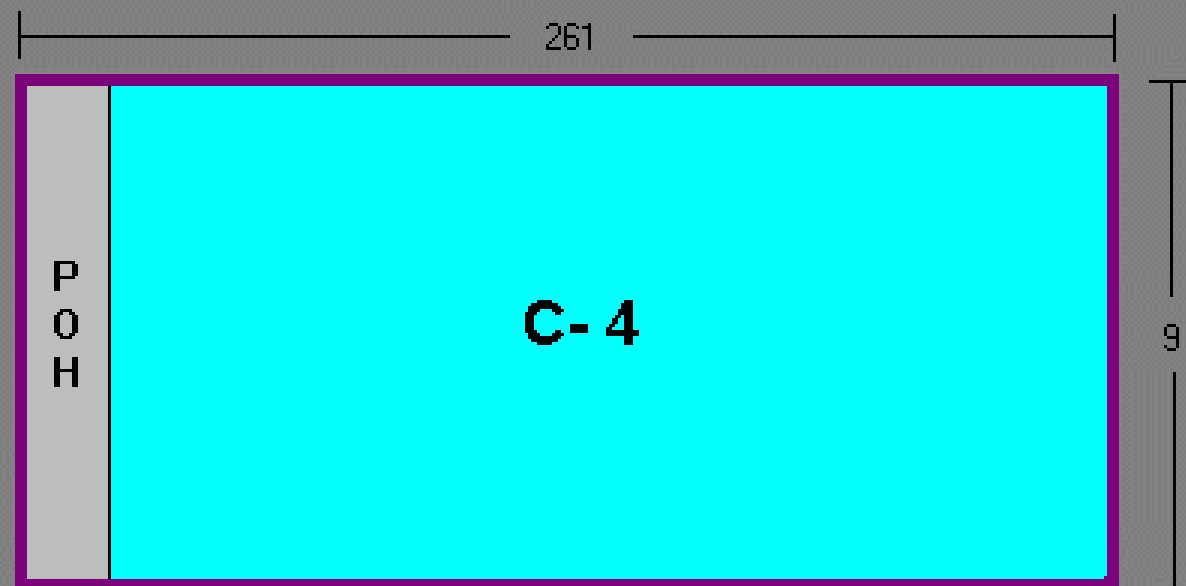


рассчитаем количество циклов АТМ, которые можно поместить в C-4

$$2340 \text{ байт} / 53 \text{ байта} = 44.15$$

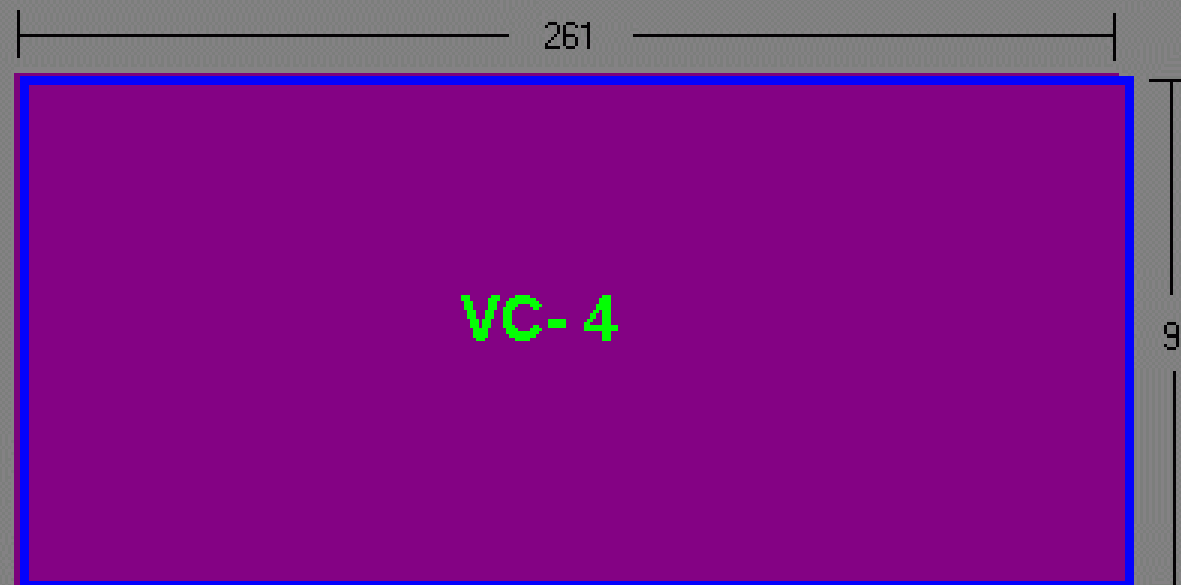
Преобразование C-4 в STM-1

В результате
получаем блок из C-4 и Трактового Заголовка (POH),
называемый Виртуальный Контейнер 4 уровня (VC-4)



Преобразование C-4 в STM-1

В результате
получаем блок из C-4 и Трактового Заголовка (POH),
называемый Виртуальный Контейнер 4 уровня (VC-4)



Преобразование контейнера C-4 в STM-1

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

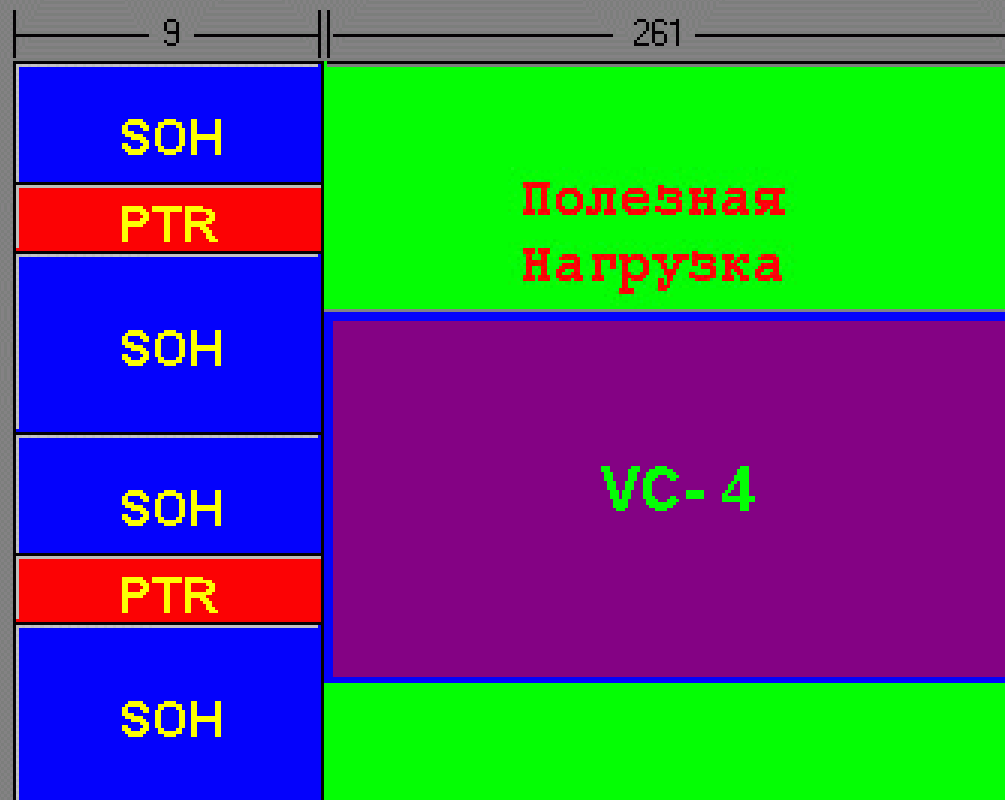
Указатель PTR --> определяет начало контейнера VC-4 в нагрузке



Преобразование контейнера C-4 в STM-1

При вливании VC-4 в нагрузку STM-1 присутствует плавание контейнера по кадрам, то есть часть VC-4 оказывается в одном кадре STM-1, часть в другом кадре

Указатель PTR -->
определяет начало
контейнера VC-4 в
нагрузке



Преобразование контейнера C-4 в STM-1

Компонент внутри которого VC-4 может "плавать" и который состоит из указателя (PTR) и полезной нагрузки определяется как Административный Блок 4 Уровня (AU-4)

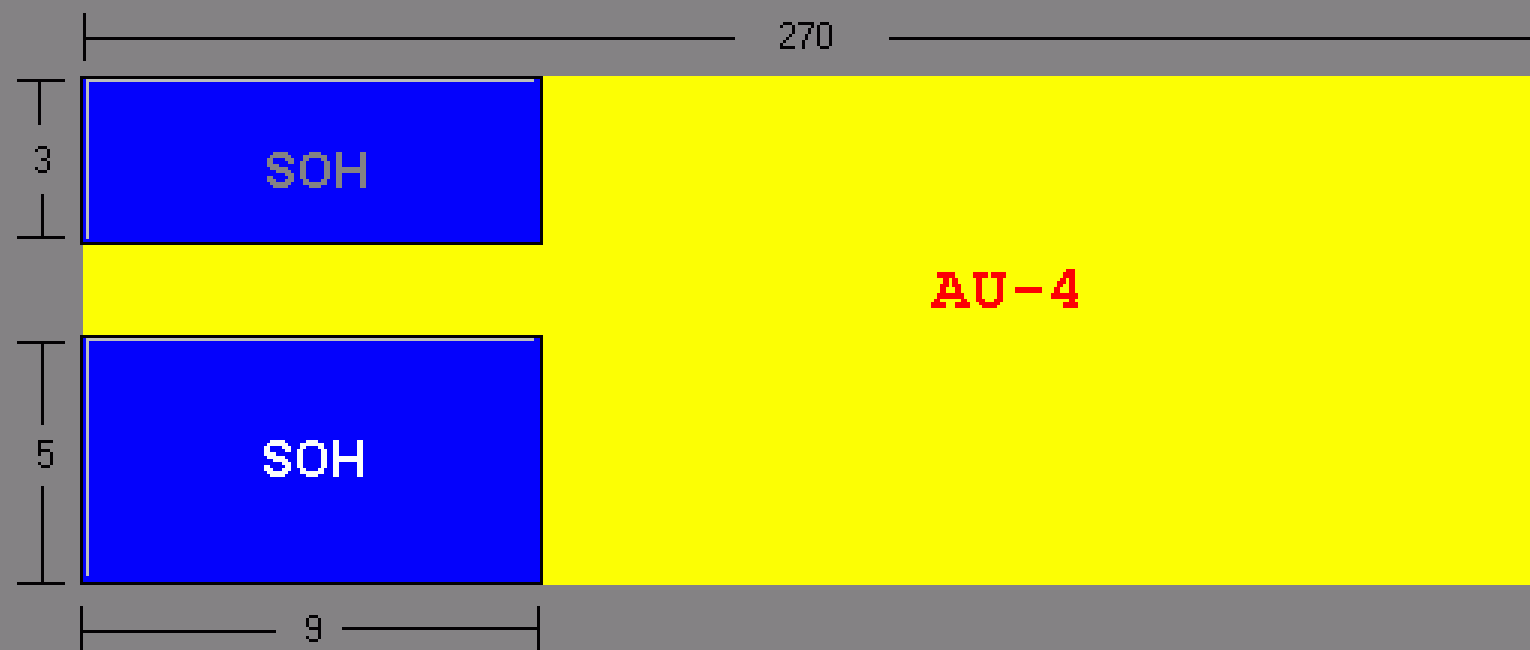


Указатель (PTR) в AU-4 называется AU-4 Pointer

Преобразование контейнера C-4 в STM-1

Для окончательного формирования STM-1

Административному Блоку AU-4 придается Секционный
Заголовок (SOH)



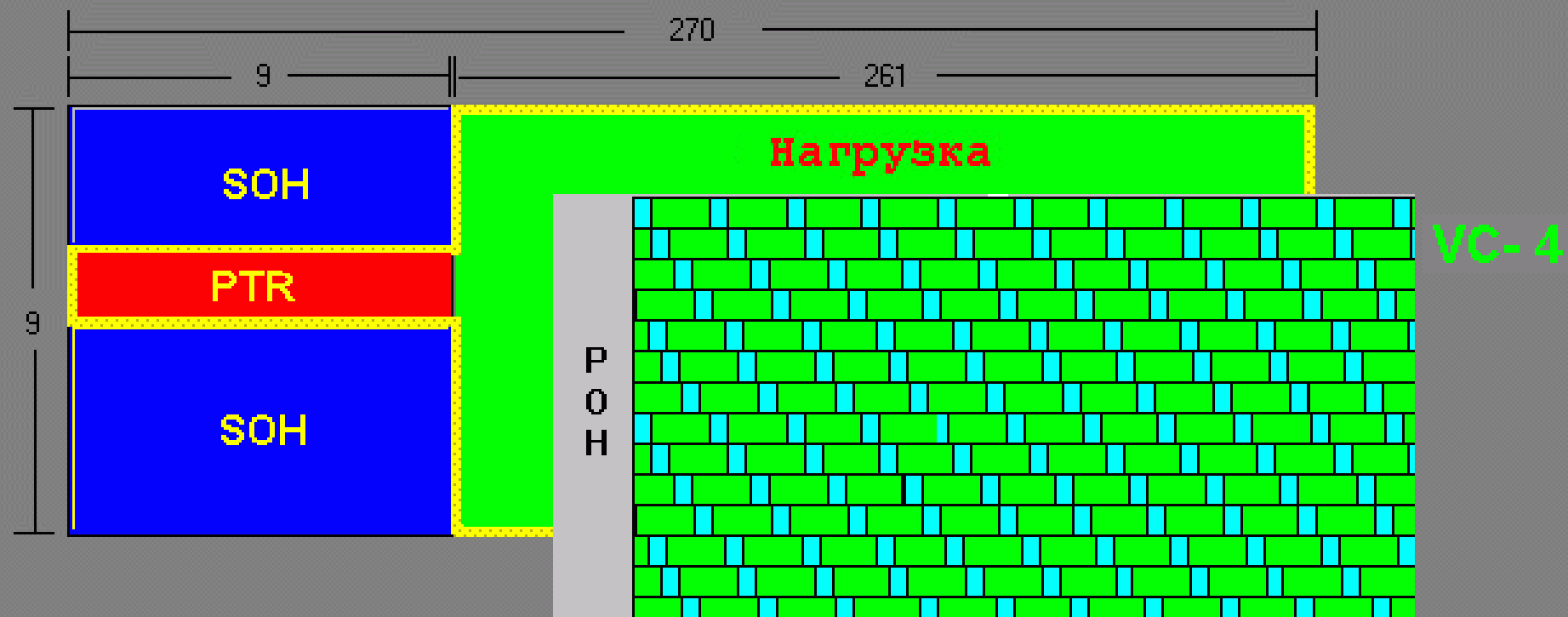
Преобразование контейнера C-4 в STM-1

Давайте еще раз повторим все этапы формирования STM-1:



Преобразование контейнера C-4 в STM-1

Давайте еще раз повторим все этапы формирования STM-1:



Какова структура АТМ-цикла?

Варианты ответа:

- ☒ длинные пакеты переменной длины
- ☐ короткие пакеты переменной длины
- ☐ короткие пакеты постоянной длины

OK

Отмена

Каков размер АТМ-цикла?

Варианты ответа:

- ☒ 53 байта
- ☐ 36 байт
- ☐ 48 байт

OK

Отмена

АТМ-циклы помещаются в контейнер?

Варианты ответа:

- ☒ C-4
- ☐ C-3
- ☐ C-12

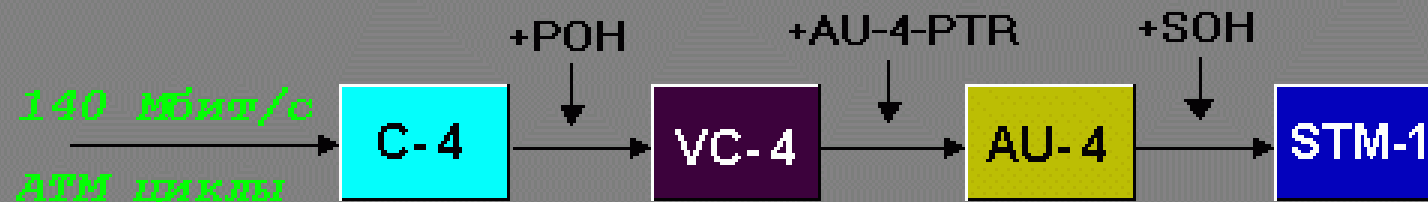
OK

Отмена

Общие схемы формирования SNM-1

Общие схемы формирования STM-1

Преобразование 140 Мбит/с / ATM циклов в STM-1 происходит следующим образом:



C-4 Контейнер 4 Уровня

POH Трактовый Заголовок для VC-4

VC-4 Виртуальный Контейнер 4 Уровня

AU-4 PTR Указатель Административного блока 4 Уровня

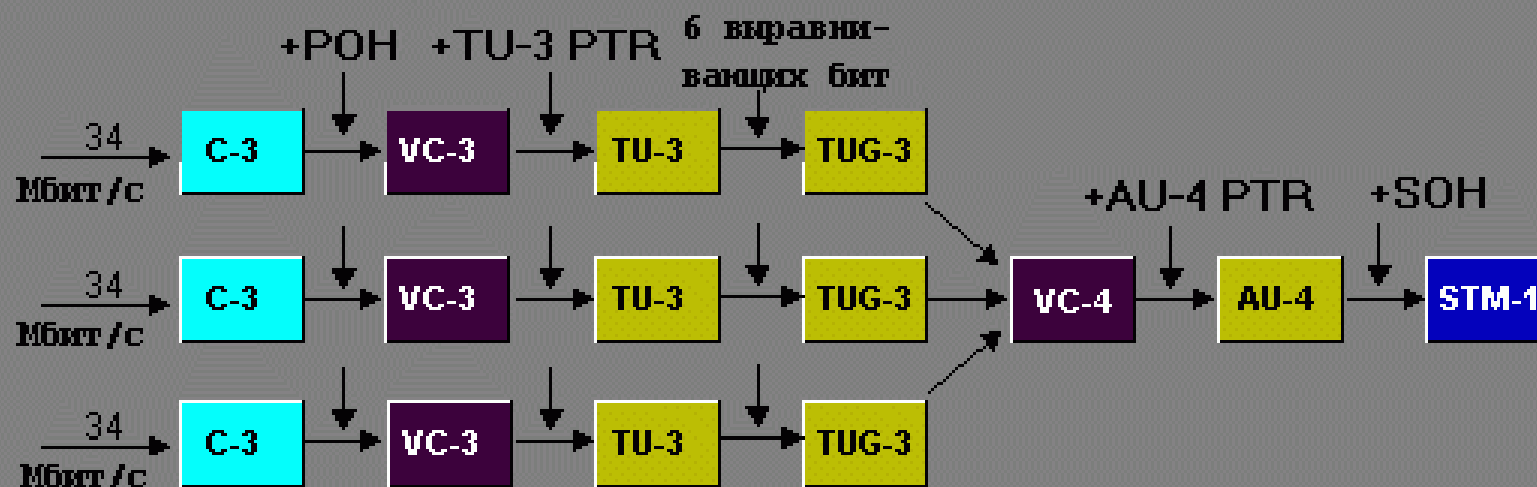
AU-4 Административный Блок 4 Уровня

SOH Секционный Заголовок

STM-1 Синхронный Транспортный Модуль 1

Общие схемы формирования STM-1

3 * 34 Мбит/с -> STM-1



C-3 Контейнер 3 Уровня

POH Трактовый Заголовок VC-3

VC-3 Виртуальный Контейнер 3 Уровня

TU-3 PTR Указатель TU-3

TU-3 Трибный блок, соответствующий VC-3

TUG-3 Группа Трибных блоков 3 Уровня

VC-4 Виртуальный Контейнер 4 Уровня

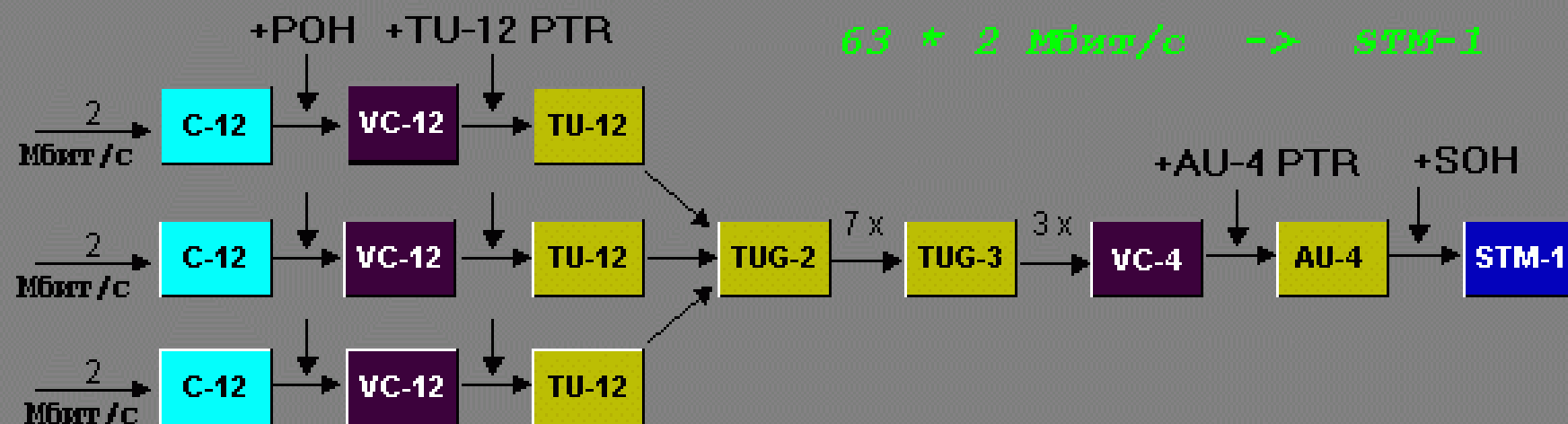
AU-4 PTR Указатель AU-4

AU-4 Административный Блок 4 Уровня

SOH Секционный Заголовок

STM-1 Синхронный Транспортный Модуль 1 Уровня

Общие схемы формирования STM-1



C-12 Контейнер 1 Уровня

POH Трастовый Заголовок VC-3

VC-12 Виртуальный Контейнер, соответствующий C-12

TU-12 PTR Указатель TU-12

TU-12 Трибный Блок, соответствующий VC-12

TUG-2 Группа Трибных блоков 2 Уровня

TUG-3 Группа Трибных блоков 3 Уровня

VC-4 Виртуальный Контейнер 4 Уровня

AU-4 PTR Указатель AU-4

AU-4 Административный Блок 4 Уровня

SOH Секционный Заголовок

STM-1 Синхронный Транспортный Модуль 1 Уровня

Общие схемы формирования STM-1

ФОРМИРОВАНИЕ VC-4 ВОЗМОЖНО
СЛЕДУЮЩИМИ
РДН ПОТОКАМИ

140 Мбит/с	34 Мбит/с	2 Мбит/с
1 цикл	3 цикла	63 цикла
C-4	C-3	C-12

Сколько PDH-потоков 2 Мбит/с помещается в STM-1?

Варианты ответа:

☒ 3

☐ 63

☐ 7

OK

Отмена

Сколько PDH-потокaв 34 Мбит/с помещается в STM-1?

Варианты ответа:

- ☒ 3
- ☐ 4
- ☐ 63

OK

Отмена

Сколько PDH-потоков 140 Мбит/с помещается в STM-1?

Варианты ответа:

- ☒ 3
- ☐ 4
- ☐ 1

OK

Отмена

Оборудование SDH

Мультиплексоры SDH

Мультиплексор является основным функциональным модулем сетей SDH.

Мультиплексоры SDH выполняют как функции собственно мультиплексора, так и функции устройств терминального доступа, позволяя подключать низкоскоростные каналы PDH иерархии непосредственно к своим входным портам

Это гибкие и универсальные устройства, которые могут выполнять задачи коммутации, концентрации и регенерации. Такие возможности объясняются модульной конструкцией SMUX (SDH Мультиплексор)

Обычно выделяют два основных типа SMUX: терминальный мультиплексор и мультиплексор ввода/вывода.

Оборудование, используемое на сетях SDH

Терминальный мультиплексор является мультиплексором и оконечным устройством SDH сети с каналами доступа, соответствующими потокам PDH и SDH иерархий

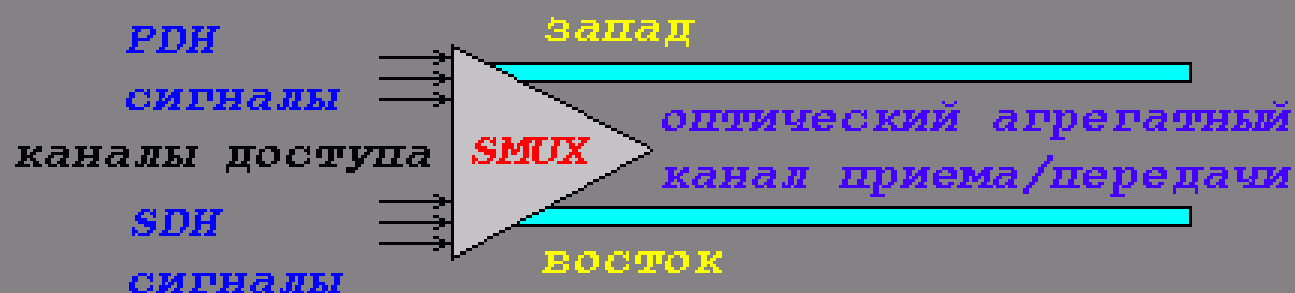
ТМ может или вводить каналы, т.е. коммутировать их со входа на линейный выход, или выводить каналы, т.е. коммутировать их в обратном направлении



Важной особенностью SDH мультиплексора является наличие двух оптических линейных выходов (каналов приема/передачи), называемых агрегатными выходами и используемых для создания режима стопроцентного резервирования, или защиты по схеме 1:1 с целью повышения надежности. Эти выходы могут называться основными и резервными (линейная топология сети) или восточными и западными (кольцевая топология сети)

Оборудование, используемое на сетях SDH

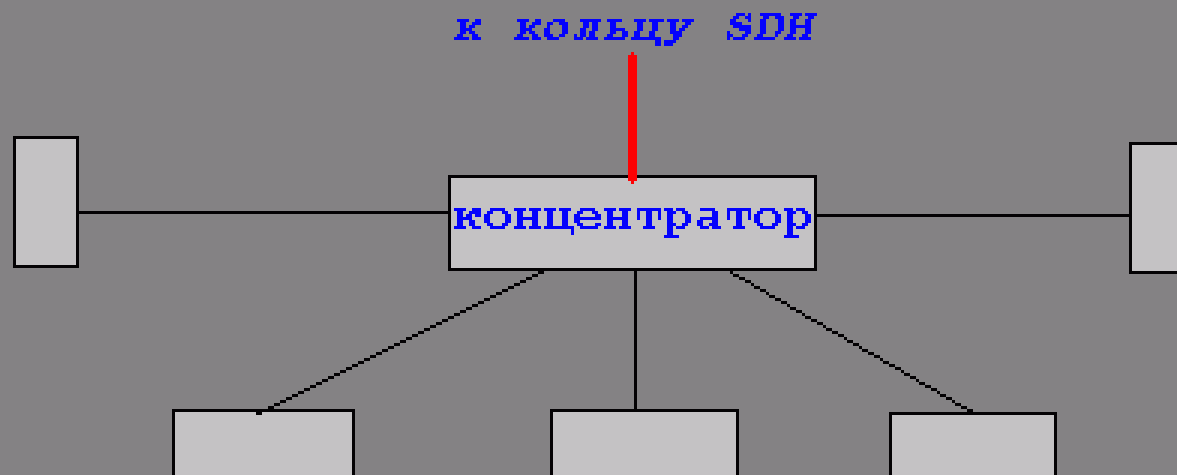
Мультиплексор ввода/вывода ADM может иметь на входе тот же набор потоков, что и TM. Он позволяет вводить/выводить соответствующие им каналы. ADM позволяет осуществить сквозную коммутацию выходных потоков в обратном направлении, а также замыкать канал приема на канал передачи на обеих сторонах в случае выхода из строя одного из направлений. Наконец, он позволяет (в случае аварийного выхода из строя) пропускать оптический поток мимо него в обходном режиме.



Концентраторы

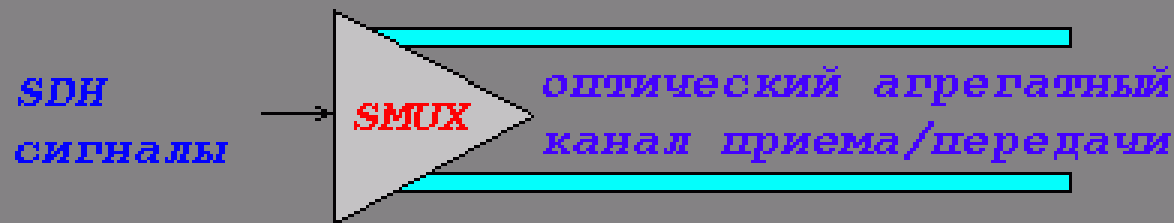
Концентратор (хаб), представляет собой мультиплексор объединяющий несколько однотипных потоков (со стороны входных портов) потоков, поступающих от удаленных узлов сети в один распределительный узел сети SDH, не обязательно такой же удаленный, но связанный с основной транспортной сетью. Этот узел может иметь и три, и четыре или больше линейных портов типа STM-N и позволяет организовать ответвление от основного потока (или кольца) или, наоборот, подключение двух внешних ветвей к основному потоку или кольцу.

В общем случае концентратор позволяет уменьшить общее число каналов, подключенных непосредственно к транспортной сети SDH



Регенераторы

Регенератор представляет собой вырожденный случай мультиплексора, имеющего один входной канал – оптический STM-N и один или два (при схеме защиты 1:1) агрегатных выхода



Регенератор используется для увеличения допустимого расстояния между узлами сети SDH путем регенерации сигналов полезной нагрузки.

Коммутаторы

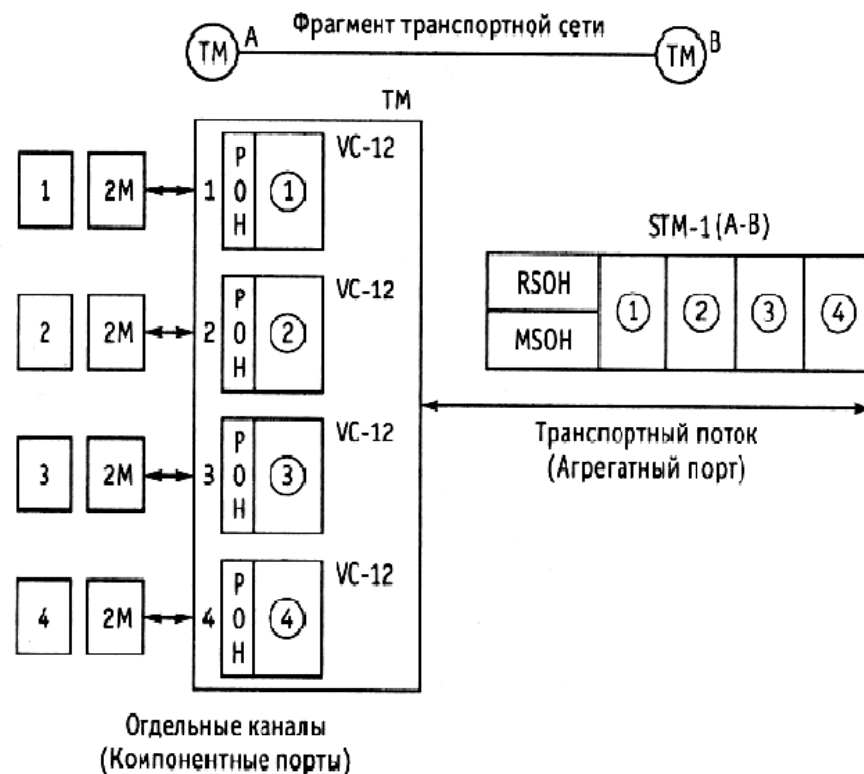
Коммутатор устанавливает связь между различными каналами, ассоциированными с определенными пользователями сети, путем организации полустоянной (временной) перекрестной связи, или кросс-коммутации, между ними

Функции выполняемые коммутатором

- > Маршрутизация виртуальных контейнеров VC, на основе информации заложенной в PON
- > Объединение виртуальных контейнеров VC, проводимая в режиме работы концентратора (хаба)
- > трансляция потока от точки к нескольким точкам, или мультиточке, осуществляемая при режиме связи "точка-мультиточка"
- > сортировка виртуальных контейнеров VC, с целью создания нескольких упорядоченных потоков VC из общего потока VC, поступающего на коммутатор
- > доступ к виртуальному контейнеру VC, осуществляемый при тестировании оборудования
- > ввод/вывод виртуальных контейнеров VC, осуществляемый при работе SMUX ввода/вывода

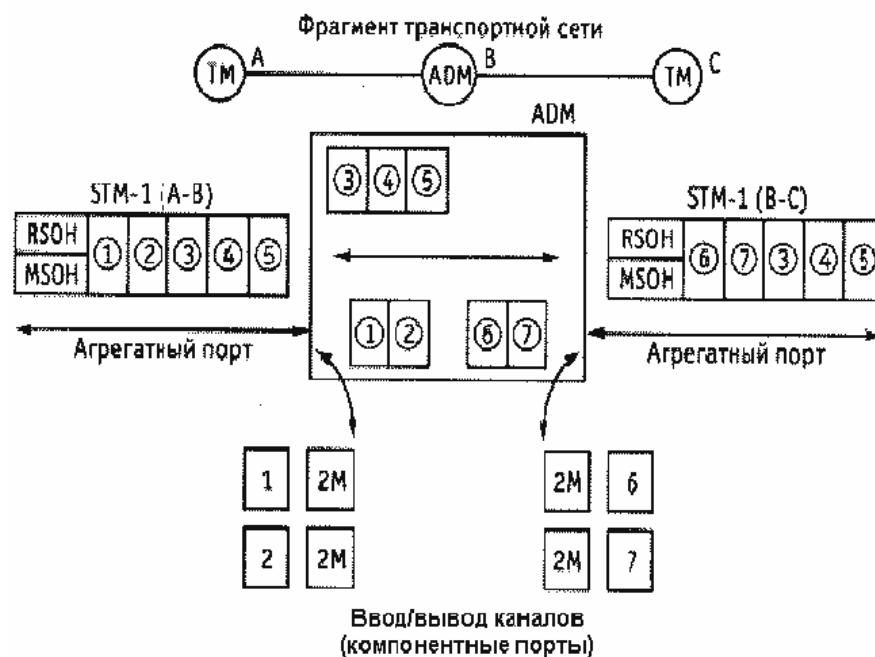
Терминальный мультиплексор (Terminal Multiplexer - TM).

- Представляет собой оконечное устройство сети с определенным числом каналов доступа (электрических и оптических) и одним или двумя оптическими входами/выходами, называемыми агрегатными портами или интерфейсами. При использовании двух агрегатных портов возможна реализация защиты линейных сигналов от повреждений линии или аппаратуры. В случае аварии происходит автоматическое переключение на резервную линию. Обычно эта линия образует секцию мультиплексирования. Защита будет наиболее эффективной, если используется два отдельных кабеля, проложенных с пространственным разнесением.



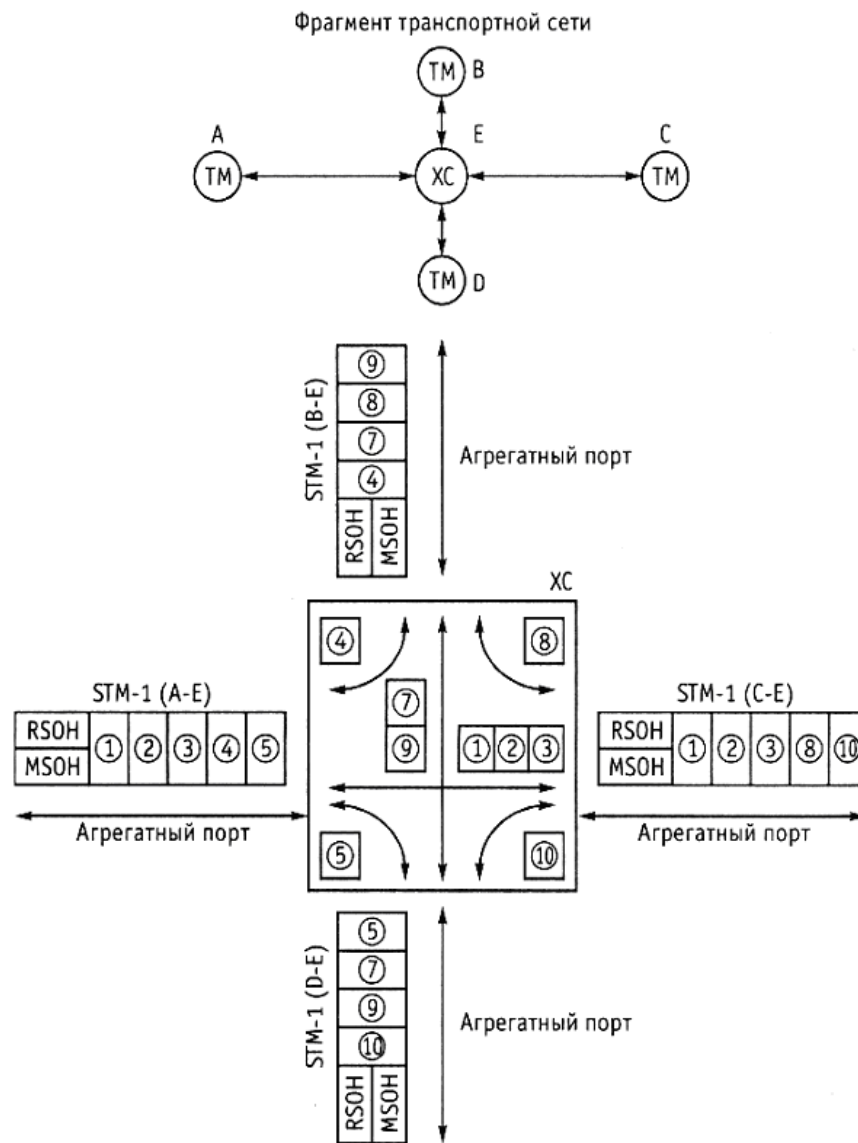
● Мультиплексор ввода/вывода (Add/Drop Multiplexer - ADM).

- Предназначен для добавления и извлечения отдельных цифровых компонентных сигналов 2, 34, 140 Мбит/с или 155 Мбит/с. Мультиплексор имеет два или четыре агрегатных порта, к которым подключаются волоконно-оптические линии связи, и ограниченное число портов компонентных сигналов. В состав ADM входит коммутационный узел, создающий возможность вывода/ввода, транзита и автоматического резервирования поврежденных трактов и секций.

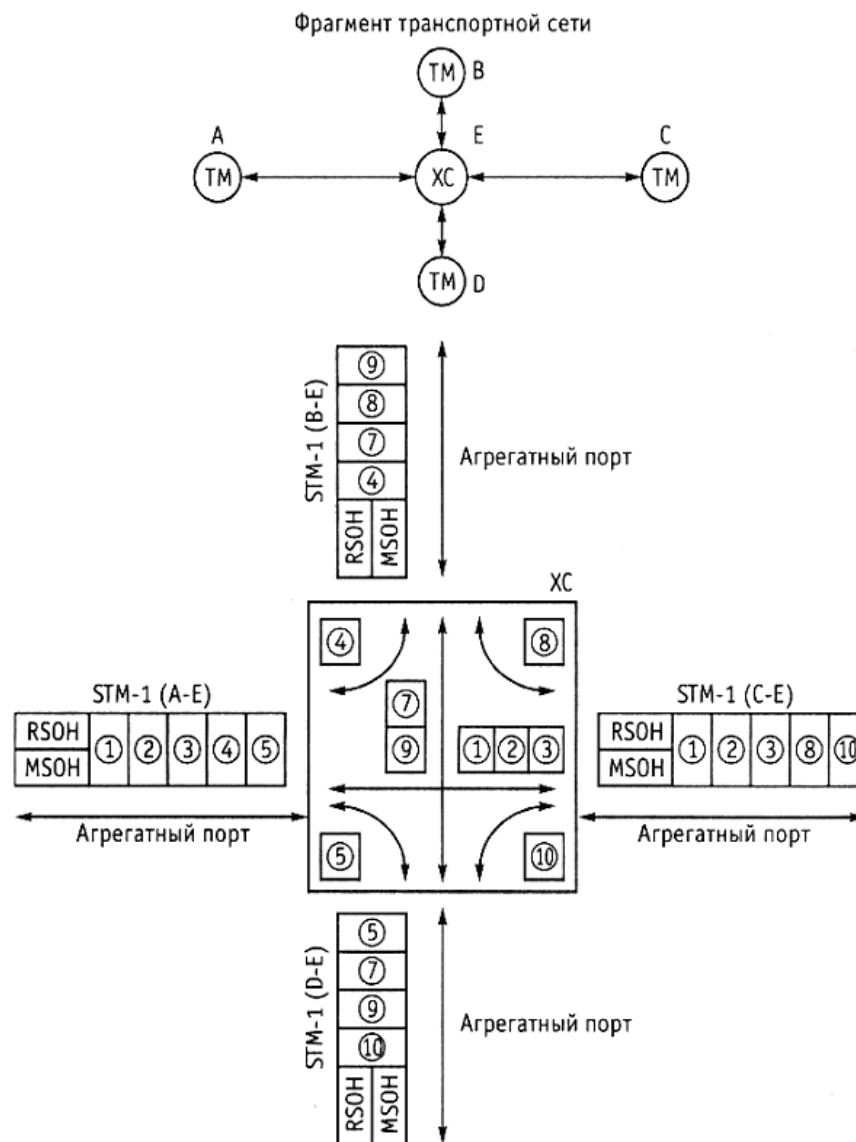


Кроссконнектор (xCross Connects - XC).

- Это устройство предназначено для соединения каналов, закрепленных за пользователями, путем организации постоянных или полупостоянных (длительных) перекрестных соединений между ними. Кроссовый коммутатор XC обычно оснащается агрегатными и компонентными портами и обеспечивает коммутацию каналов различной пропускной способности (от 2 Мбит/с до 155 Мбит/с).



- ❖ **Регенератор (Regenerator) транспортной сети обеспечивает восстановление формы и длительности импульсных посылок.**

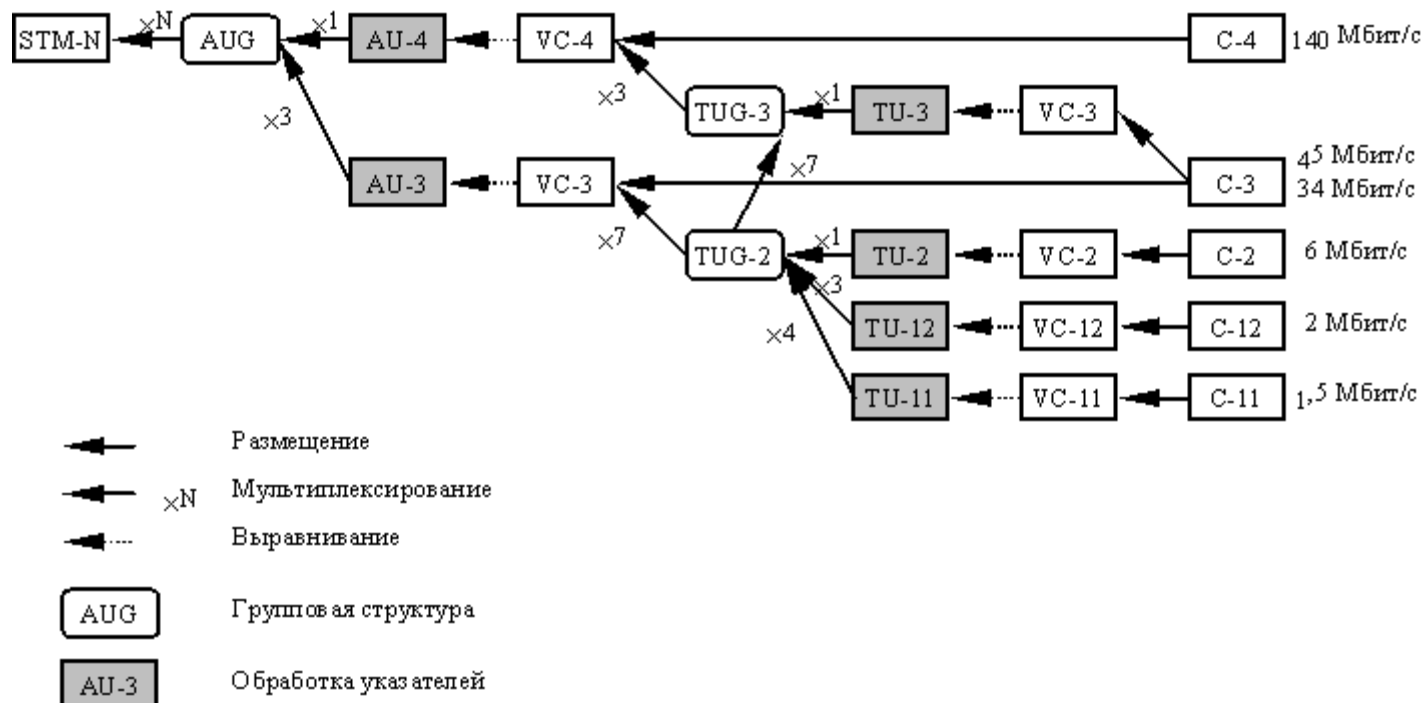


Общая характеристика элементов STM

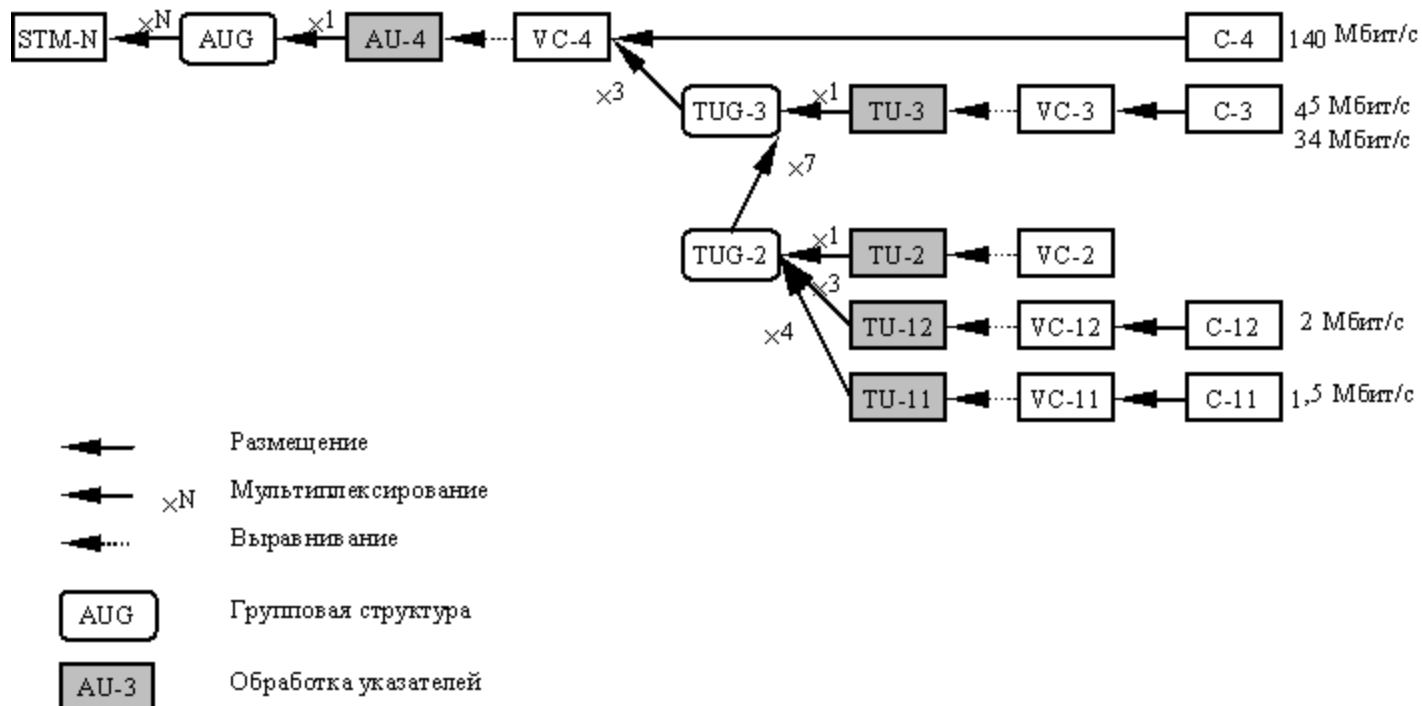
В табл. 2 приведены основные характеристики элементов STM-1, рассмотренных выше.

Таблица 2.

Контейнер размер, байты скорость, кбит/с	C-11 25 1600	C-12 34 2176	C-2 106 6784	C-3 756 48384	C-4 2340 149760
Виртуальный контейнер размер, байты скорость, кбит/с	VC-11 26 1664	VC-12 35 2240	VC-2 107 6848	VC-3 765 48960	VC-4 2349 150336
Нагрузочный блок размер, байты скорость, кбит/с	TU-11 27 1728	TU-12 36 2304	TU-2 108 6912	TU-3 768 49152	
Группа нагрузочных блоков размер, байты скорость, кбит/с			TUG-2 108 6912	TUG-3 774 49536	
Административный блок размер, байты скорость, кбит/с				AU-3 786 50304	AU-4 2358 150912
Группа административных блоков размер, байты скорость, кбит/с					AUG 2358 150912



Общая схема преобразований СЦИ



Европейская схема преобразований СЦИ

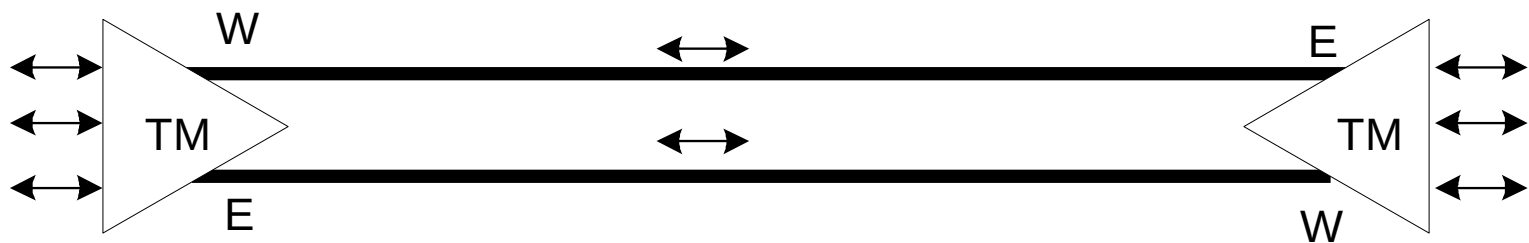
Топологии сети SDH

Топология «точка - точка»

- Самая простая в иерархии SDH

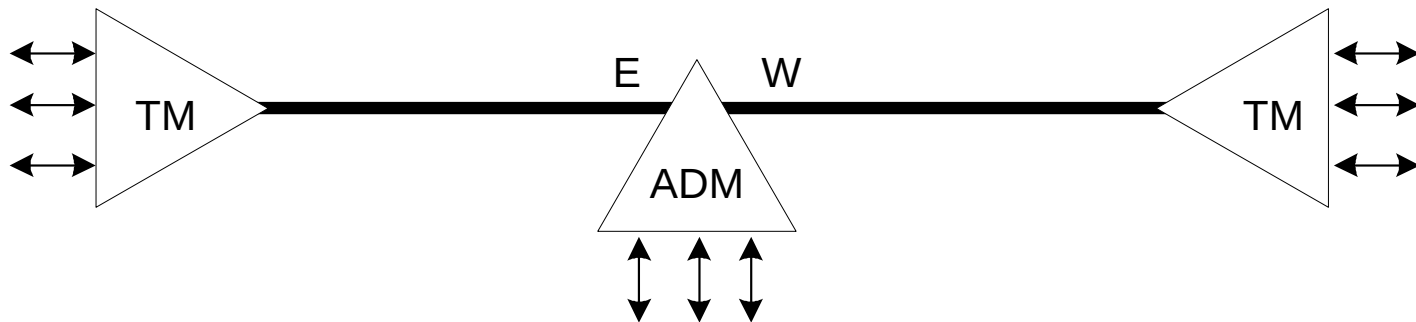
- Может быть реализована

- как по схеме без резервирования
- так и со 100% резервированием



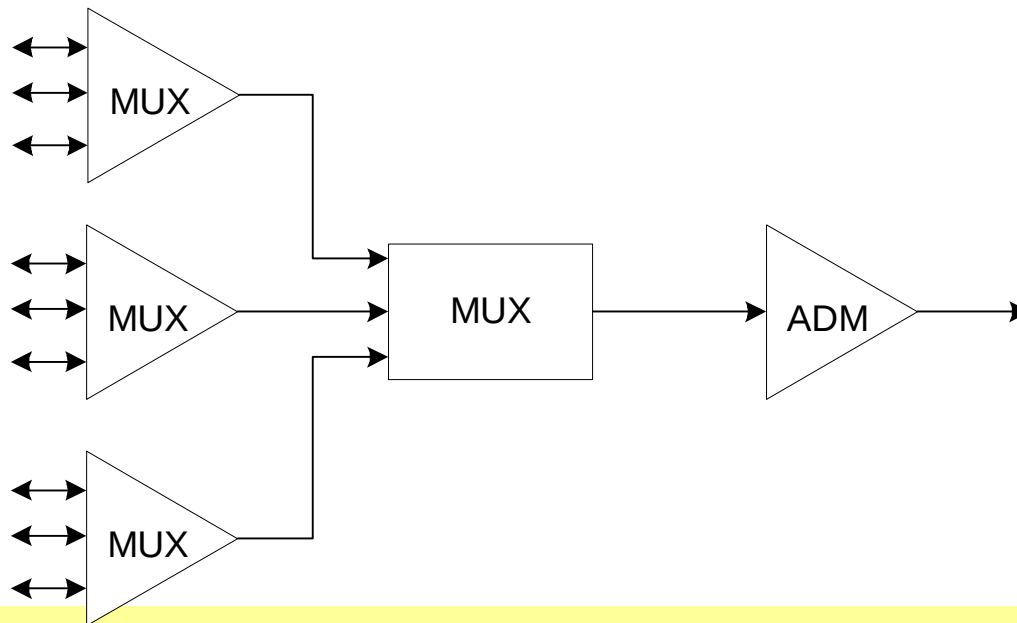
Топология «последовательная линейная цепь»

- Применяется при необходимости ответвления части трафика в ряде точек на линии



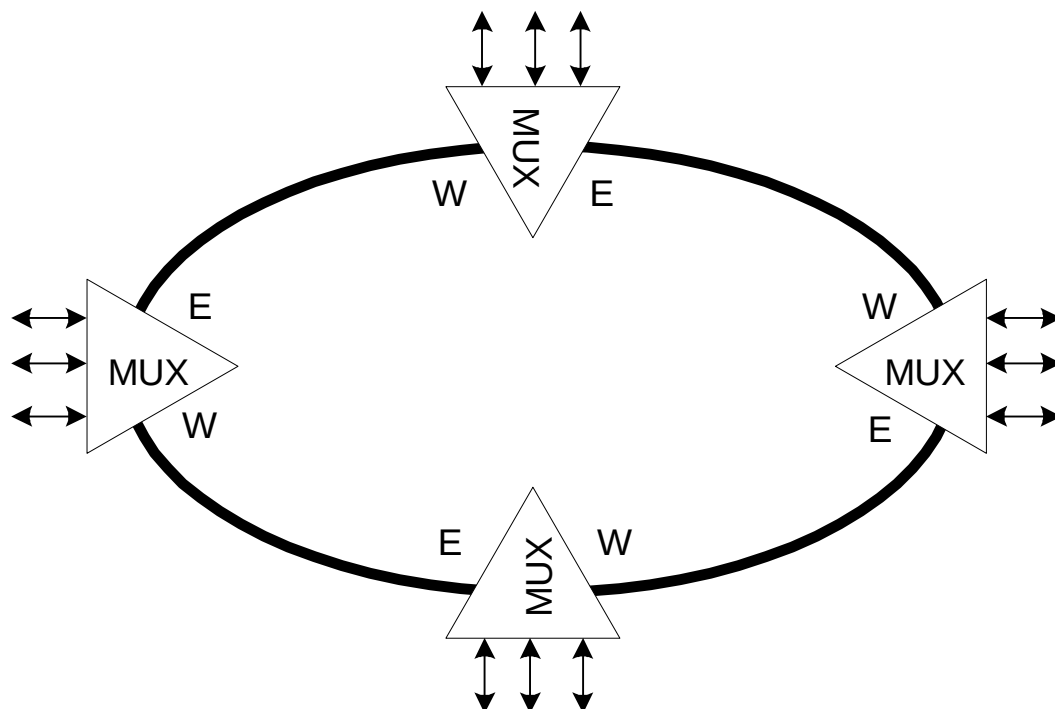
Топология «звезда»

- один из удаленных узлов сети связывается с центром коммутации (например хабом) или узлом сети SDH на центральном кольце



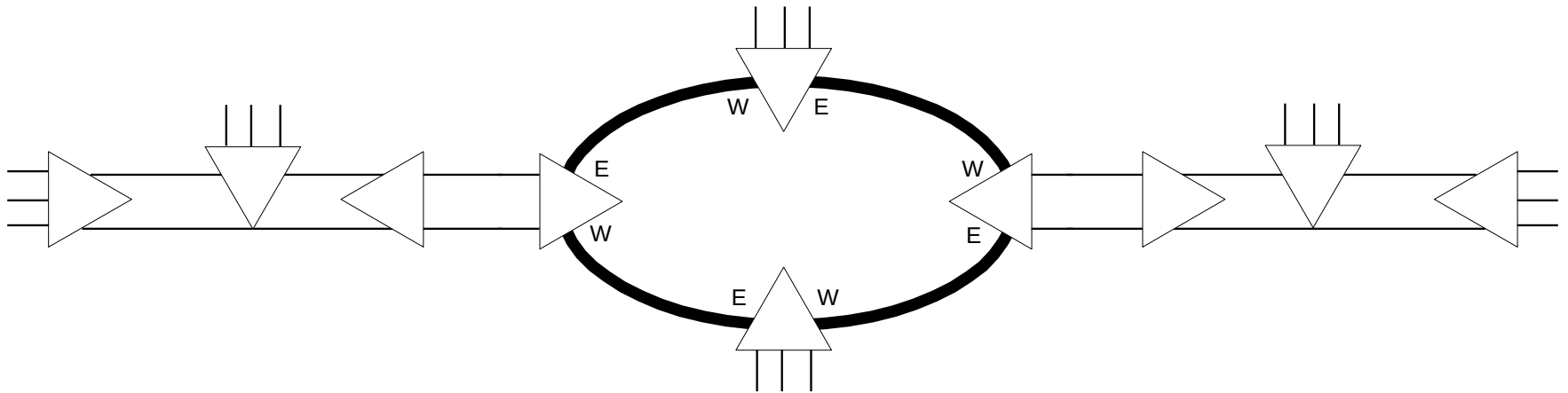
Топология «кольцо»

- ❶ Широко используется для построения сетей первых трёх уровней иерархии (STM-1, STM-4, STM-16)
- ❶ Основное преимущество – легкость организации защиты типа 1+1 путем формирования двойного кольца со встречными потоками данных)

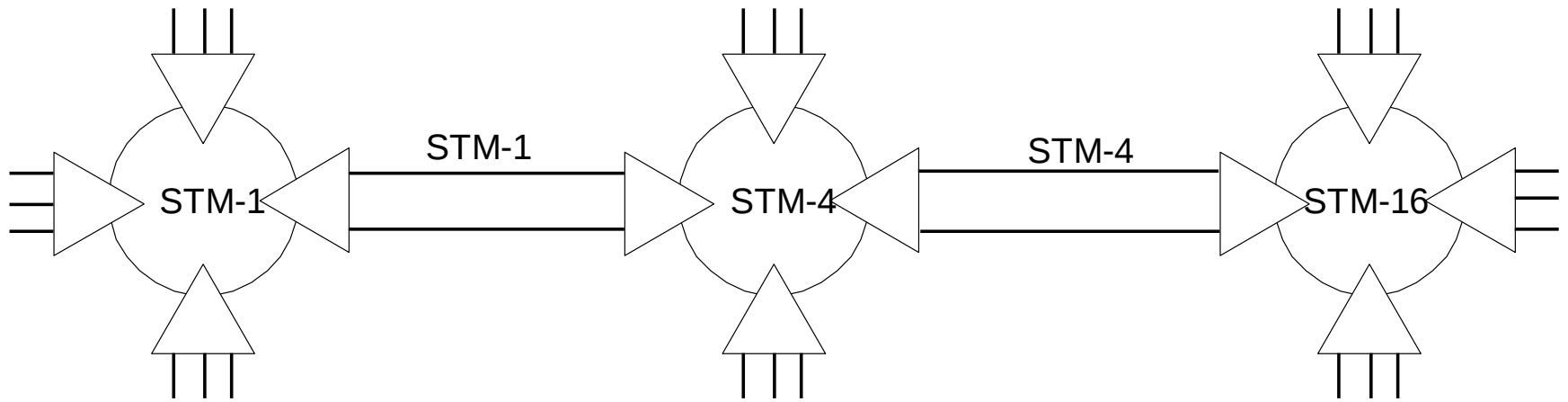


Радиально-кольцевая архитектура

- Часто используется сочетание кольцевой и радиальной архитектуры



Каскадное соединение колец



Общий подход по защите оборудования SDH

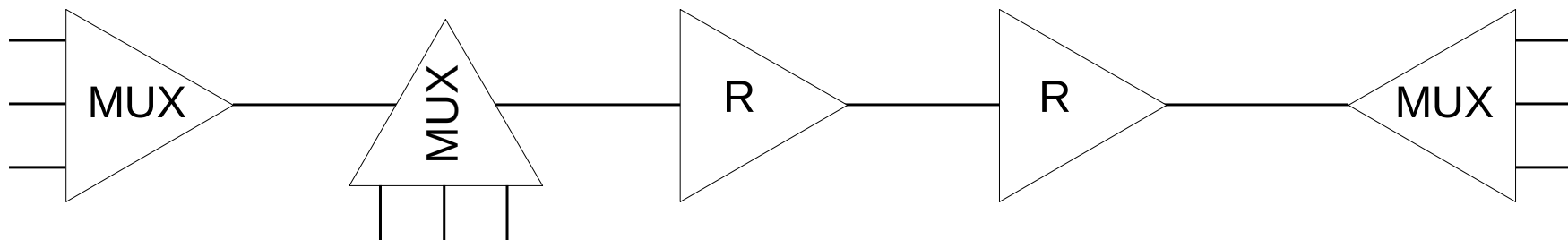
http://do.sibsutis.ru/bakalavr/sem7/course156/konstpekt_lec.htm

Общие положения

- Защита сети передачи обеспечивается наличием избыточности оборудования аппаратуры и применением коммутационной логики, которая, в случае повреждения или снижения качества, производит замену аварийного блока (слота) на резервный. Резервирование этих блоков осуществляется по схеме 1:n, означающее что на n-работающих блоков приходится один резервный.
- В сети SDH можно осуществлять защиту секции мультиплексирования (оконечного оборудования секции мультиплексирования - Multiplex Section Termination, MST), путём использования блока защиты секции мультиплексирования (Multiplex Section Protection, MSP).

Линейная архитектура для большой протяжённости

- Для линейной сети большой протяжённости расстояние между мультиплексорами больше того расстояния, которое может быть рекомендовано с точки зрения затухания сигнала в ВОЛС. В этом случае на маршруте необходима установка регенераторов

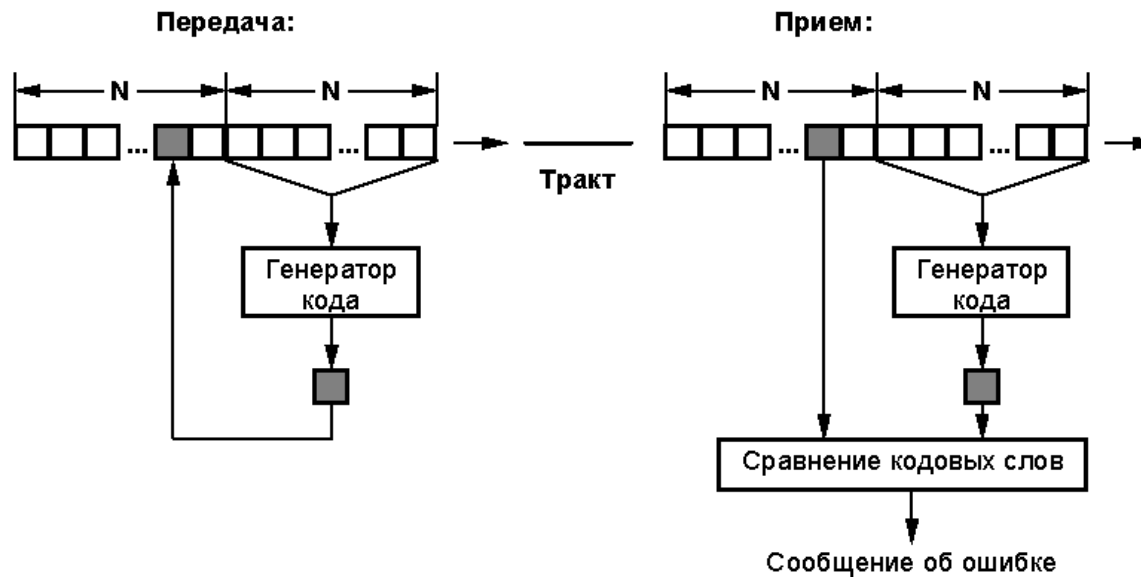


Методы контроля четности и определения ошибок

- ❖ **Ошибки передачи обнаруживаются, но не исправляются !!!**
- ❖ **Контроль ошибок без отключения канала**
- ❖ Для контроля используются процедуры ВР (ВР-2, ВР-8 и ВР-24). Данные процедуры являются оценочными и не дают 100% гарантии обнаружения ошибок (несколько ошибок могут компенсировать друг друга в смысле контроля четности), но они позволяют получить приемлемый результат
- ❖ Так как в SDH имеются заголовки различных уровней (RSON, MSON, PОН) то имеется возможность контроля как на отдельных участках, так и на протяжении всего маршрута

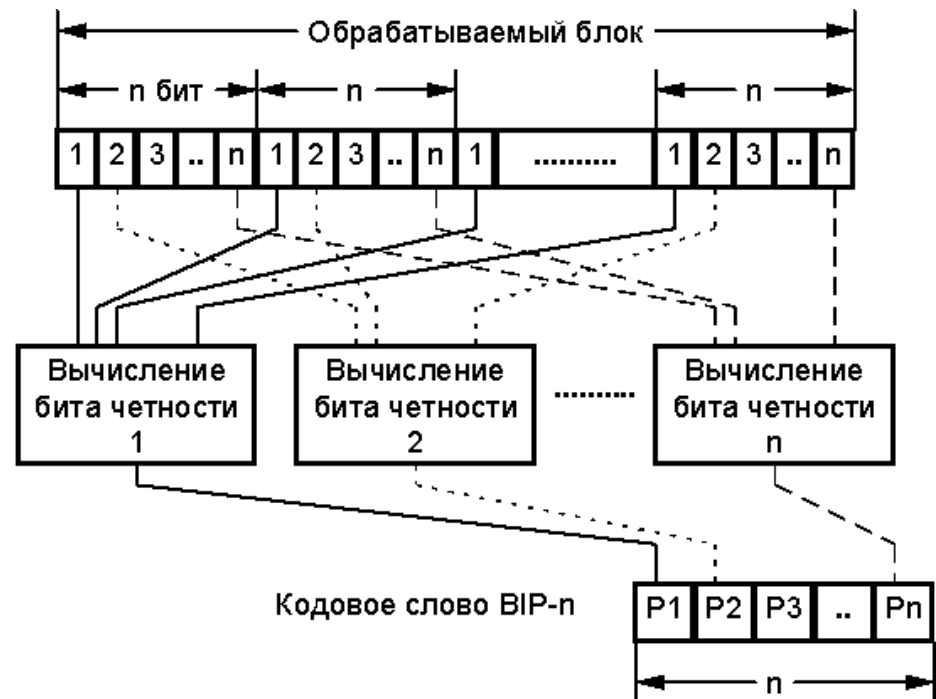
Общий принцип обнаружения ошибок

- На передающей стороне для текущего битового потока формируется кодовое слово длиной n бит, известное как код ВП-N: четность чередующихся бит (Bit-interleaving parity)
 - это кодовое слово переносится в заголовке отдельно от пользовательской информации
- На приемной стороне по тому же битовому потоку и аналогичному алгоритму также формируется кодовое слово и сравнивается с принятым
 - различие кодовых слов говорит о наличии ошибок в тракте передачи
 - статистика появления неверных кодовых слов позволяет судить о качестве передачи



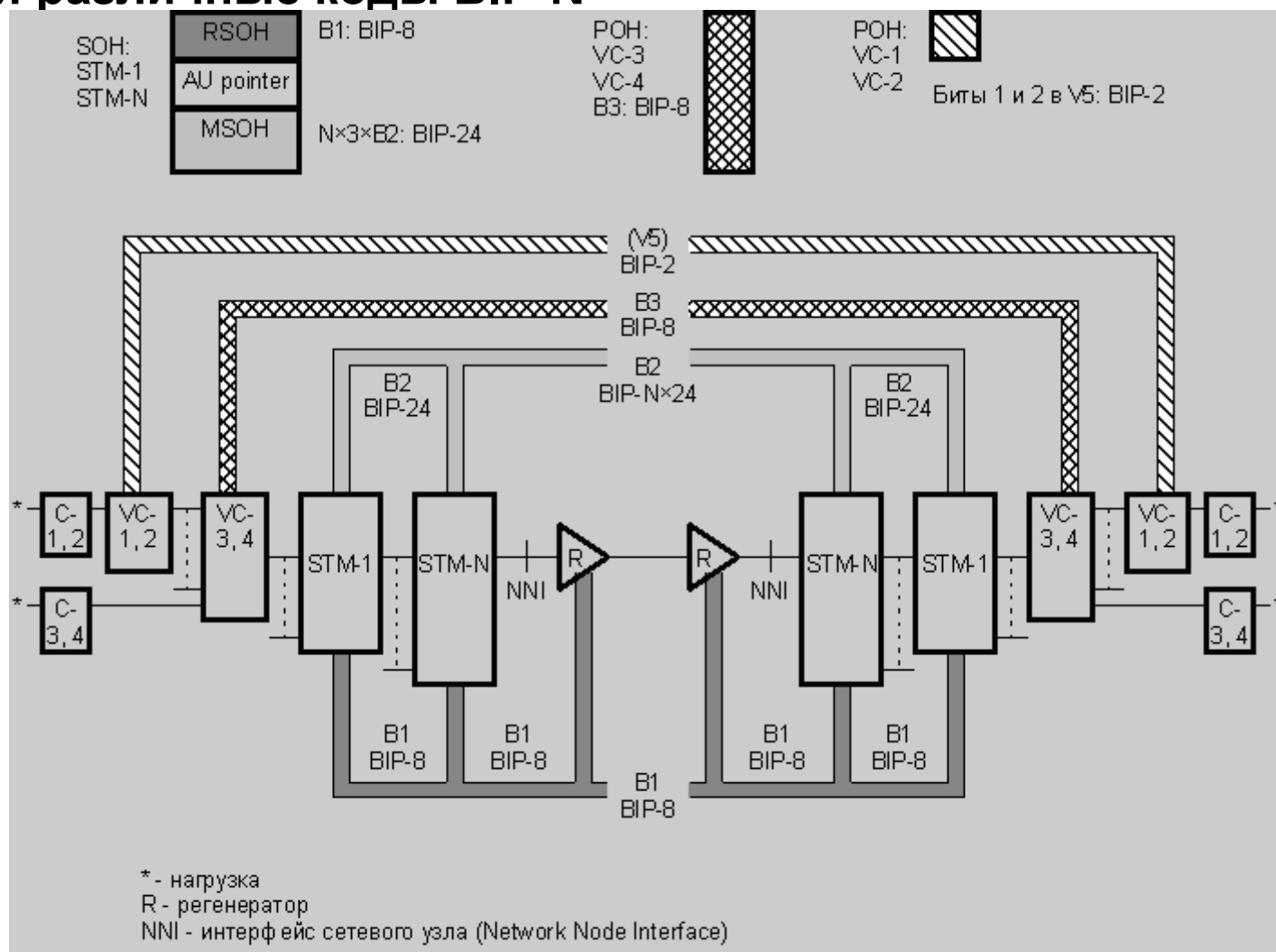
Код VIP-N

- Битовый поток (например, STM-N, VC) разбивается на блоки по n бит
- Все первые биты блоков суммируются по модулю 2. Результат помещается в первый бит кодового слова VIP-N
 - Аналогично обрабатываются остальные биты до n -ого.
- Полученное кодовое слово VIP-N вставляется в соответствующий заголовок



Секции контроля

- Для контроля различных индивидуальных секций тракта используются различные коды BIP-N



● Тракт VC-3 и VC-4: ВЗ в РОН

- Байт ВЗ предназначен для обнаружения ошибок в пути передачи индивидуальных VC-3 и VC-4. Одно кодовое слово ВР-8 (1 байт) подсчитывается по всем битам виртуального контейнера за исключением бит указателя и вставляется в соответствующий байт ВЗ РОН последующего VC. В случае отрицательного выравнивания биты заголовка, несущие пользовательскую информацию, используются для формирования ВЗ

● Тракт VC-1 и VC-2: Биты 1 и 2 в байте V5 РОН

- Первые два бита бита V5 РОН предназначены для обнаружения ошибок в пути передачи индивидуальных VC-1 и VC-2. Одно кодовое слово ВР-2 (2 бита) подсчитывается по всем битам виртуального контейнера за сверхцикл длительностью 500 мкс и вставляется в соответствующие битовые позиции бита V5 РОН последующего VC

Сообщение об ошибке блока на дальнем конце FEBE (Far End Block Error)

- FEBE тракта. Трактовый заголовок POH индивидуальных виртуальных контейнеров содержит один байт (VC-3 и VC-4) или два бита (VC-1 и VC-2) для обнаружения ошибок. Как отмечалось выше, для генерации кодовых слов используются операции VIP-8 и VIP-2 соответственно. Если в конце тракта при подсчете кода VIP обнаруживаются ошибки, то в противоположном направлении (к началу тракта) посылается код FEBE с целью сообщить источнику об обнаруженной ошибке.
- Для передачи FEBE виртуальных контейнеров VC-3 и VC-4 используются биты 1-4 байта G1 POH. С помощью кода VIP-8 подсчитывается четность по 8 битовых последовательностей, поэтому может быть обнаружено максимум 8 нарушений четности. Соответственно, значение кода FEBE может быть от 0 до 8. Прочие значения воспринимаются как 0.
- Для передачи FEBE виртуальных контейнеров VC-1 и VC-2 используется бит 3 байта V5 POH. Бит устанавливается в "0", если нарушения четности с помощью кода VIP-2 не обнаружено. Нарушение четности передается значением "1".
- FEBE секции. Байт M1 заголовка MSON используется для передачи числа нарушений четности, обнаруженных на дальнем конце с помощью байт B2.
- Значение байта M1 FEBE может принимать значения от 0 до N x 24 в зависимости от уровня передаваемого модуля STM-N.

Сообщение об ошибке приема на дальнем конце FERF (Far End Receive Failure) - сигнализация об аварии на дальнем конце

- **FERF тракта.** Если при приеме индивидуальных виртуальных контейнеров VC отсутствует собственно принимаемый сигнал или принимается сигнал AIS, то удаленная сторона информируется об этом факте сигнализацией об аварии на дальнем конце (remote alarm).
 - Сигнализация об аварии на дальнем конце передается значением “1” в бите 5 байта G1 заголовка POH VC-3 и VC-4. Нормальное состояние соответствует значению “0” этого бита.
 - Сигнализация об аварии на дальнем конце для контейнеров VC-1 и VC-2 переносится битом 8 байта V5 POH.
- **FERF секции.** Если мультиплексор не принимает сигнала STM-N или принимает сигнал AIS, то в противоположном направлении передается код FERF.
 - Код FERF (110) вставляется в биты 6-8 байта K2

Сигнал индикации тревоги AIS (alarm indication signal)

- При обнаружении ошибки, например пропадании сигнала или потере синхронизации, устройство посылает в прямом направлении сигнал индикации тревоги AIS. Сигнал AIS направляется всем последующим устройствам так же, как до этого передавался рабочий сигнал. Назначением этого сигнала является предотвращение возникновения аварийной сигнализации в последующем оборудовании. Реакция на сигнал AIS (например, блокировка канала) производится только в специальном терминальном оборудовании.
- Сигнал AIS аналогичен сигналу потери цикловой синхронизации PDH. При наличии сигнала AIS структура модуля STM-1 сохраняется.
- Различают сигналы AIS тракта и секции.
 - AIS тракта устанавливается при потере виртуального контейнера. В случае AIS тракта TU весь блок TU-n ($n=1,2,3$), включая указатель, устанавливается в "1". В случае AIS тракта AU весь блок AU-n ($n=3,4$), включая указатель, устанавливается в "1". Эти состоящие из одних единиц блоки переносятся в модуле STM-1 как реальная нагрузка.
 - AIS секции. AIS секции устанавливается при потере всего STM-1 или STM-N. Это индицируется в байте K2 установкой бит 6, 7 и 8 в "1".

Методы защиты синхронных потоков и оборудования SDH

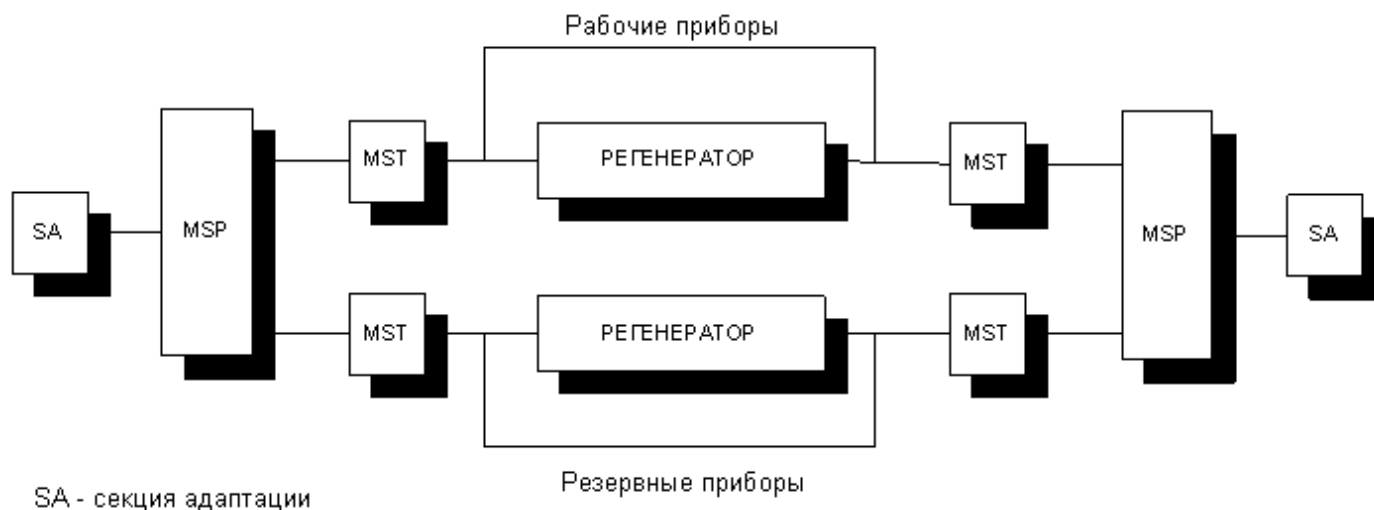
Быстрое восстановления работоспособности

1. Резервирование участков сети по схемам 1+1 и 1:1 по разнесённым трассам;
2. Организация самовосстанавливающихся кольцевых и линейных сетей, резервированных по схемам 1+1, 1:1 и 1:N;
3. Резервирование терминального оборудования по схемам 1:1, или N:1, или N:m;
4. Восстановление работоспособности сети в целом путём обхода отказавшего узла;
5. Использование систем оперативного переключения на работоспособный участок.

Общий подход по защите оборудования SDH

Общие положения

- Защита сети передачи обеспечивается наличием избыточности оборудования аппаратуры и применением коммутационной логики, которая, в случае повреждения или снижения качества, производит замену аварийного блока (слота) на резервный. Резервирование этих блоков осуществляется по схеме 1:n, означающее что на n-работающих блоков приходится один резервный.
- В сети SDH можно осуществлять защиту секции мультимплексирования (оконечного оборудования секции мультимплексирования - Multiplex Section Termination, MST), путём использования блока защиты секции мультимплексирования (Multiplex Section Protection, MSP).



Общий подход по защите оборудования SDH

- Чтобы скоординировать процедуру обмена между двумя противоположными блоками MSP, используются байты, представленные в секционном заголовке MSON аббревиатурами K1 и K2.
 - В частности, байты K1 и K2 передают от одного терминала к другому всю информацию, относящуюся к отмеченным авариям, архитектуре сети защиты и режимам, в которых должно происходить переключение.

A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	X	X	PAYLOAD
B1	M	M	E1	M	*	F1	X	X	
D1	M	M	D2	M	*	D3	*	*	
AUOH									MSON
B2	B2	B2	K1	*	*	K2	*	*	
D4	*	*	D5	*	*	D6	*	*	
D7	*	*	D8	*	*	D9	*	*	
D10	*	*	D11	*	*	D12	*	*	
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	X	X	

Архитектура линейной защиты

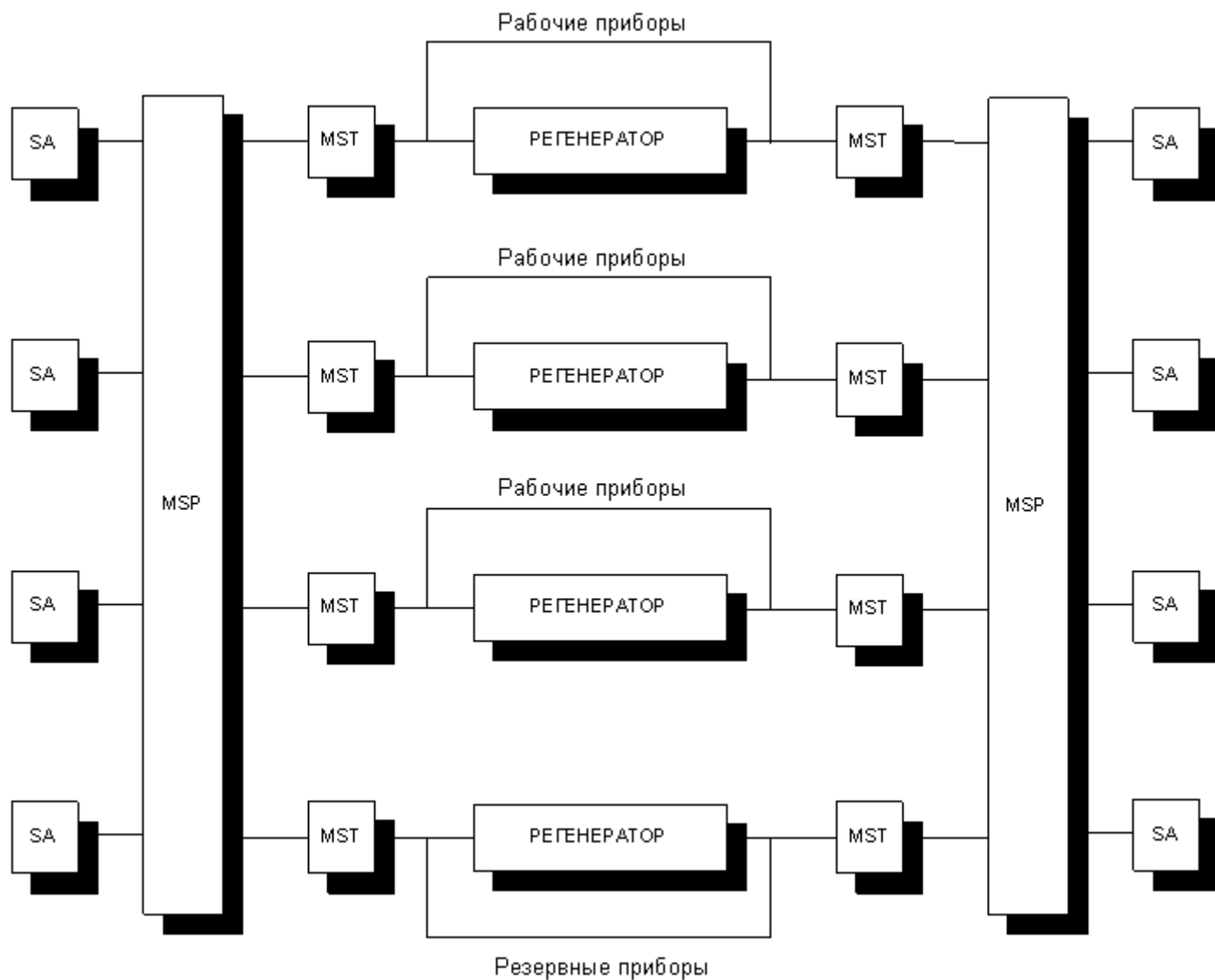
● В сети SDH предусмотрены две различные архитектуры защиты:

- защита $n+1$;
- защита $1+1$.

● Защита $n+1$

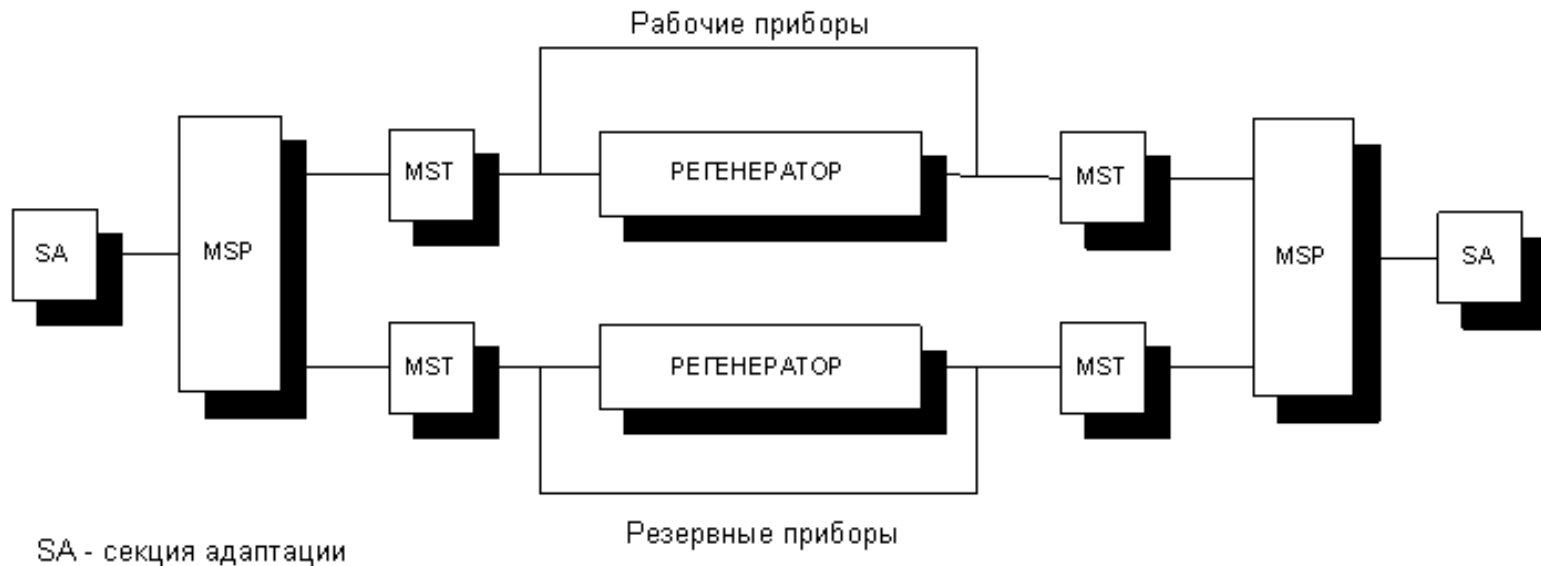
- В архитектуре $n+1$ одна секция защиты обслуживает большую часть рабочих трактов, число которых n . заключено в пределах между 1 и 14 ($n=1...14$).
- В случае повреждения в одной из рабочих секций тестирования, сигнал приема и передачи STM-N направляется по резервному тракту.
- Если в процессе тестирования не наблюдается никаких проблем в функционировании сети, то по резервному тракту может быть передан не защищаемый дополнительный сигнал; очевидно, что в случае, когда секция защиты запрашивается одним из n . рабочих трактов, дополнительный сигнал удаляется из резервного тракта.

Защита n+1



Защита 1+1

- В конфигурации 1+1 сигнал STM-N при передаче посылается и по тестируемому тракту, и по резервному тракту.
- При приеме функция MSP выбирает наилучший сигнал на основе информации, исходящей от байтов K1 и K2 заголовка MSON или по командам, полученным системой управления.
- Из-за постоянной передачи сигнала по резервному тракту, архитектура 1+1 не позволяет увеличивать трафик за счёт организации дополнительного канала.

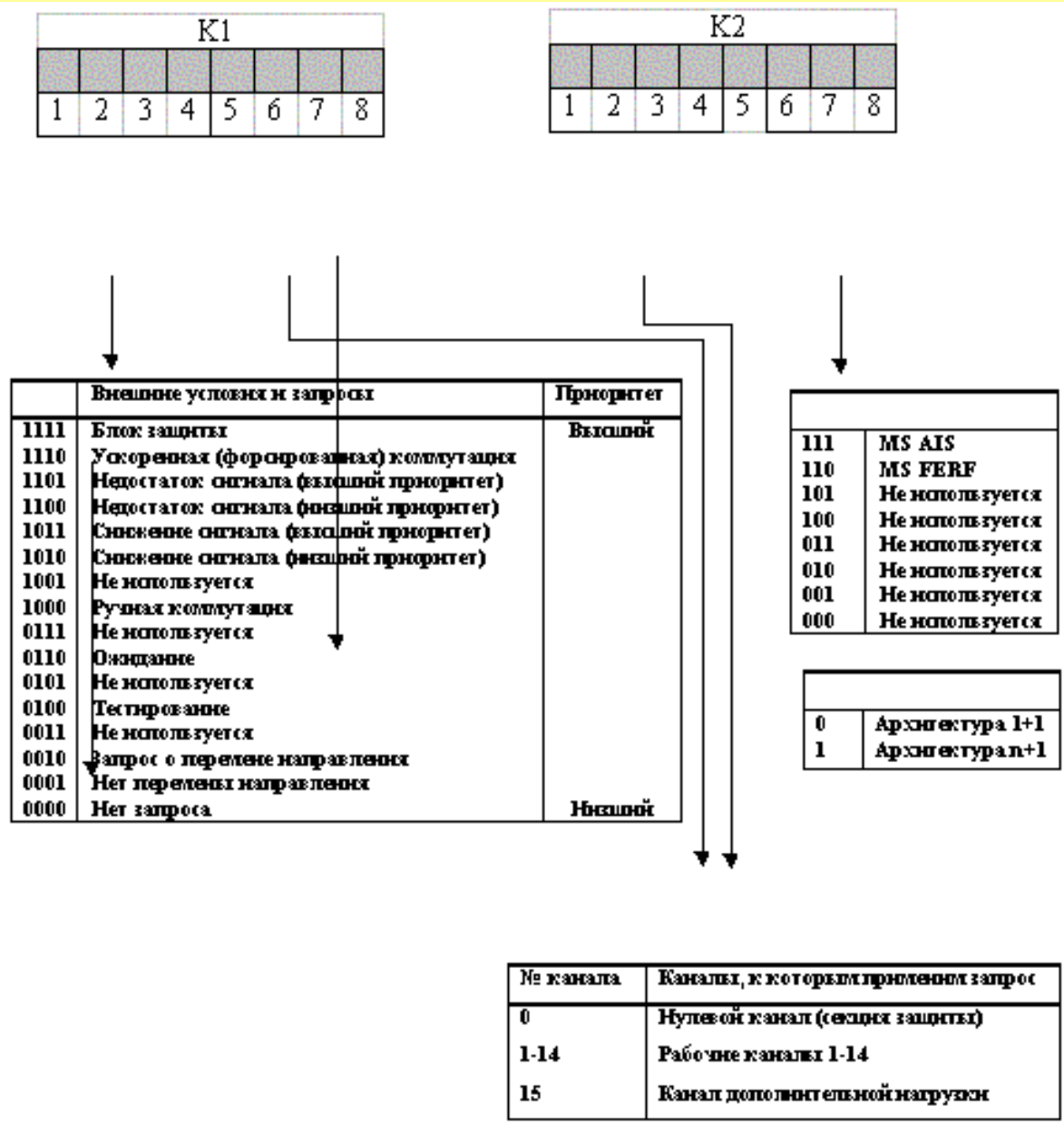


Режимы функционирования

- **С точки зрения режимов функционирования защита может быть двух типов:**
 - однонаправленная, когда переключение на резервный тракт осуществляется только в случае аварии;
 - двунаправленная, когда в случае повреждения цифровой сигнал коммутируется на резервные тракты обоих направлений.
- **Кроме того, возможна защита следующих видов:**
 - обратимая;
 - необратимая.
 - ✓ В обратимом режиме при ликвидации повреждения информационный сигнал, направленный по резервному тракту, возвращается в первоначальный рабочий тракт.
 - ✓ В необратимом режиме трафик остается в резервном тракте и после устранения повреждения в рабочем тракте.
- **Что касается архитектуры $n+1$, то для нее предусмотрен только обратимый режим, в то время, как при архитектуре $1+1$ могут быть использованы оба режима функционирования.**

Временные критерии переключений

- Информация, относящаяся к режимам и приоритетам переключений содержится в двух байтах K1 и K2, двоичное кодирование которых показано ниже



Способы переключений

- Как уже было подчеркнуто, активизация переключения с перемаршрутизацией потока на резервный тракт может быть осуществлена:
 - ручным способом на основании команд, полученных системой управления;
 - автоматическим способом, посредством закодированной информации, содержащейся в байтах K1 и K2.
- Автоматическая защита активизируется всякий раз, когда в полученных потоках присутствуют следующие условия повреждения или понижения качества информационного сигнала. Условия повреждения:
 - отсутствие принимаемого сигнала;
 - потеря указателя;
 - авария в секции (AIS);
 - вероятность ошибки, подсчитанная в байтах B2 заголовка MSON, $TE > 10^{-3}$.
- Условия понижения качества:
 - вероятность ошибки, подсчитанная с помощью байтов B2, $10^{-9} < TE < 10^{-5}$.
- Что касается времени переключения, то оно равно сумме двух отдельных составляющих:
 - времени активизации команды переключения;
 - времени активизации переключения, то есть времени обмена сообщениями между двумя терминалами и осуществления коммутации на резервный тракт; согласно рекомендации ITU-T это время может составлять максимум 50 мс

Защита кольца

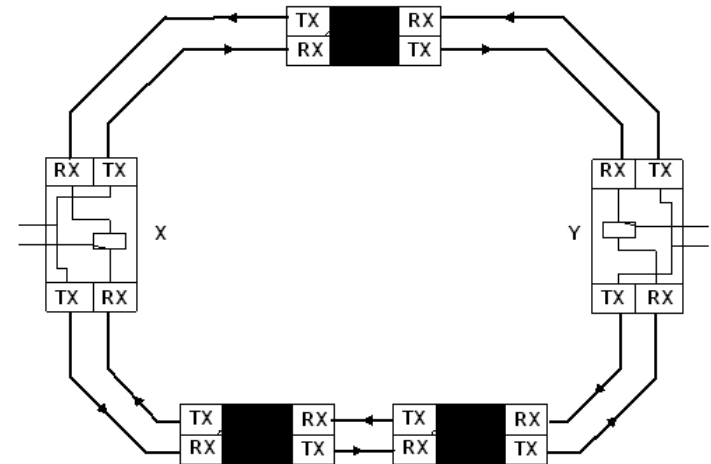
- Кольцевая сеть состоит из аппаратуры SDH (узлы передачи), последовательно связанной между собой в замкнутую структуру.
- Защита в кольцевых сетях - автоматического типа (сети с самовосстановлением self-healing) с активизацией переключений в случаях повреждения и случайного понижения качества сигнала.
- Кольца с защитой SDH подразделяются на две категории, в зависимости от топологии переключений:
 - кольцо с переключением тракта (Path Switched Ring);
 - кольцо с переключением секции мультиплексирования (MS Switched Ring).
- Кроме того, кольца можно определить, как:
 - однонаправленные, когда во время нормального осуществления связи между узлами X и Y, сигналы от X к Y и от Y к X следуют по кольцу в одном направлении.



Защита кольца

Кроме того, кольца можно определить, как:

- однонаправленные, когда во время нормального осуществления связи между узлами X и Y, сигналы от X к Y и от Y к X следуют по кольцу в одном направлении.
- двунаправленные, когда во время нормального осуществления связи между двумя узлами X и Y, сигнал транспортного потока от X к Y протекает по кольцу в направлении противоположном относительно сигнала Y к X.



RX - приёмник сигналов;
TX - передатчик сигналов.

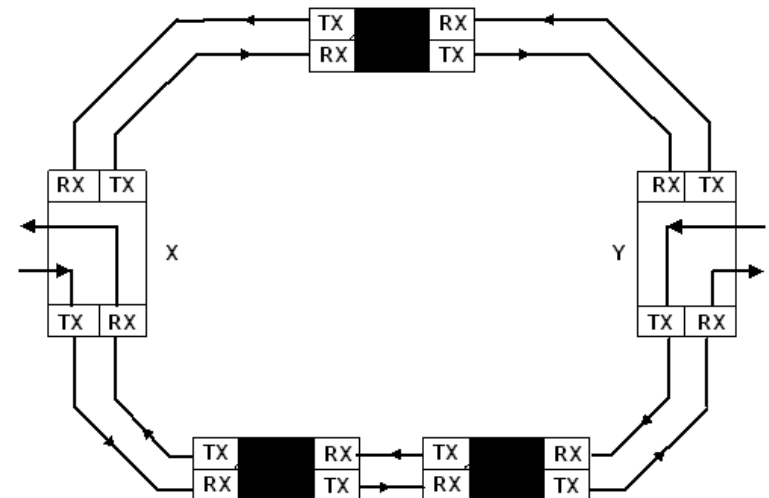


Рисунок 20 - Двунаправленное кольцо

Защита однонаправленного кольца

- В случае однонаправленного кольца возможна как защита тракта, так и защита секции мультиплексирования.
- Сеть с защитой тракта** состоит из 2 колец, с маршрутами в противоположных направлениях, из которых одно передает трафик, в то время как второе предназначено для защиты.
- На рисунке показано, что при передаче сигналы от обоих рассматриваемых узлов (В и Е) посылаются параллельно как во внешнее кольцо, так и во внутреннее.
- Сейчас допустим, что при условии нормального функционирования, внутреннее кольцо (по часовой стрелке) предназначено для рабочего режима, в то время, как внешнее кольцо (против часовой стрелки) используется как резервное.
- При повреждении, например, между узлами С и D (рисунок 8.22) трафик в направлении от В к Е удаляется из резервного тракта (внешнего кольца) после того, как было произведено переключение (1+1) на станции Е. Кольца с защитой тракта не функционируют на основе критериев, передаваемых посредством байтов K1 и K2.

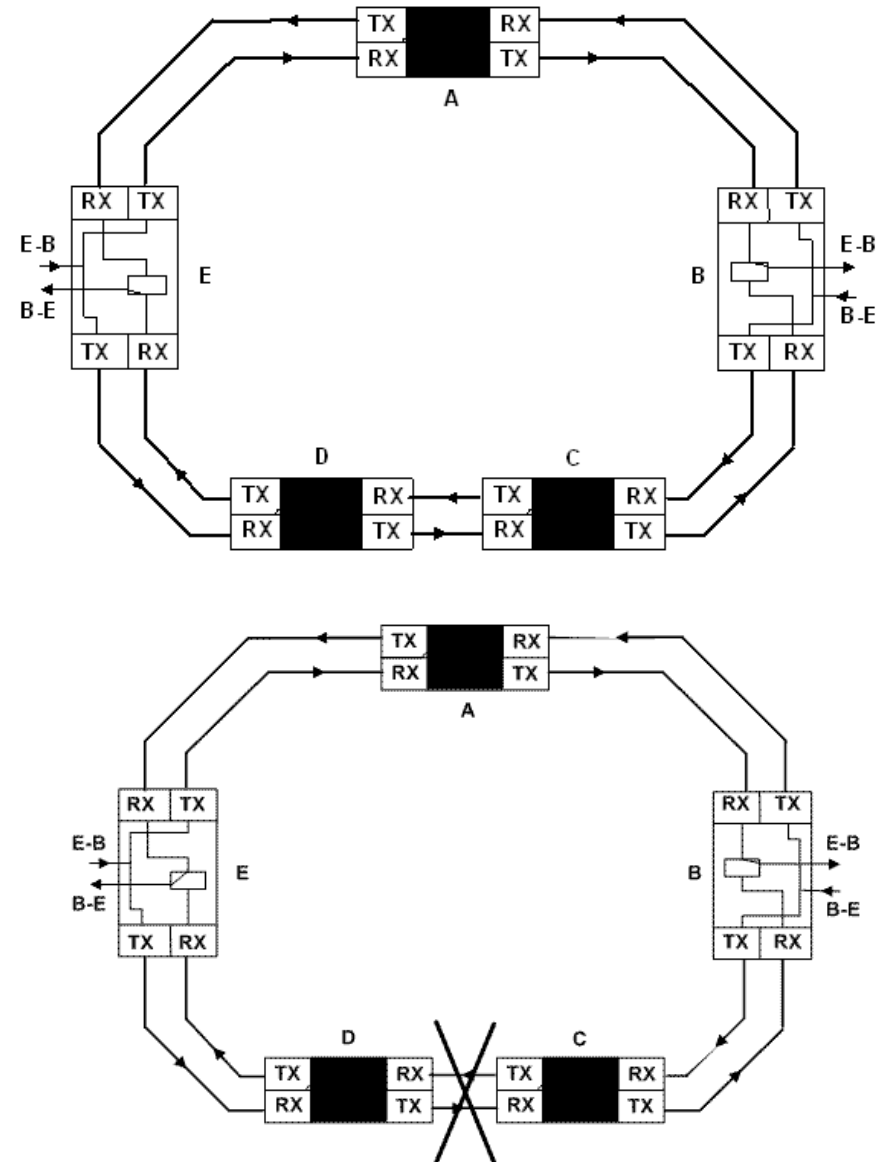


Рисунок 8.22 - Однонаправленное кольцо с защитой тракта при обрыве линии.

Защита однонаправленного кольца

- **Кольцо с защитой секции мультиплексирования** (однонаправленное кольцо с переключением секции мультиплексирования - Unidirectional MS Switched Ring) состоит из двух колец, из которых одно предназначено для предоставления услуг, а другое используется как резервное.
- На рисунке 8.23 показаны условия нормального функционирования, когда предполагается, что два сигнала двунаправленной связи (например, от В к Е или от Е к В) передаются по кольцу в одном и том же направлении.
- В случае повреждения между узлами С и D, трафик в направлении от В к Е сохраняет тот же маршрут (рисунок 8.24).
- Чтобы передать в этом случае сигнал от Е к В, кольцо осуществляет первую петлю в узле D и направляет трафик на резервный путь.
- Информационный сигнал, после того как он прошел через аппаратуру Е, А и В, достигает С, где осуществляется вторая петля, позволяющая потоку достигнуть выхода в В.
- При таком типе конфигурации в кольце активизируются петли на узлах, прилегающих к месту повреждения; при устранении повреждения кольцо возвращается к нормальной конфигурации работы и освобождает систему защиты для других случайных повреждений (аварий).
- Если кольцо не используется в целях защиты, то его можно использовать для передачи дополнительного трафика; в случае же запроса о защите, дополнительный сигнал удаляется из резервного тракта.
- Сеть в виде кольца с защитой секции мультиплексирования использует байты K1 и K2 для коммутации сообщений.

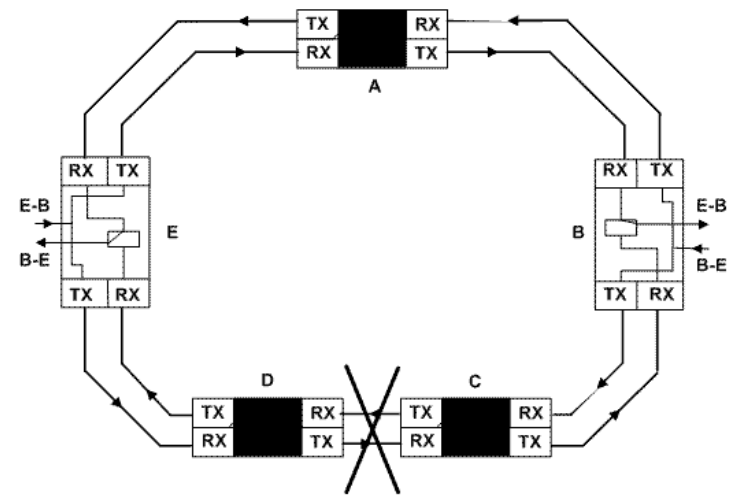
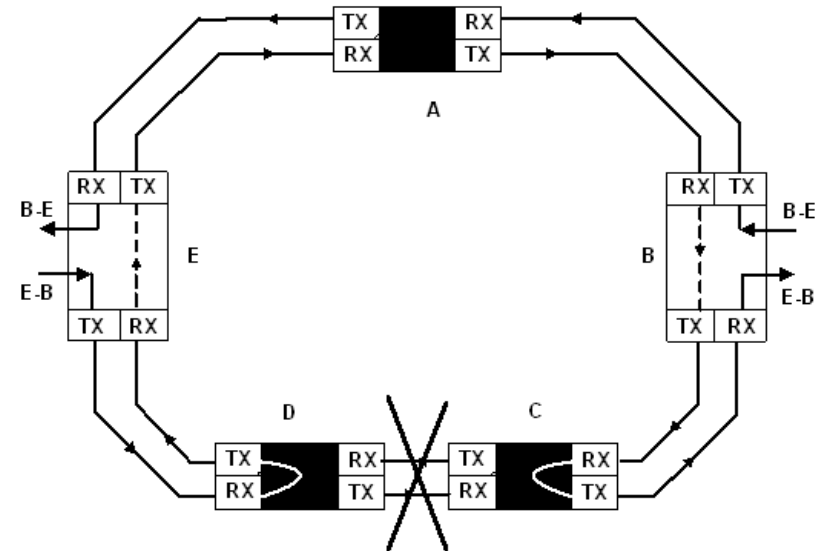


Рисунок 8.22 - Однонаправленное кольцо с защитой тракта при обрыве линии.



Защита двунаправленного кольца

- В двунаправленных кольцах может осуществляться только защита на уровне секции мультиплексирования (двунаправленное кольцо с переключением секции мультиплексирования - **Bidirectional MS Switched Ring**); каждую секцию кольца можно реализовать, используя 2 или 4 волокна:
 - двунаправленное двухволоконное кольцо с переключением секции мультиплексирования (Two Fiber Bidirectional MS Switched Ring), где каждая секция кольца содержит 2 волокна (одно для передачи TX и одно для приема RX); следовательно, в каждом волокне половина каналов будет использоваться в рабочем режиме, в то время как другая половина будет использоваться как резерв;
 - двунаправленное четырехволоконное кольцо с переключением секции мультиплексирования (Four Fiber Bidirectional MS Switched Ring), где в каждой секции кольца - 4 волокна (два для передачи TX и два для приема RX); рабочие и резервные потоки направлены по двум разным волокнам, как в направлении передачи TX, так и в направлении приема RX.
- На рисунке 8.25 приведена схема двунаправленного кольца с двумя волокнами, в которой показано, как сигналы двунаправленной связи (например, от В к Е или от Е к В) в условиях нормального функционирования пересекают одни и те же секции кольца; поэтому в случае повреждения поражаются оба направления.

Защита двунаправленного кольца

- Если наблюдается повреждение, например в секции C → D, то сигнал B → D переводится в резервное (внутреннее) кольцо, посредством петли на терминале C (рисунок 8.26).
- Сигнал, после того, как он пересек узлы B, A и E достигает станции D, где через петлю он всегда вставляется в рабочий поток внешнего кольца и достигает поэтому узла E.
- Аналогичным образом это происходит и с сигналом E → B; чтобы перенаправить потоки необходимо образовать петлю на узлах, прилегающих к месту, где наблюдается повреждение.
- После устранения повреждения кольцо возвращается к нормальной конфигурации работы и освобождает систему защиты для других случайных повреждений (аварий).
- Если кольцо не используется для защиты, то его можно использовать для организации дополнительного трафика; в случае же запроса о защите дополнительный сигнал выводится из резервного тракта.
- Сеть в виде кольца с защитой секции мультиплексирования использует байты K1 и K2 для коммутации сообщений.

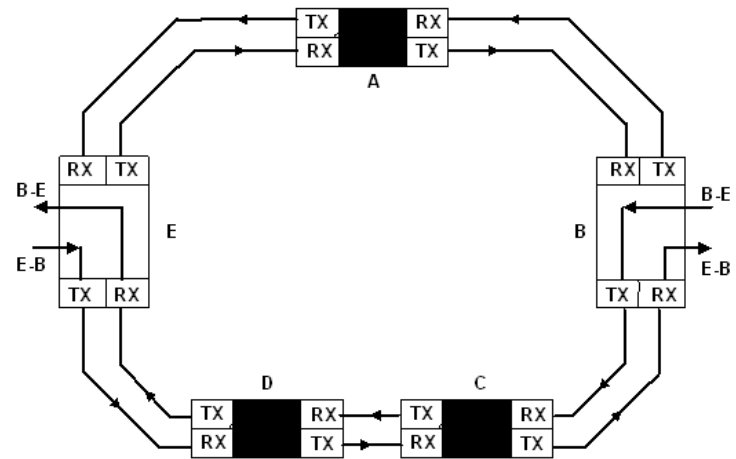
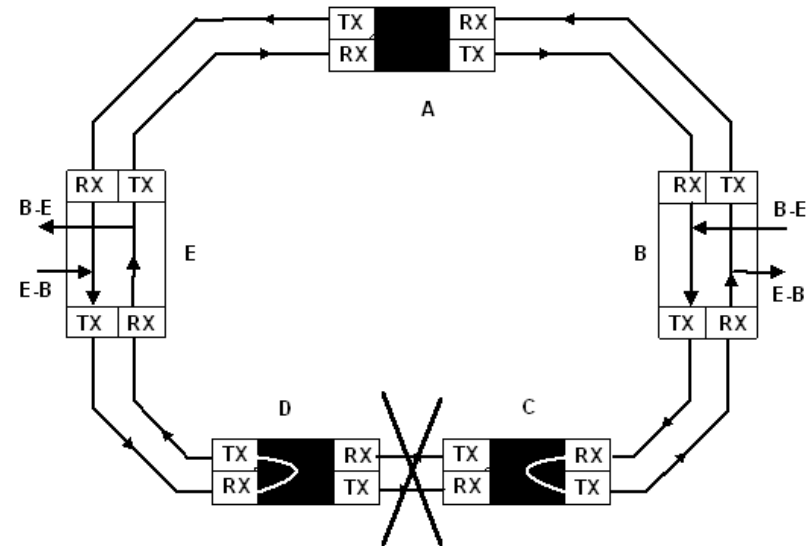


Рисунок 8.25 Двунаправленное кольцо с защитой MS при нормальном функционировании.



Контрольные вопросы

<http://do.sibsutis.ru/bakalavr/sem7/course156/lec8.htm>

- ❶ Каким методом можно осуществлять защиту секции мультиплексирования?
- ❷ Какие архитектуры линейной защиты предусмотрены в сетях SDH?
- ❸ Перечислите два типа защиты с точки зрения режимов функционирования.
- ❹ Чему равно время переключений?
- ❺ На какие категории подразделяются кольца с защитой SDH?
- ❻ Как может быть осуществлена активизация переключения с перемаршрутизацией потока на резервный тракт?
- ❼ Перечислите несколько условий повреждения или понижения качества информационного сигнала.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит наибольшее различие между ПЦИ и СЦИ?
2. Назовите стандартизированные скорости передачи ПЦИ и СЦИ.
3. Почему в области высокоскоростной передачи информации на смену плезиохронным системам пришли более сложные синхронные системы?
4. Укажите достоинства и недостатки СЦИ.
5. Структура модуля STM-1:
 - Сколько байт передается в модуле?
 - Частота повторения модуля?
 - Длительность модуля?
 - Из каких основных блоков состоит модуль?
6. Что передается в блоке SOH?
7. Для чего предназначен блок нагрузки?
8. Какова функция указателя?

Контрольные вопросы

9. Чем отличается структура модуля STM-16, объединенного из 16-ти модулей STM-1, от структуры модуля STM-16, объединенного из четырех модулей STM-4.
10. Какие компоненты модуля STM-N подвергаются скремблированию?
11. Для чего предназначен скремблер?
12. Назовите параметры электрического и оптического интерфейсов для модуля STM-1 и для модуля STM-N соответственно?
13. Какие контейнеры определены в СЦИ? Какие цифровые потоки переносятся этими контейнерами?
14. Из чего состоит контейнер?
15. Чем виртуальный контейнер отличается от контейнера?
16. Какие существуют AU? Сколько каких AU может транспортироваться в одном модуле STM-1?

Контрольные вопросы

17. В чем разница между AUG и STM-1?
18. Какой метод используется для объединения цифровых потоков со скоростью 2 Мбит/с в модуль STM-1 в соответствии с со схемой ETSI?
19. Какой метод используется для объединения цифровых потоков со скоростью 34 Мбит/с в модуль STM-1 в соответствии с со схемой ETSI?
20. Для чего используются TU и TUG?
21. Какие функции выполняет и на каких этапах формируются указатели и заголовки?
22. Сколько уровней указателей действуют при транспортировке цифрового потока 34 Мбит/с в модуле STM-1?
23. Каким образом виртуальные контейнеры VC-1х и VC-2 передаются в контейнерах высшего уровня?

Контрольные вопросы

24. В каком случае в TUG-3 передается индикация нулевого указателя NPI? Для чего служит NPI?
25. Назовите возможные варианты формирования TUG-2.
26. Назовите возможные варианты формирования TUG-3.
27. Каким образом поток 140 Мбит/с размещается в контейнере C-4?
28. Какой метод выравнивания применяется при передаче потока 34 Мбит/с в контейнере C-3?
29. Как и где применяется выравнивание для потока 34 Мбит/с, скорость которого превышает номинальную?
30. Опишите возможные схемы размещения потока 2 Мбит/с.
31. Какие биты (помимо информационных) размещаются в контейнерах?

Контрольные вопросы

- 32. Для чего нужен указатель?**
- 33. Какие типы указателей Вам известны?**
- 34. Каков диапазон изменения указателей различного типа и какие байты могут быть адресованы?**
- 35. Какой из типов выравнивания применяется, если скорость передачи передаваемого потока**
- равна скорости передачи кадра?
 - больше скорости передачи кадра?
 - меньше скорости передачи кадра?
- 36. Какое значение примет указатель AU-4, если перед положительным выравниванием его значение было равно 782?**
- 37. Какое значение примет указатель TU-3, если перед отрицательным выравниванием его значение было равно 235?**

Контрольные вопросы

- 38. Назначение и составные части SOH.
- 39. Для чего предназначены RSOH и MSOH?
- 40. Каким образом формируется SOH модуля STM-N?
- 41. Укажите область действия POH.
- 42. Для чего предназначена сигнальная метка?
- 43. Что такое код BIP-N и для чего он нужен?
- 44. Какой код BIP-N используется, какие секции передачи он обслуживает и в каких байтах передается для следующих сигналов:
 - VC-1,2?
 - VC-3,4?
 - STM-N?
- 45. Что такое FEBE и FERF, для чего они служат, какие значения могут принимать?
- 46. Когда в СЦИ передается сигнал AIS и как устанавливаются биты при его передаче?

Литература

1. http://ivt.psati.ru/metods/Seti_EVM/EI_Uch_Seti_Lazarev/wan/7/index.htm
2. <http://www.softplace.uz/other-soft/174-young-telecommunication> Структура систем передачи канала E1
3. Цифровые сети. Рекомендации G.703, G.704
<http://lectures.net.ru/wan/7/>
4. http://ivt.psati.ru/metods/Seti_EVM/EI_Uch_Seti_Lazarev/wan/8/index.htm Цифровые сети ISDN с интеграцией услуг
5. http://ivt.psati.ru/metods/Seti_EVM/EI_Uch_Seti_Lazarev/wan/7/index.htm Цифровые сети. Рекомендации G.703, G.704
6. http://do.sibsutis.ru/bakalavr/sem7/course156/konstpekt_lec.htm