

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
Часть 2

СПб ГУТ)))

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016

УДК 621.395.4(075.8)
ББК 32.883я73

Рецензент:
кандидат технических наук,
профессор кафедры Фотоники и Линий связи *Л. Н. Кочановский*

*Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве лабораторного практикума*

Матюхин, А. Ю.

Многоканальные телекоммуникационные системы : лабораторный практикум / А.Ю. Матюхин, В.В. Анин, А.Б. Волчков, И.В. Гришин, К.А. Комарова, М.В. Лобастова, А.Г. Подгайский, Д.Г. Рафиков, А.В. Ульянов, Е.Л. Федорова; СПбГУТ. – СПб., 2016. – 135 с.

Написано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Многоканальные телекоммуникационные системы». Издание может быть использовано как основная литература для изучения дисциплин «Многоканальные цифровые системы передачи и средства их защиты» и «Цифровые системы передачи».

Изучаются основные принципы и технологии построения многоканальных телекоммуникационных систем.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

УДК 621.395.4(075.8)
ББК 32.883я73

- © А.Ю. Матюхин, В.В. Анин, А.Б. Волчков, И.В. Гришин, К.А. Комарова, М.В. Лобастова, А.Г. Подгайский, Д.Г. Рафиков, А.В. Ульянов, Е.Л. Федорова, 2016
- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2016

ИЗУЧЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЦИФРОВОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА PDMX

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение практической реализации мультиплексоров плезиохронной цифровой сети и установление необходимых маршрутных соединений для организации связи на участке транспортной сети заданной топологии с Программируемыми Цифровыми Мультиплексорами **PDMX – Programmable Digital Multiplexer** фирмы **Northern Telecom**.

2. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

2.1. Задание по теоретической части

1. Изучить назначение, комплектацию и параметры цифровых сигналов в отдельных блоках **PDMX**:

- структуры циклов,
- параметры интерфейсов,
- организацию тактовой синхронизации,
- процедуру контроля качества передачи без перерыва связи в первичном цифровом тракте.

2. Привести функциональную модель сети плезиохронной цифровой иерархии с применением **PDMX**.

2.2. Задание по расчетной части

В цифровой сети с **PDMX** для организации связи по заданному каналу ТЧ определить необходимые маршрутные соединения между блоками **PDMX** в узлах сети. Варианты заданий приведены в табл. 3 или могут быть определены преподавателем.

2.3. Задание по экспериментальной части

Используя программное обеспечение, установить для организации связи по заданному каналу ТЧ маршрутные соединения между блоками **PDMX** в узлах сети и проверить правильность соединения. Вариант задания определяет преподаватель.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Методические указания к изучению теоретической части

В сетях связи используется большое количество устройств для обработки разнообразных услуг и систем сигнализации. В PDMX реализовано программное управление услугами, т. е. маршрутизацией и преобразованием систем сигнализации. Возможна комплектация мультиплексора из различных блоков в зависимости от его применения. Разработано около 20 только компонентных блоков. Ниже приводятся краткие сведения о некоторых блоках.

Таблица 1

Обозначение блоков PDMX	Название блоков PDMX	Функции блоков PDMX	Примечание
DC / DC Converter	Блок питания	-12 V; + 12 V; - 5 V ; + 5 V	
C/MUX	Блок управления и мультиплексирования	Конфигурация и контроль всех блоков. Формирование двунаправленной передачи одного сигнала 2,048 Мбит/с.	Устанавливается в слоте 83. Сигналы в цифровых линиях соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703. Код HDB-3.
8 Channel Audio	Компонентный блок 8 каналов ТЧ	Организация восьми каналов ТЧ с двух- или четырехпроводными окончаниями без цепей сигнализации в первичном цифровом потоке	Каждый канал имеет индивидуальное оборудование аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования с применением ИКМ. Частота дискретизации 8 кГц, кодер вида А, количество двоичных символов (битов) в кодовом слове 8.
64 kbit/s Data	Компонентный блок основных цифровых каналов	Организация шести основных цифровых каналов 64 кбит/с с сонаправленными интерфейсами в первичном цифровом потоке.	Сигналы в сонаправленных интерфейсах соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703.
2 × 2 Mbit/s	Интерфейсный блок	Формирование двунаправленной	Сигналы в цифровых линиях соот-

	2 × 2 Мбит/с	передачи двух сигналов 2,048 Мбит/с	ветствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703. Код HDB-3.
2 – 8 Mbit/s Higher Order Multiplexer	Мультиплексор высокого порядка 2,048 Мбит/с × 4 = 8,448 Мбит/с	Формирование сигнала второго уровня Европейской плезиохронной иерархии из четырех первичных потоков с применением цифровой коррекции с одной управляемой вставкой.	Сигналы в цифровых линиях соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703. Код HDB-3.
8 – 34 Mbit/s Higher Order Multiplexer	Мультиплексор высокого порядка 8,448 Мбит/с × 4 = 34,368 Мбит/с	Формирование сигнала третьего уровня Европейской плезиохронной иерархии из четырех вторичных потоков с применением цифровой коррекции с одной управляемой вставкой.	Сигналы в цифровых линиях соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703. Код HDB-3.
2 Mbit/s Optical Line Termination Unit	Оконечный блок оптической линии 2,048 Мбит/с	Формирование двухуровневого сигнала из трехуровневого для передачи по оптической линии.	Код в цифровой оптической линии 5B6B, длина волны оптической несущей 1,3 мкм, одномодовый оптический кабель.
8 Mbit/s Optical Line Termination Unit	Оконечный блок оптической линии 8,448 Мбит/с	Формирование двухуровневого сигнала из трехуровневого для передачи по оптической линии.	Код в цифровой оптической линии 5B6B, длина волны оптической несущей 1,3 мкм, одномодовый оптический кабель.
34 Mbit/s Optical Line Termination Unit	Оконечный блок оптической линии 34,368 Мбит/с	Формирование двухуровневого сигнала из трехуровневого для передачи по оптической линии.	Код в цифровой оптической линии 5B6B, длина волны оптической несущей 1,3 мкм, одномодовый оптический кабель.

Ручной Программатор Hand Held Terminal ННТ

Взаимодействие блока **C/MUX** с блоками **PDMX**, которые имеют программируемые параметры, выполняется с применением программного обеспечения. В лаборатории кафедры в экспериментальной части лабораторной работы используется Ручной Программатор Hand Held Terminal **ННТ**.

Структуры циклов

Цифровые сигналы транспортных телекоммуникационных сетей характеризуются циклами. В оборудовании **PDMX** в зависимости от комплектации мультиплексоров возможно формирование первичных цифровых сигналов с различными структурами циклов (рис. 1, 2, 3) и цифровых сигналов высших порядков (рис. 4, 5).

	1															128
TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	129															256

Рис. 1. Структура цикла первичного цифрового сигнала.

Примечание. Цикл изображен в виде прямоугольника, единица площади которого один байт. Канальные интервалы обозначены TS (TS0 – TS31). В цикле 256 символов или бит.

	0	1	...										16	17	...										31
0	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
1	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
2	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
3	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
4	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
5	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
6	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
7	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
8	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
9	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
10	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
11	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
12	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
13	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
14	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31
15	TS0	TS1											TS16	TS17											TS31

Рис. 2. Структура сверхцикла первичного цифрового сигнала.

Примечание. Сверхцикл изображен в виде прямоугольника, единица площади которого один байт. Номера циклов соответствуют номерам строк на рисунке.

	Номера субсверхциклов	Номера циклов F	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
Сверхцикл MF	Субсверхцикл 1 SMF 1	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A					
		2	C2	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A					
		4	C3	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A					
		6	C4	0	0	1	1	0	1	1
	7	0	1	A						
	Субсверхцикл 2 SMF 2	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A					
		10	C2	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A					
		12	C3	0	0	1	1	0	1	1
		13	E1	1	A					
		14	C4	0	0	1	1	0	1	1
15		E2	1	A						

Рис. 3. Структура нулевых канальных интервалов TS0 сверхцикла первичного цифрового сигнала. Биты 1 – 8 (b1 – b8).

Примечание. Биты C1 – C4 заполняются после расчета с применением кода детектирования блоков с ошибками CRC-4. Размер блока в процедуре соответствует размеру субсверхцикла. E1 и E2 используются для передачи сигналов индикации блоков с ошибками на дальнем конце.

Циклы цифровых сигналов высших порядков изображены в виде прямоугольников, единицей площади которых является один бит.

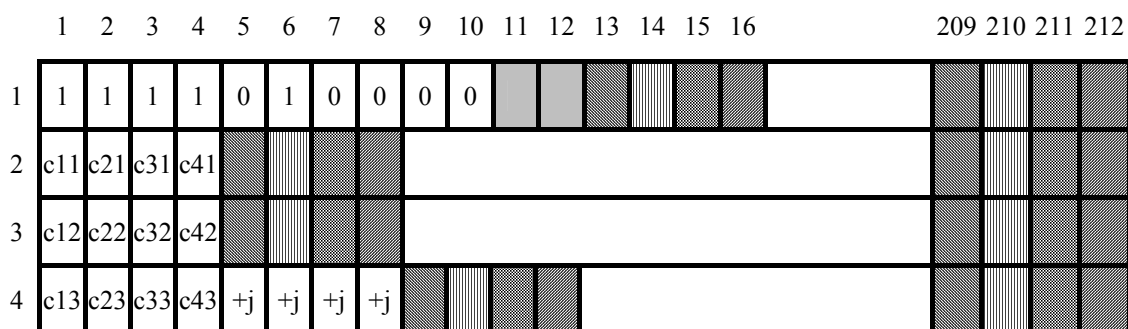


Рис. 4. Структура цикла вторичного цифрового сигнала европейской плезиохронной цифровой иерархии со скоростью передачи 8448 кбит/с ($T_{ц} = 100,3(78)$ мкс) с использованием одностороннего (положительного) согласования скоростей в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.742

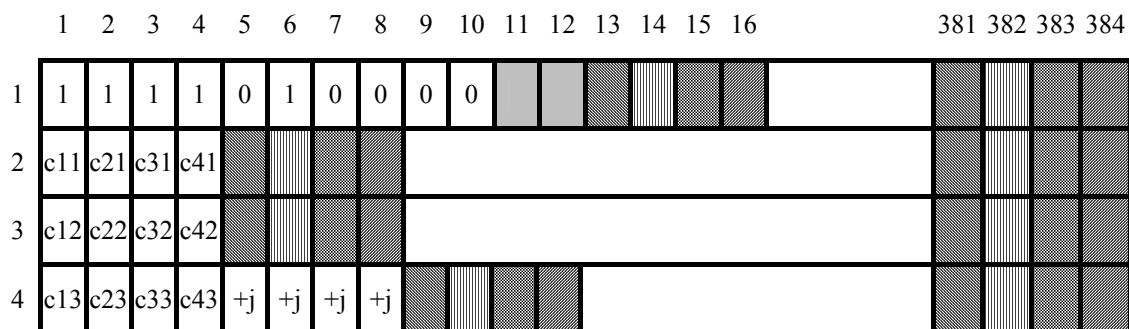


Рис. 5. Структура цикла вторичного цифрового сигнала европейской плезиохронной цифровой иерархии со скоростью передачи 34368 кбит/с ($f_{\text{ц}}=22,375$ кГц) использованием одностороннего (положительного) согласования скоростей в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.751

Параметры интерфейсов

Блоки **8 Channel Audio** позволяют организовать в цифровой сети каналы ТЧ, в частности, с четырехпроводным окончанием (STAT 4 wire) и относительными уровнями на входе (IN – 13 дБ), на выходе (OUT+4 дБ).

Параметры цифровых интерфейсов блоков PDMX соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.703 (табл. 2).

Таблица 2

Блоки	Скорость, кбит/с	Обозначение сигнала в интерфейсе	Допустимое отклонение скорости (parts per million) ppm	Коды в цифровых линиях	Физическая среда для одного направления передачи	Примечание
64 kbit/s data	64	E0	± 100	*)	Симметричная пара	Интерфейс сонаправленный
C/MUX, 2 x 2 Mbit/s	2048	E12	± 50	HDB3	Симметричная пара. Коаксиальная пара	High Density Bipolar of order 3 – HDB3
2 – 8 Mbit/s Higher Order Multiplexer	8448	E22	± 30	HDB3	Коаксиальная пара	
8 – 34 Mbit/s Higher	34368	E31	± 20	HDB3	Коаксиальная пара	

Order Multi- plexer						
------------------------------------	--	--	--	--	--	--

*) Информационный сигнал кодируется в три этапа:

- «единица» передается кодовой группой «1100», «ноль» – «1010»,
- затем подобно коду АМІ, все импульсы каждой кодовой группы поочередно меняют полярность,
- для обеспечения байтовой синхронизации – на восьмом такте осуществляется нарушение чередования полярности.

Организация тактовой синхронизации

Для организации тактовой синхронизации в цифровых сетях применяются специальные генераторы: первичный эталонный генератор (PRC), генераторы узлов (SSU), а также генераторы мультиплексоров.

Все генераторы имеют внешние входы для включения сигналов синхронизации. Между узлами для передачи информации о тактовом синхросигнале используются агрегатные сигналы. Генераторы в узлах включаются для обеспечения синхронизации по схеме «главный–подчиненный», в пределах узла – по схеме «звезда». Недопустимы замкнутые петли по сигналам хронирования.

Процедура контроля качества передачи без перерыва связи в первичном цифровом тракте

Контроль качества передачи в первичном цифровом тракте без перерыва связи сводится к контролю показателей ошибок. На уровне сетевых трактов контроль ошибок осуществляется с помощью процедур встроенного контроля по нарушению структуры цифрового сигнала. В первичном тракте таких процедур две: по ошибкам в сигнале цикловой синхронизации и процедура блокового контроля CRC-4.

Контроль показателей ошибок по ошибкам в сигнале цикловой синхронизации

Структура сигнала цикловой (СЦС) синхронизации заранее известна на приёме и все ошибки в нём фиксируются приёмником СЦС. В первичном цифровом сигнале СЦС состоит из 8 битов, которые передаются один раз за два цикла в нулевом канальном интервале (7 битов синхрогруппы на позициях со 2 по 8 в чётных циклах и синхросимвол – единица во втором тактовом интервале нечётных циклов) (Рис.3). Т.о. СЦС составляет 1/64 часть первичного сигнала. Фиксируя ошибки в СЦС и полагая, что битовые ошибки распределены во времени равномерно, можно оценить общее количество ошибок на интервале измерения. Оценка будет тем более точной, чем хуже состояние тракта, т.к. при хорошем состоянии, когда битовый коэффициент ошибок (BER) стремится к нулю, ошибки в СЦС крайне редки или отсутствуют вовсе, что не позволяет получить адекватную оценку состояния тракта. В первичном сетевом тракте данная процедура позволяет оценить состояние тракта с требуемой точностью при $BER \geq 10^{-5}$. Обычно

результаты, полученные с помощью этой процедуры, используются для определения аварии достоверности ($BER \geq 10^{-3}$).

Процедура блочного контроля

Процедура блочного контроля предполагает выполнение следующих действий:

- в передатчике непрерывный поток битов разбивается на блоки конечной длины (блок - набор последовательных битов, связанных с трактом, каждый бит принадлежит одному и только одному блоку);
- затем в параллельном канале очередной блок обрабатывается по заранее заданному алгоритму, результатом обработки является короткая контрольная сумма;
- полученная контрольная сумма во время передачи следующего блока передаётся по служебному каналу в сторону приёмника;
- приёмник так же в параллельном канале обрабатывает принимаемый блок по тому же алгоритму, что и в передатчике, полученная контрольная сумма запоминается и затем сравнивается (путём поразрядного суммирования по модулю 2) с контрольной суммой, пришедшей от передатчика со следующим блоком;
- если контрольные суммы совпадают, то принимается решение, что нарушений в блоке нет, если не совпадают, то принимается решение, что в блоке есть нарушения, т.е. фиксируется блок с ошибками.

Процедура блочного контроля CRC-4 (Cyclic redundancy check -4) – контроль при помощи циклического избыточного кода - 4) в первичном тракте имеет следующие параметры:

- длина блока – 8 циклов (2048 битов), каждый блок соответствует одному субсверхциклу (SMF) 16-ти циклового сверхцикла (Рис.3);
- математическое описание процедуры: умножение на X^4 и последующее деление на образующий полином ($X^4 + X + 1$);
- контрольная сумма – остаток от деления на образующий полином.

Устройство, реализующее алгоритм расчёта контрольной суммы (Рис. 6) представляет собой регистр сдвига из 4-х D-триггеров, охваченный обратными связями в соответствии с образующим полиномом. Перед началом расчёта контрольной суммы все ячейки регистра обнуляются. Когда последний бит блока заходит в регистр с его выходов С1–С4 считывается контрольная сумма и ячейки регистра снова обнуляются.

Для передачи контрольной суммы в сторону приёмника используется первый бит нулевого канального интервала (Рис.3).

Биты контрольной суммы С1–С4 передаются в циклах, содержащих синхрогруппу, причём в первом подсверхцикле передаётся контрольная сумма для второго подсверхцикла предыдущего сверхцикла, а во втором подсверхцикле передаётся контрольная сумма для первого подсверхцикла этого сверхцикла. Во время расчёта контрольной суммы, как в передатчике, так и в приёмнике, позиции С1–С4 в каждом блоке обнулены.

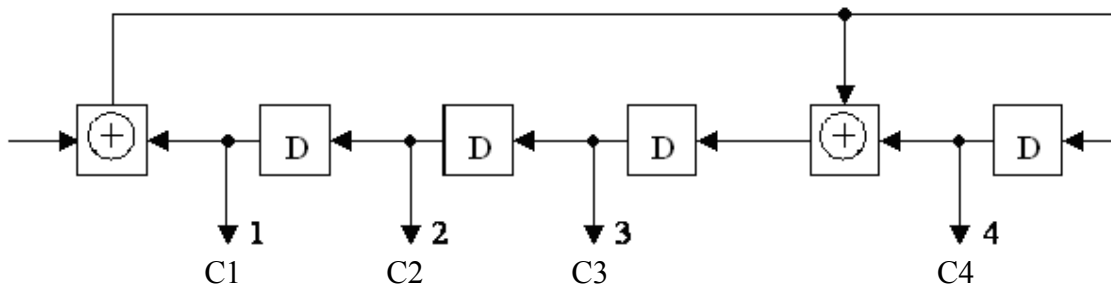


Рис. 6. Схема кодера CRC-4

В нечётных циклах сверхцикла с 1 по 11 передаётся сигнал сверхцикловой синхронизации "001011". На позициях Е передаётся информация о зафиксированных в противоположном направлении передачи блоках с ошибками ("1" – блок без ошибок, "0" – блок с ошибками). Задержка между моментом фиксации блока с ошибками и моментом формирования извещения об этом в противоположном направлении передачи не должна превышать 1 секунды.

В первичном сетевом тракте данная процедура позволяет оценить состояние тракта с требуемой точностью при $BER \leq 10^{-5}$. Оценка будет тем более точной, чем лучше состояние тракта, т.к. при плохом состоянии возрастает вероятность появления в одном блоке более одной битовой ошибки и количество зафиксированных блоков с ошибками существенно отличается от количества ошибочных битов. Обычно результаты, полученные с помощью этой процедуры, используются для определения перехода на работу с пониженным качеством ($BER \geq 10^{-6}$).

Используя совместно обе процедуры контроля показателей ошибок, можно получить адекватную оценку состояния тракта во всём рабочем диапазоне BER, от 10^{-2} и до нуля.

Функциональные модели сетей плездохронной цифровой иерархии с применением PDMX

Различная комплектация **PDMX** позволяет разрабатывать сети плездохронной цифровой иерархии для организации каналов ТЧ, основных цифровых каналов P0, первичных, вторичных и третичных цифровых трактов – P12, P22, P31.

Функциональные модели разрабатываются для определенного фрагмента сети. Они включают такие компоненты архитектуры транспортной сети, как сетевые слои, функции адаптации, завершения и соединения, транспортные объекты трейлы и соединения в каждом слое. Варианты заданий приведены в табл. 3.

На рис. 7 показаны фрагмент сети и функциональная модель в соответствии с данными варианта 4 табл. 3.

На схеме функциональной модели необходимо указать параметры сигналов в сетевых слоях: скорости передачи, коды в цифровых линиях, структуры циклов, назвать алгоритмы функций адаптации.

Таблица 3

Топология участков сети и мультиплексоры

Вариант	Компонентные сигналы	Агрегатные сигналы	Топология	Мультиплексоры
1	Сигналы ТЧ	E12	Точка – точка	ТМ – ТМ
2	Сигналы ТЧ	E12	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	ТМ – ТМ
3	Сигналы ТЧ	E12	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	АДМ – ТМ
4	E0	E12	Точка – точка	ТМ – ТМ
5	E0	E12	Кольцо	АДМ – АДМ – АДМ
6	E0	E22	Кольцо	АДМ – АДМ – АДМ
7	E12	E22	Точка – точка	ТМ – ТМ
8	E12	E31	Точка – точка	ТМ – ТМ
9	E12	E31	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	ТМ – ТМ
10	E22	E31	Кольцо	АДМ – АДМ – АДМ

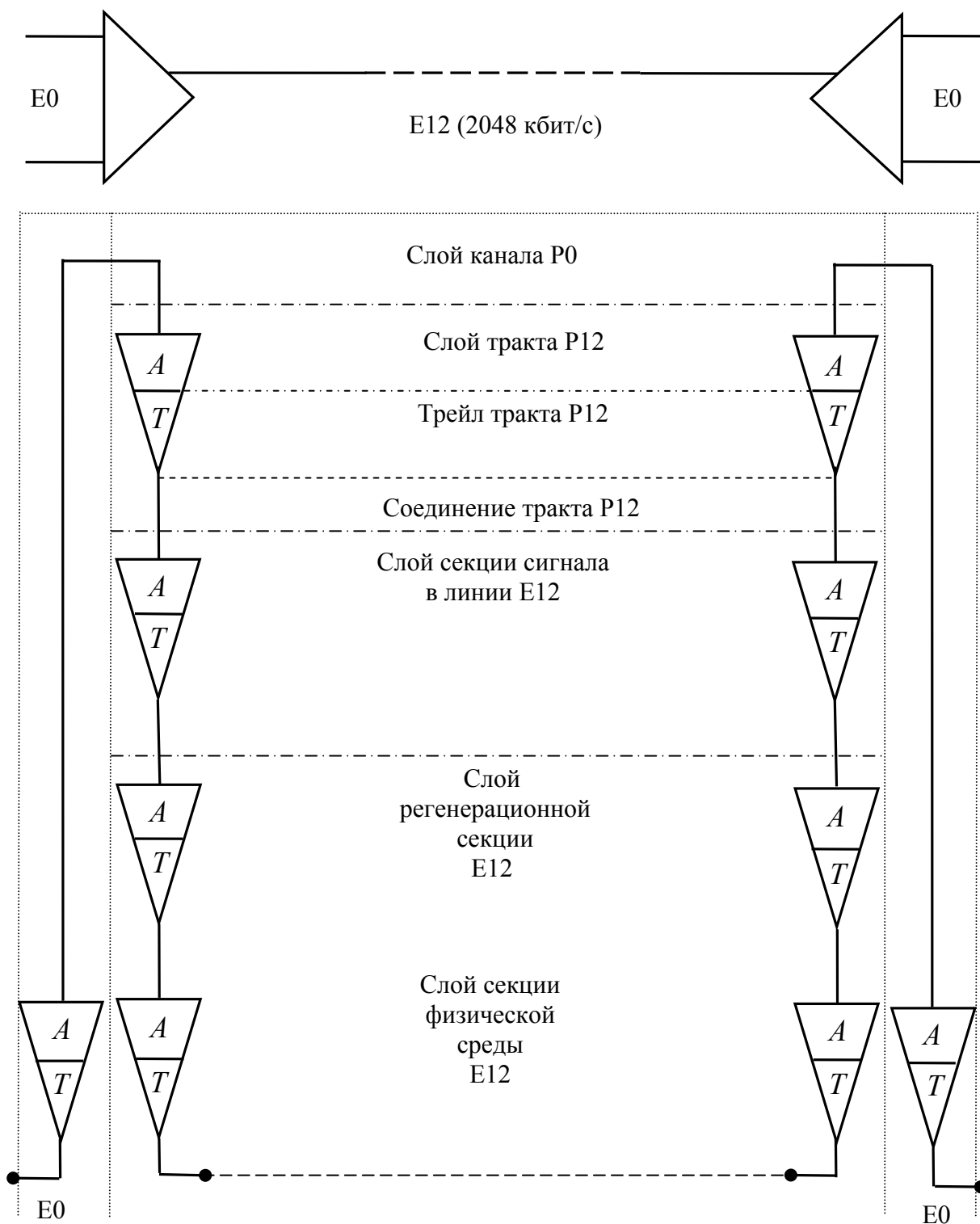


Рис. 7. Фрагмент транспортной сети плезиохронной цифровой иерархии и функциональная модель

3. 2. Методические указания к выполнению расчетной части

В данной лабораторной работе оборудование PDMX используется для организации сетей с топологией «точка – точка» для связи между двумя уз-

лами и «линейная цепь с функциями ввода вывода» для связи между тремя узлами (рис.8 и 9). Компонентными сигналами являются сигналы ТЧ, а агрегатными E12.

Схема организации системы тактовой синхронизации в сети рис. 9, где в качестве задающего генератора используется генератор передатчика PDMX узла А., приведена на рис. 10.

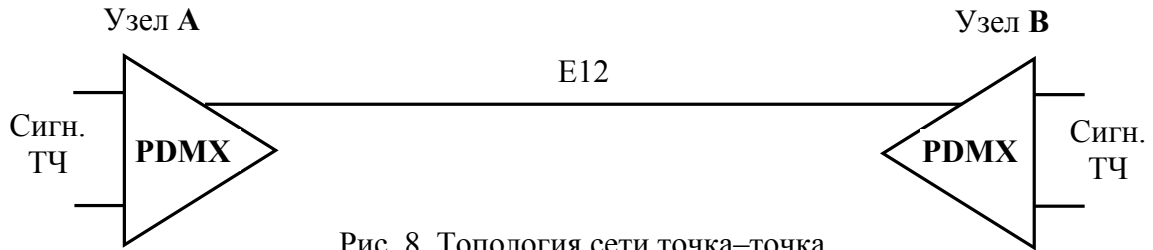


Рис. 8. Топология сети точка-точка

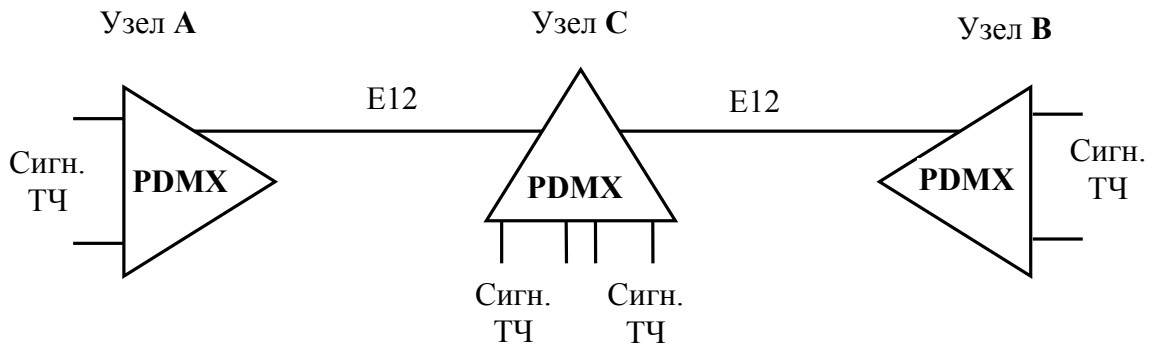


Рис. 9. Топология сети: линейная цепь с функциями ввода-вывода

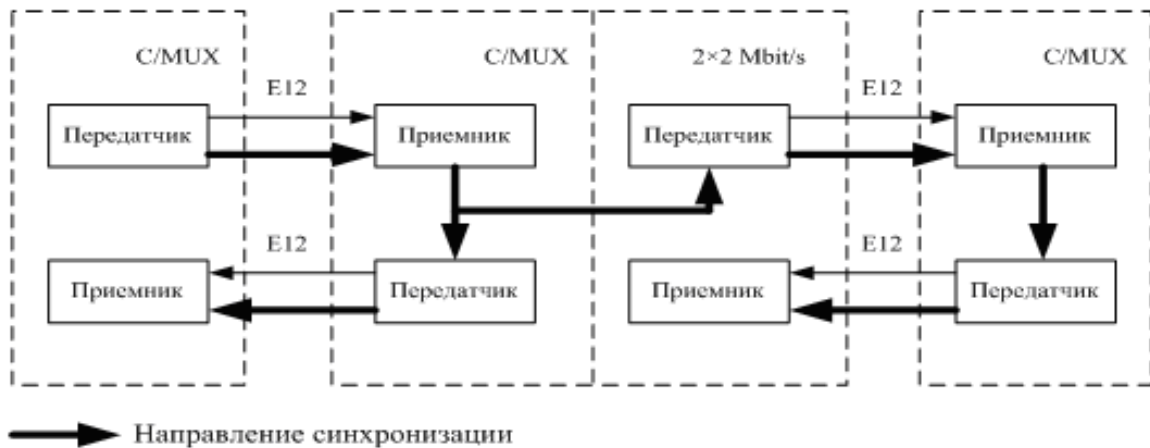


Рис. 10. Схема организации системы тактовой синхронизации

В табл. 4 приведены варианты заданий для установления маршрутных соединений между узлами. Соединения организуются для обеспечения связи по двухсторонним каналам ТЧ.

В компонентных блоках PDMX входы и выходы на уровне физических цепей получили название **Circuits**. В блоках **8 Channel Audio** номера **Circuits** равны номерам каналов ТЧ.

В блоках **C/MUX** и **2 × 2 Mbit/s** входы и выходы на уровне канальных интервалов в цикле первичного цифрового потока также получили название **Circuits**.

Установление соединений между блоками одного мультиплексора выполняется на уровне **TS**.

Таблица 4

Номера каналов ТЧ на входе/выходе **PDMX** для связи между узлами

Вариант		Узел А	Узел С	Узел С	Узел В
01	А – С	02	06	–	–
	А – В	04	–	–	01
	С – В	–	–	07	03
02	А – С	01	05	–	–
	А – В	07	–	–	08
	С – В	–	–	01	02
03	А – С	08	02	–	–
	А – В	03	–	–	04
	С – В	–	–	03	07
04	А – С	05	08	–	–
	А – В	06	–	–	05
	С – В	–	–	04	06
		Блок 8 Channel Audio, Slot	Блок 8 Channel Audio, Slot	Блок 8 Channel Audio, Slot	Блок 8 Channel Audio, Slot

На рис. 11 приведена комплектация **PDMX** для организации связи в соответствии с рис. 9 и программирование компонентных блоков для варианта 1 в табл. 4.

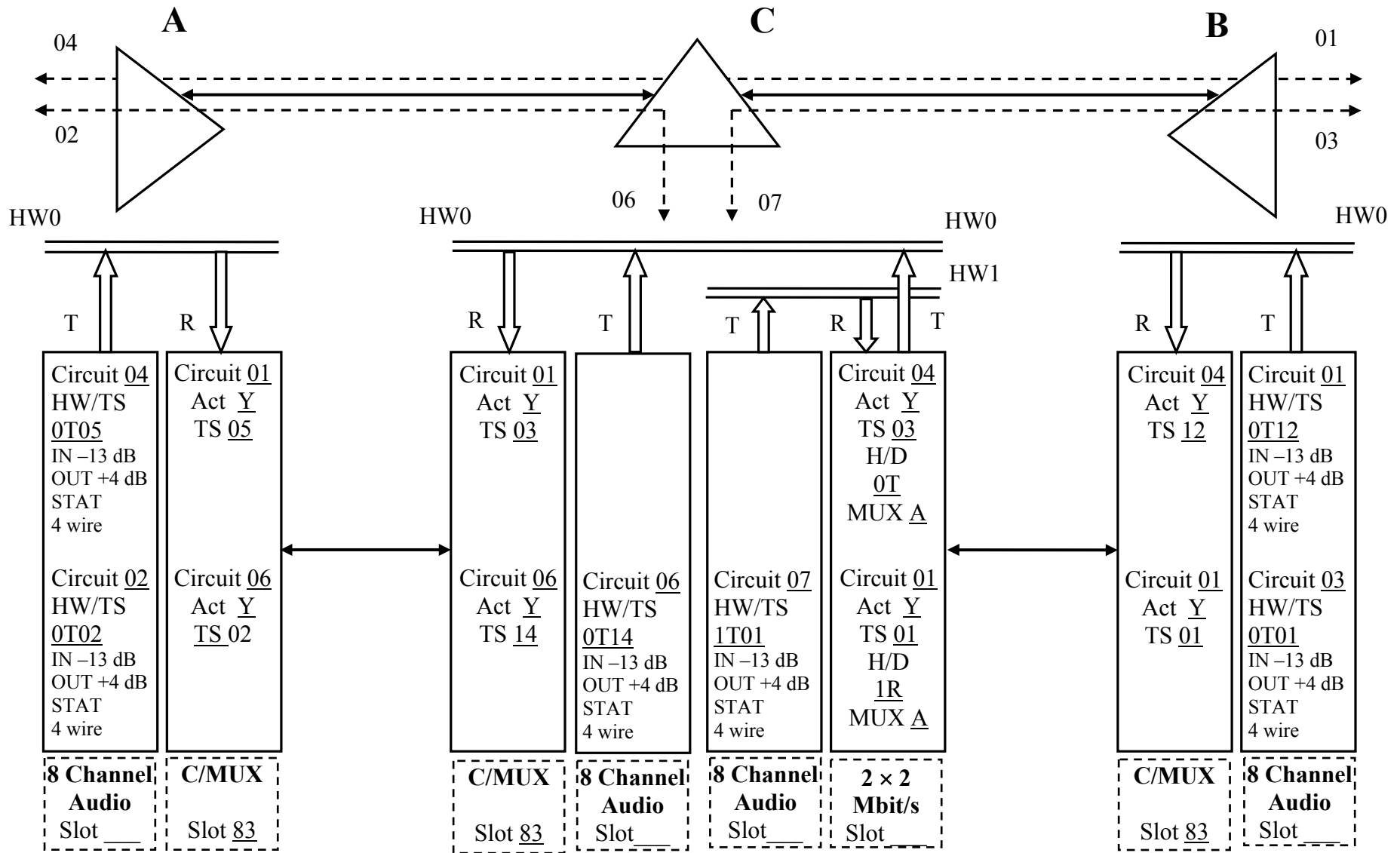


Рис. 11. Комплектация мультиплексов в узлах А, В, С и программирование компонентных блоков.

3.3. Методические указания к выполнению экспериментальной части

Экспериментальная часть работы состоит в установлении соединения для канала ТЧ между мультиплексорами в соответствии с Заданием и проверке правильности установки этого соединения.

Для выполнения эксперимента необходимо:

1. Обеспечить доступ к программному обеспечению **PDMX**.
2. Установить маршрутные соединения согласно Заданию.
3. При обнаружении установленных ранее соединений удалить их, а затем продолжить выполнение Задания.
4. Подключить «ПЭИ ИКМ» к одному из направлений канала ТЧ установленного соединения.
5. Привести обоснование состояния установленного соединения по показаниям «ПЭИ ИКМ».

Для программирования блоков **PDMX** в каждом узле может быть использован **Ручной Программатор Hand Held Terminal ННТ**.

Алгоритмы программирования блоков **8 Channel Audio**, **C/MUX** и **2 × 2 Mbit/s** приведены на рис. 12 – 14.

На рис. 15 приведен алгоритм удаления ранее установленных соединений в блоке **8 Channel Audio**.

В блоках **C/MUX** и **2 × 2 Mbit/s** алгоритмы удаления такие же. После определения расположения занятого **TS** необходимо вернуться в начало алгоритма, повторить программирование ранее установленного соединения, но в процессе программирования блоков выполнить следующее:

в блоке **8 Channel Audio** вместо заполнения (**HW/TS**) ввести (**NONE**), в блоках **C/MUX** и **2 × 2 Mbit/s** при заполнении (**Active Y/N**) ввести (**N**).

Затем после удаления ранее установленных соединений выполнить программирование блоков для данных Задания.

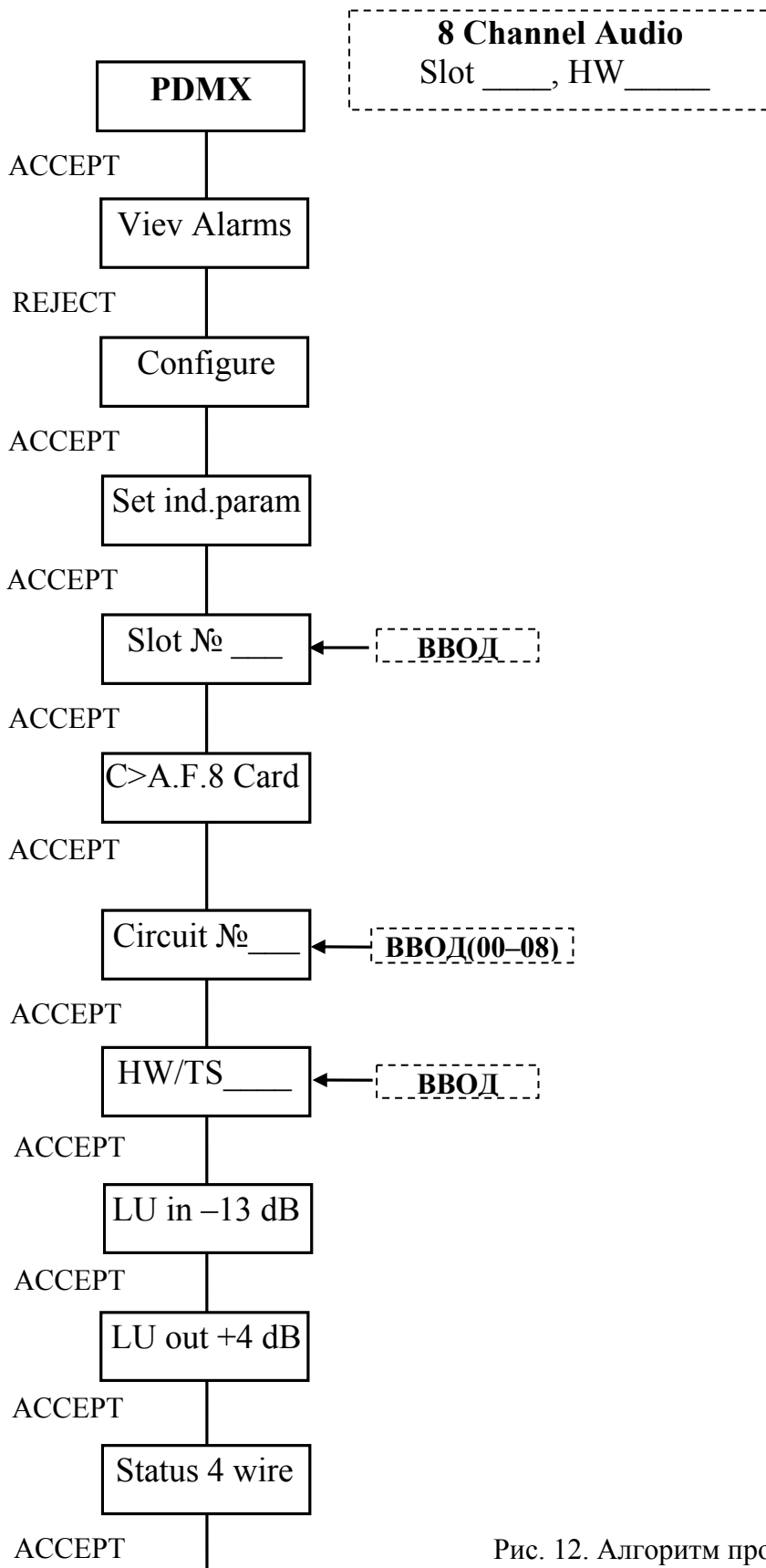


Рис. 12. Алгоритм программирования блока **8 Channel Audio**

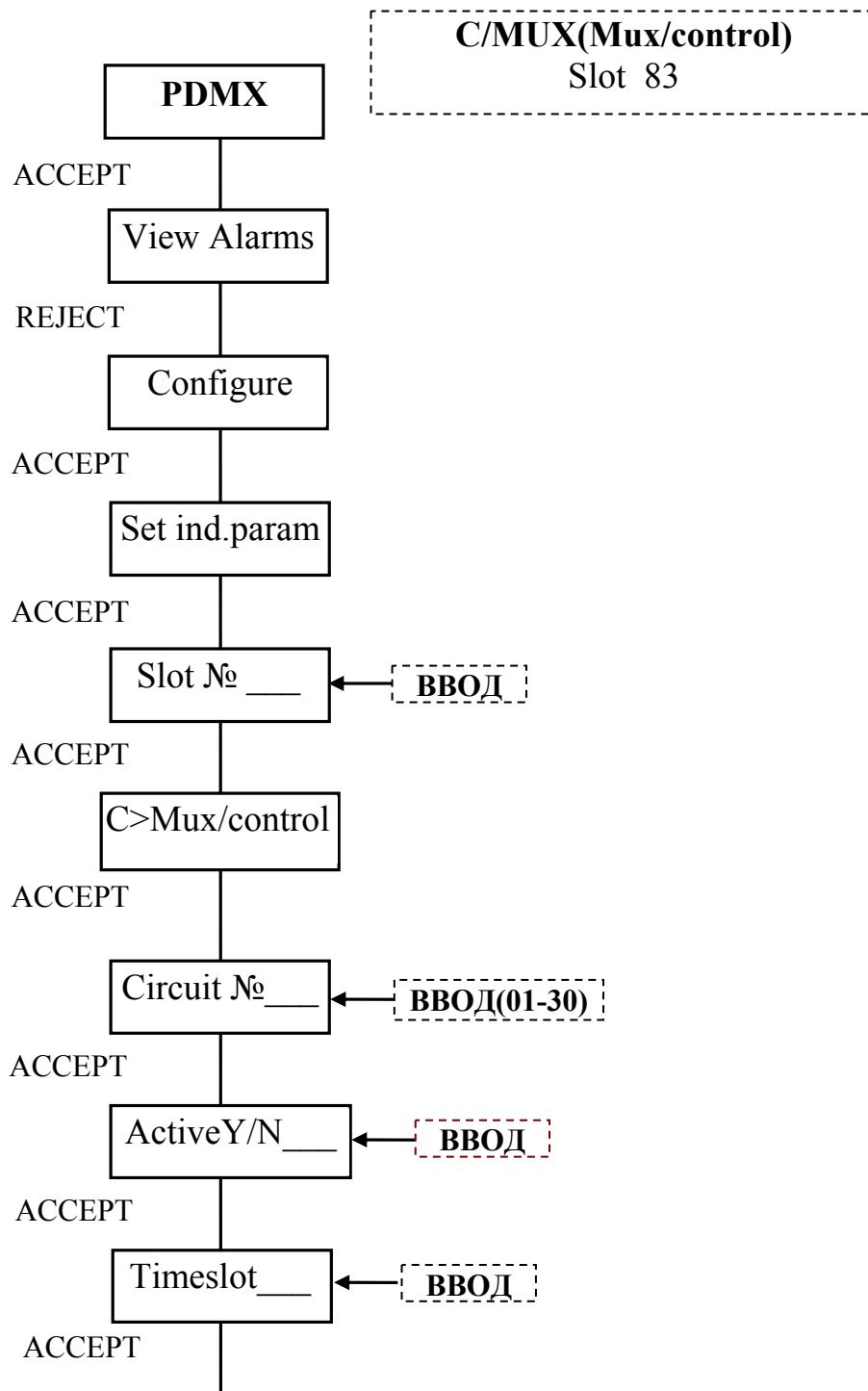


Рис. 13. Алгоритм программирования блока
C/MUX

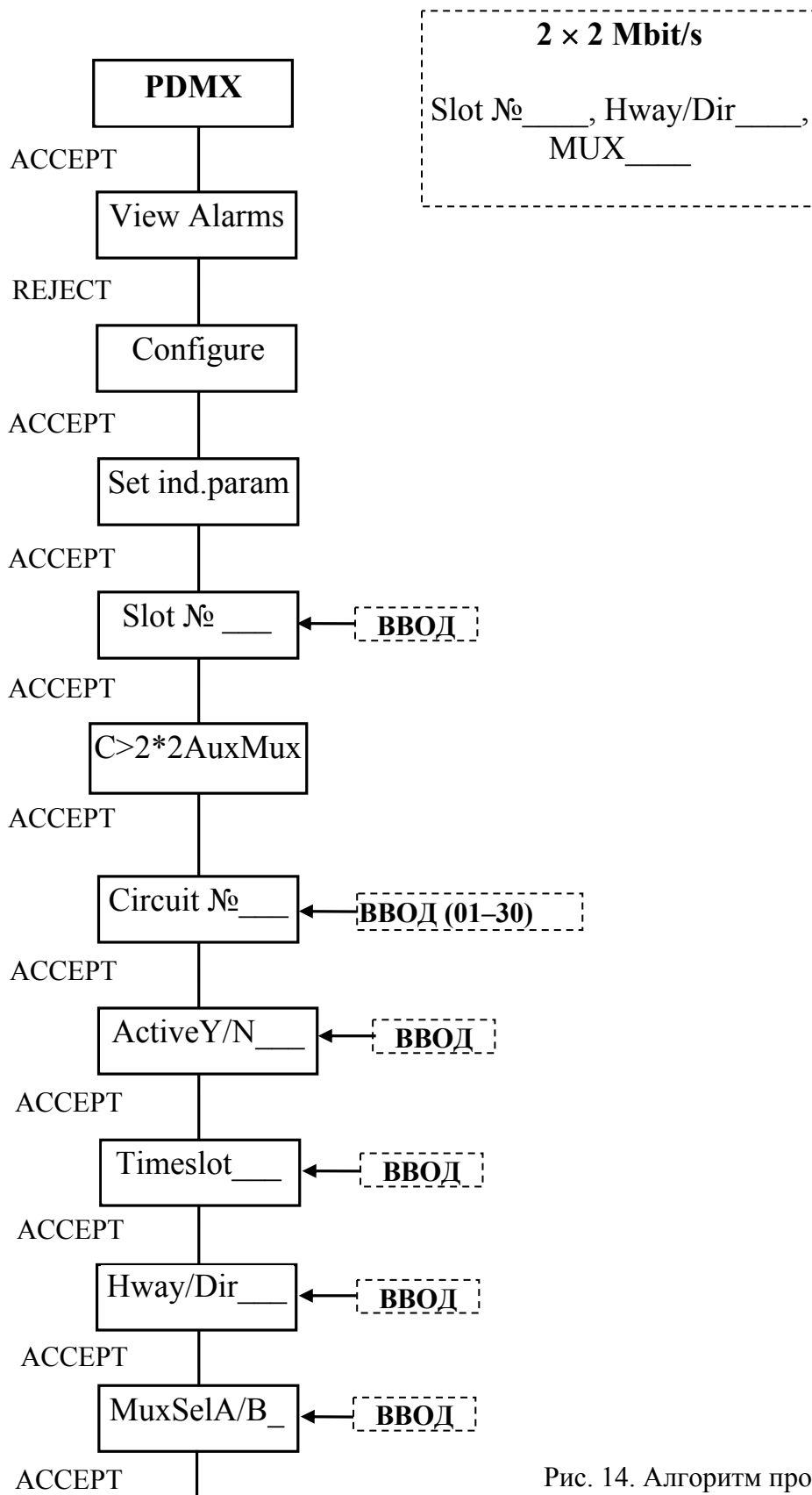


Рис. 14. Алгоритм программирования блока
2 × 2 Mbit/s

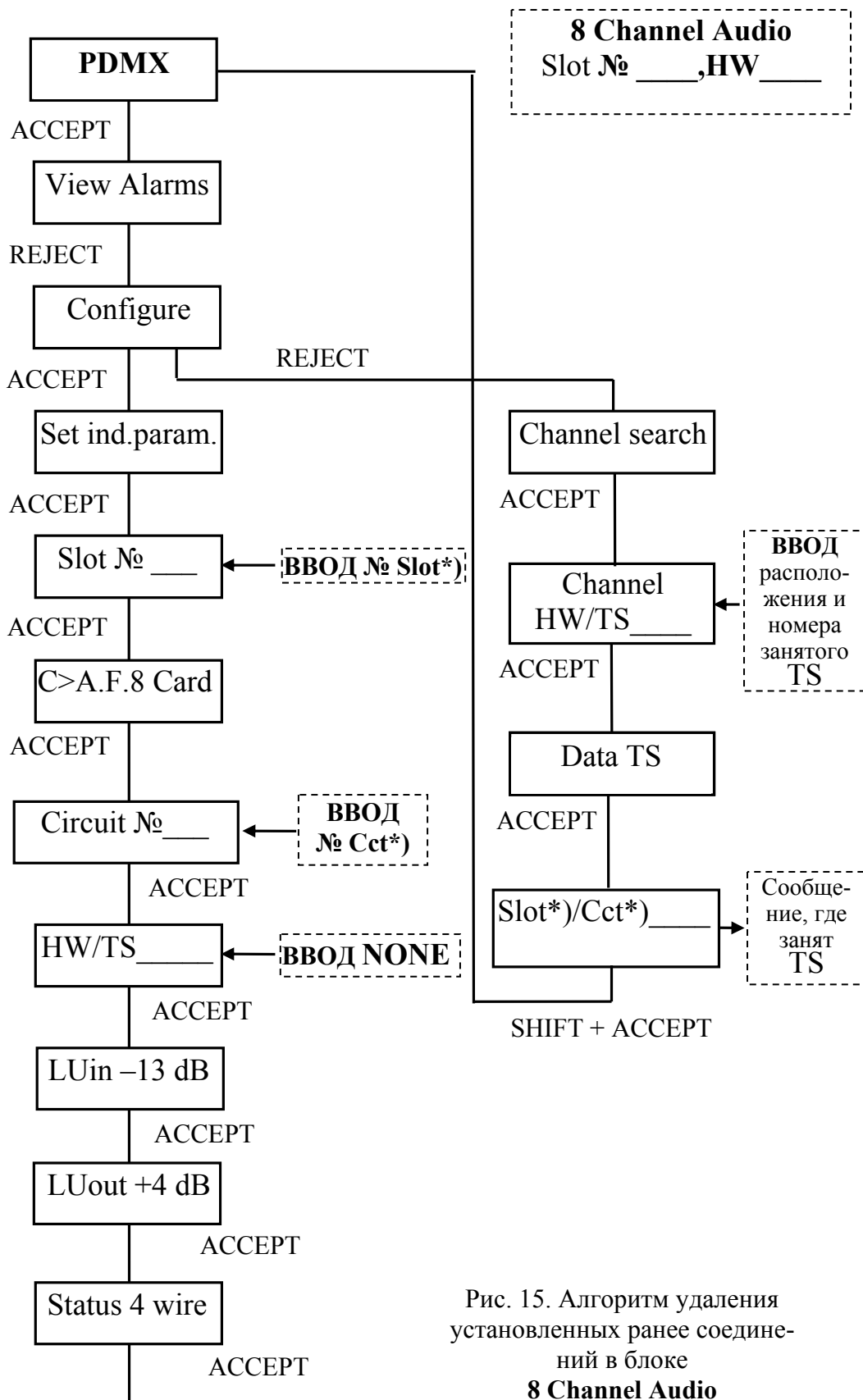


Рис. 15. Алгоритм удаления установленных ранее соединений в блоке **8 Channel Audio**

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Фрагмент сети и функциональную модель с применением компонентов архитектуры фрагмента сети для заданного варианта топологии сети и вида мультиплексов (табл. 3 и 4) и основные параметры сигналов во всех сетевых слоях.
2. Комплектацию **PDMX**.
3. Алгоритмы программирования блоков **PDMX**.
4. Обоснование состояния установленного маршрутного соединения.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение PDMX? Перечислите основные технические характеристики аппаратуры.
2. Какова структура цикла передачи в PDMX?
3. Каково назначение процедуры CRC-4?
4. В чем заключаются функции адаптации и завершения (рис. 7)?
5. Какие параметры необходимо ввести при программировании блока **8 Channel Audio**?
6. Какие параметры необходимо ввести при программировании блока **C/MUX**?

ИЗУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ СЕТЕЙ SDH

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение практической реализации мультиплексоров сети синхронной цифровой иерархии **TN-1X (Transport Node 1X)** фирмы **Northern Telecom** и установление необходимых маршрутных соединений для организации связи на участке транспортной сети заданной топологии с мультиплексорами **TN-1X**.

2. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

2.1. Задание по теоретической части

1. Изучить назначение, структурную схему и комплектацию **TN-1X**.
2. Привести функциональную модель процесса мультиплексирования потока **E12** в агрегатный сигнал **STM-1** в терминах архитектурного представления с указанием основных параметров сигналов на выходах функций адаптации и завершения во всех сетевых слоях. Варианты заданий приведены в табл. 2.

2.2. Задание по расчётной части

Определить положение субблока **TU-12** для заданного потока **E12** в цикле тракта высокого порядка **VC-4** при стандартной схеме группообразования. Номер потока **E12** задаётся преподавателем.

2.3. Задание по экспериментальной части

С целью организации связи установить для заданного потока **E12** необходимые соединения компонентных и агрегатных портов и проверить правильность соединения. Вариант задания определяет преподаватель.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

3.1. Методические указания по изучению теоретической части

Мультиплексоры **TN-1X** разработаны для создания агрегатного сигнала уровня **STM-1** из компонентных потоков **E12**, **E31** и **E32**. Кроме того, возможен режим работы, при котором четыре потока **STM-1** мультиплексируются в агрегатный сигнал **STM-4**. Варианты режимов работы мультиплексоров **TN-1X** с параметрами электрических и оптических портов приведены в табл. 1.

Мультиплексоры **TN-1X** могут работать в сетевых топологиях, приведенных на рис.1–3, как в качестве окончечных мультиплексоров **ОМ (ТМ)**, так и мультиплексоров ввода-вывода **МВВ (ADM)** (табл.2).

Таблица 1

Компонентные сигналы		Компонентные порты		Агрегатные сигналы		Агрегатные порты	
Обозначение	Скорость передачи, кбит/с	Кол-во электр.	Кол-во оптич.	Обозначение	Скорость передачи, кбит/с	Кол-во электр.	Кол-во оптич.
E12	2 048	≤ 63	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
E31	34 368	≤ 4	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
E32	45 736	≤ 4	–	STM-1	155 520	≤ 2	≤ 2
STM-1	155 520	≤ 4	≤ 4	STM-4	622 080	–	≤ 2

Примечание. При организации плезеохронных третичных цифровых трактов только три порта могут использоваться одновременно.

Для организации передачи сигналов STM-1 могут использоваться электрические или оптические порты.

Таблица 2

Топологии участков сети и мультиплексоры

Вариант	Топология	Мультиплексоры
1	Точка–точка	OM – OM
2	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	OM – OM
3	Линейная цепь с функциями ввода–вывода	MBB – OM
4	Кольцо	MBB – MBB
5	Кольцо	MBB – MBB – MBB

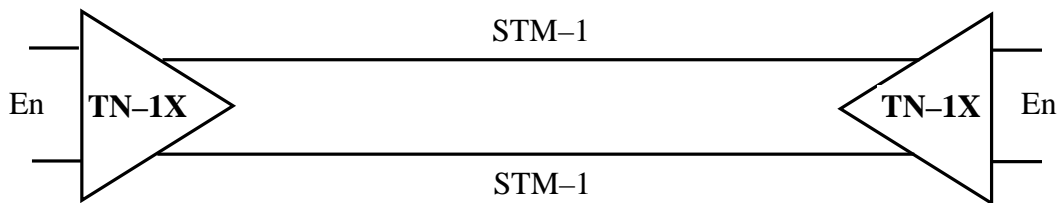


Рис. 1. Топология сети точка–точка

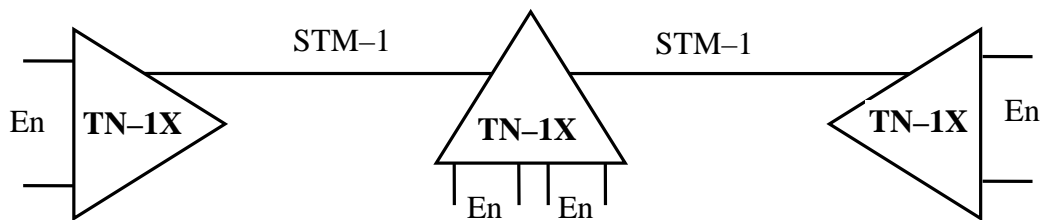


Рис. 2. Топология сети: линейная цепь с функциями ввода-вывода

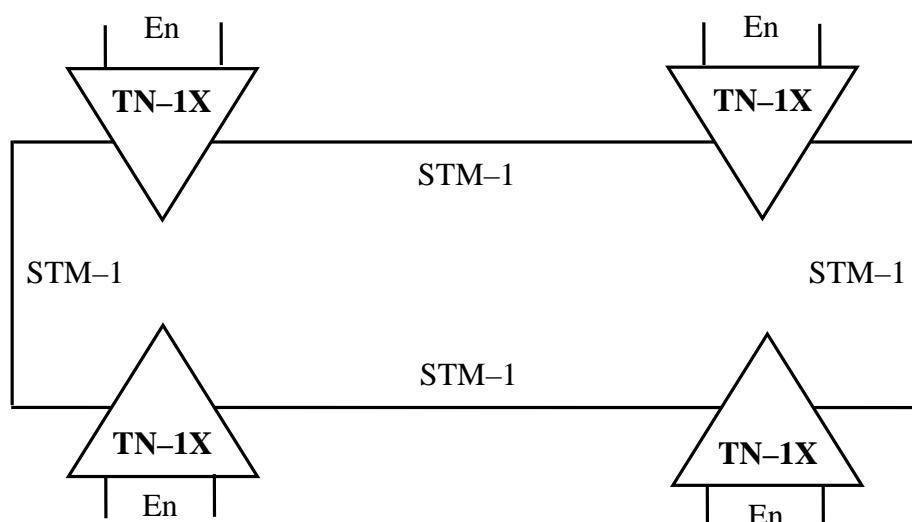


Рис. 3. Топология кольцо

Структурная схема TN-1X приведена на рис.4, сокращения в названиях блоков и сигналов – в табл.3.

Таблица 3

Номер рисунка	Сокращенное название	Полное название	Интерпретация на русском
4		Payload Manager (Main)	Блок управления полезной нагрузки (Основной)
4		Payload Manager (Standby)	Блок управления полезной нагрузки (Резервный)
4	EOW	Engineering Order Wire	Канал служебной связи
5	ASIC	Application Specific Integrated Circuit	Специализированная интегральная схема (компактная схема, разработанная для быстрого выполнения определённых приложений)
5	S	Sequential	Последовательный
5	P	Parallel	Параллельный
5	TSI	Time Slot Interchange	Обмен временными интервалами (тайм-слотами)

Компонентные потоки через стыки G.703 и соответствующие субблоки поступают в блок управления и коммутации полезной нагрузки (**payload manager**). Кроме основного (**main**) блока, имеется также резервный блок (**standby**). Затем сигнал поступает в агрегатный блок, который также резервируется. Таким образом, каждый блок управления и коммутации полезной нагрузки имеет последовательный интерфейс с каждым компонентным и агрегатным блоками. Все интерфейсы состоят из трёх линий в каждом направлении, по которым, кроме сигнала со скоростью 155520 кбит/с, передаются сигналы тактовой синхронизации

155520 кГц и сигнал сверхцикловой синхронизации (данный сверхцикл содержит 48 циклов) с частотой 166,67 Гц.

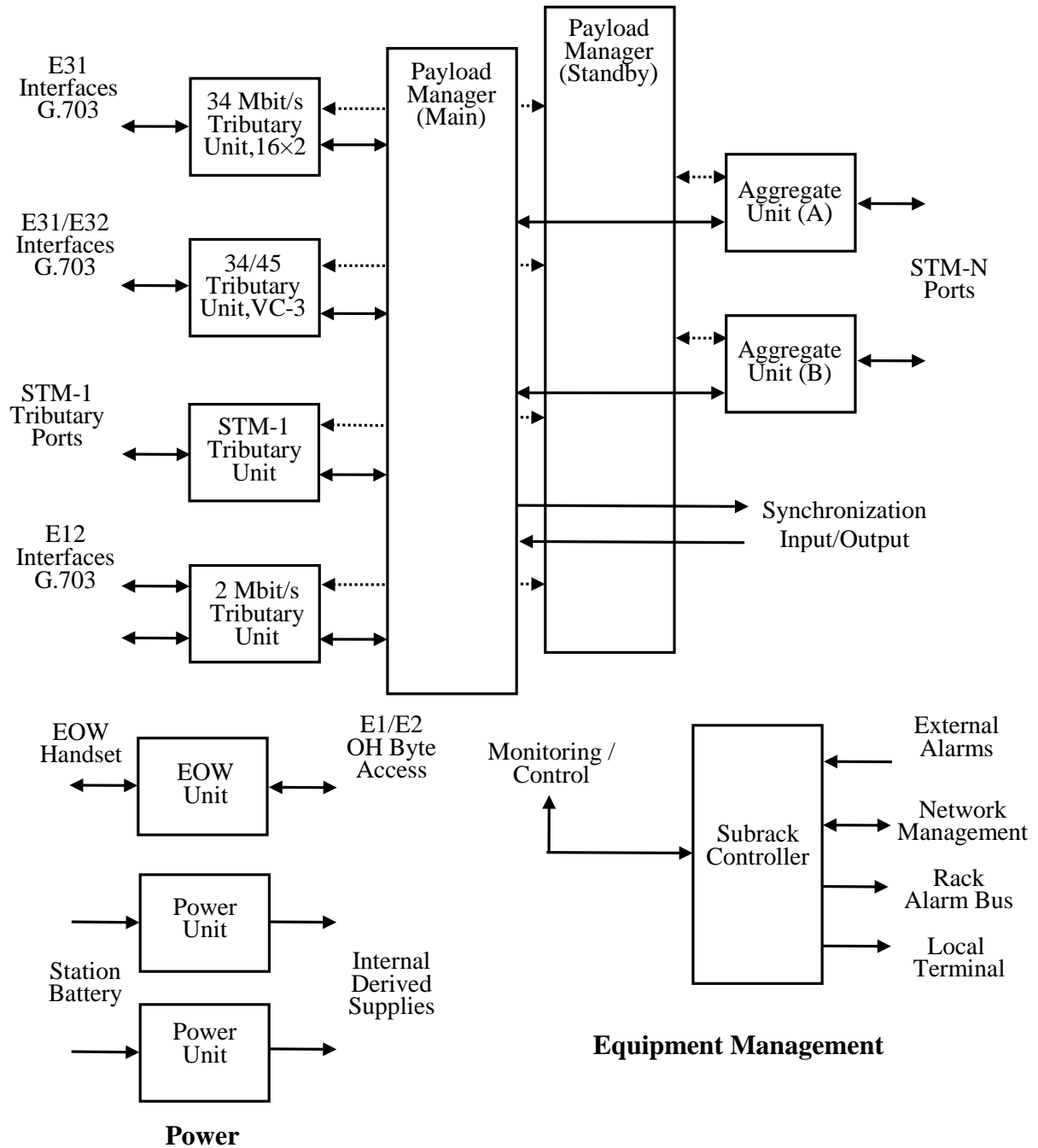


Рис. 4. Структурная схема TN-1X

На рис.4 приведены также блоки питания и блок контроля и сигнализации (**subrack controller**). Кроме того, через блок служебной связи **EOW (Engineering Order Wire)** имеется доступ к байтам **E1/E2** секционных заголовков.

Процесс преобразования сигналов в мультиплексоре **TN-1X** представлен на рис. 5. Комплектация мультиплексора приведена на рис. 6.

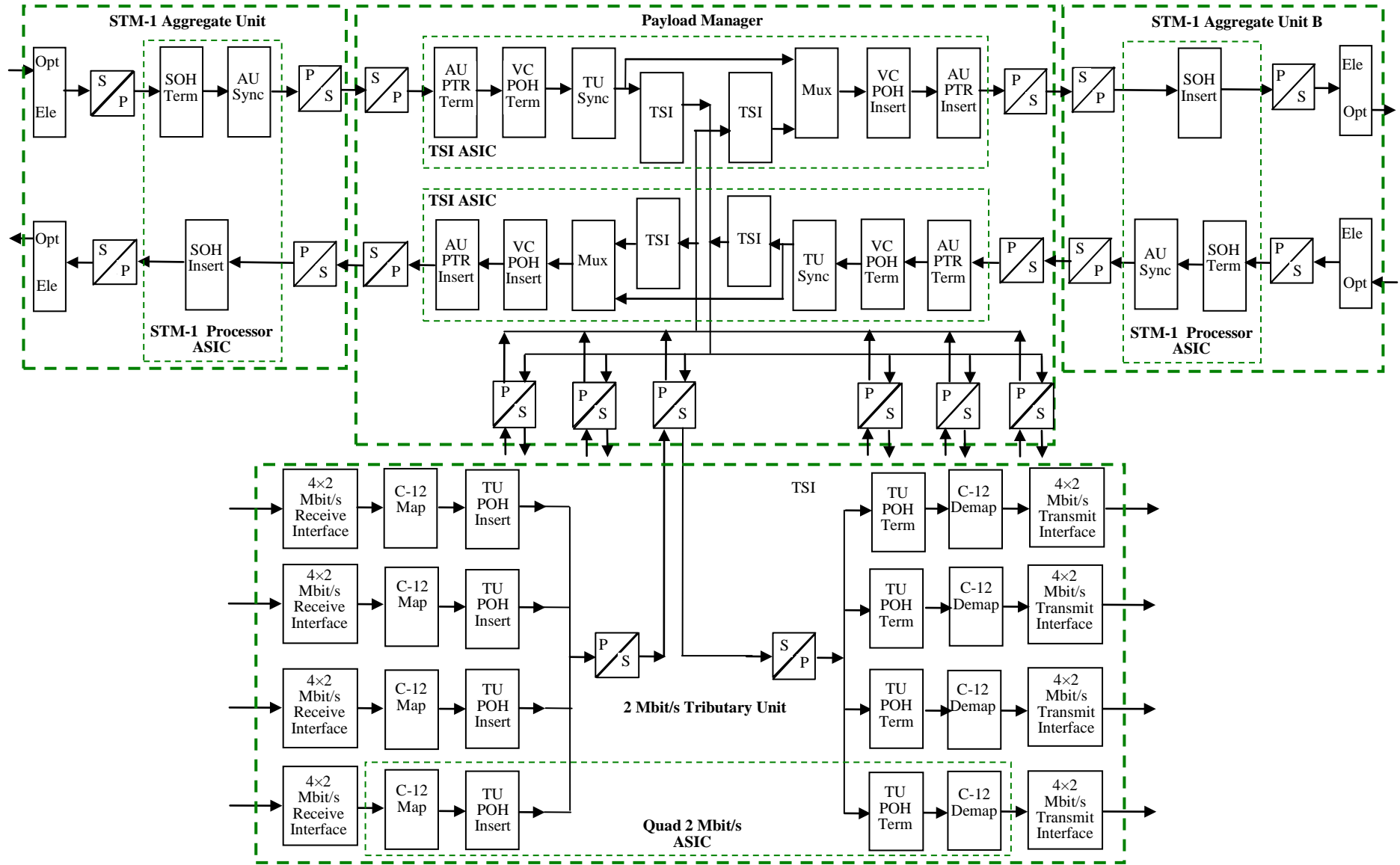


Рис. 5. Преобразование сигналов в мультиплексоре TN-1X

1 6 11 16 21 26 34 42 47 52 57 62 71 80
 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 S11 S12 S13 S14

EOW Unit	Tributary Unit	1:N Protection Tributary Unit/Spare	Tributary Unit	Payload Manager A	Aggregate Unit A	Aggregate Unit B	Payload Manager B	Tributary Unit	Spare	Tributary Unit	Power Unit	Power Unit	Subrack Controller		
Fibre Storage Tray Local Craft Access Panel															
Flexible Access Module	Low Speed Ports 1 to 8 (S2)	Low Speed Ports 9 to 16 (S2)	Not Used	Low Speed Ports 1 to 8 (S4)	Low Speed Ports 9 to 16 (S4)	High Speed Aggregate Ports	Star Card	High Speed Aggregate Ports	Low Speed Ports 1 to 8 (S9)	Low Speed Ports 9 to 16 (S9)	Not Used	Low Speed Ports 1 to 8 (S11)	Low Speed Ports 9 to 16 (S11)	Not Used	Station Service Module

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15 T16
 1 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80

Рис. 6. Комплектация **TN-1X**

Основным элементом агрегатных блоков **STM-1 А** и **В (Aggregate Unit)** является процессор **ASIC**, в котором осуществляется функция завершения путём создания и чтения секционных заголовков, а также функция адаптации, которая заключается в определении положения указателя административного блока.

В блоках **S/P** осуществляется переход от последовательного порта в параллельный.

В блоке управления полезной нагрузки (**Payload Manager**) в направлении приёма предварительно читается указатель административного блока, после этого определяется и анализируется трактовый заголовок виртуального контейнера четвёртого порядка, определяются указатели субблоков, затем функция соединения осуществляет коммутацию субблоков.

Если сигналы **E12** выделяются в данном мультиплексоре, то процесс выделения его в **TSI** показан ниже. В этом случае определяется и читается указатель субблока, читается трактовый заголовок **VC-12** и производится разборка контейнера **C-12**.

Разработка функциональной модели процедуры мультиплексирования в терминах архитектуры и определение основных параметров сигналов могут быть выполнены по вариантам табл. 2.

3.2. Методические указания по выполнению расчётной части

Местоположение **TU-12** в цикле **VC-4** может быть определено по адресу **TU-12** и структуре цикла **VC-4** (рис. 7–9). Для сигнала **TU-12** в цикле **VC-4** используются четыре столбца (колонки). Номера столбцов (колонок) могут быть рассчитаны по формуле:

$$X(i) = 10 + (K - 1) + 3 \cdot (L - 1) + 21 \cdot (M - 1) + 63 \cdot (i - 1),$$

где i принимает значения от 1 до 4,

K – номер TUG-3 в VC-4 (от 1 до 3),

L – номер TUG-2 в TUG-3 (от 1 до 7),

M – номер TU-12 в TUG-2 (от 1 до 3).

Значения K , L и M при стандартной схеме группообразования полностью определяются номером компонентного сигнала $N_{\text{кc}}$.

$$K = \left\lceil \frac{N_{\text{кc}}}{21} \right\rceil, \quad L = \left\lceil \frac{N_{\text{кc}} - (K - 1) \cdot 21}{3} \right\rceil, \quad M = (N_{\text{кc}}) \bmod(3)^1,$$

если $(N_{\text{кc}}) \bmod(3) = 0$, то $M = 3$.

На рис. 10 показан ввод потоков **E12** в **STM-1** в мультиплексоре **TN-1X**.

Исходные данные для выполнения работы могут быть заданы преподавателем. Примеры приведены в табл. 4.

¹ $(X) \bmod(y)$ – остаток от деления X на y .

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4	
VC-4 P O H					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	...	1	2	3	1	2	3	Номер временного интервала
																																						...	1	2	3	1	2	3	Адрес:
																																						...	0	0	0	0	0	0	К
																																						...	0	0	0	0	0	0	L
																																						...	0	0	0	0	0	0	M

Рис. 7. Нумерация TU-3 в VC-4

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4		
VC-4 P O H											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	1	2	3	4	5	6	...	16	17	18	19	20	21	Номер временного интервала	
																																							...	1	2	3	1	2	3	Адрес:
												1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	1	1	1	2	2	2	...	6	6	6	7	7	7	К
												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	L
																																							...	0	0	0	0	0	0	M

Рис. 8. Нумерация TU-2 в VC-4

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	...	256	257	258	259	260	261	Номер столбца VC-4			
VC-4 P O H											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	...	58	59	60	61	62	63	Номер временного интервала		
																																								...	1	2	3	1	2	3	Адрес:
												1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	1	1	1	2	2	2	...	6	6	6	7	7	7	К	
												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	...	3	3	3	3	3	3	L	
																																								...	0	0	0	0	0	0	M

Рис. 9. Нумерация TU-12 в VC-4

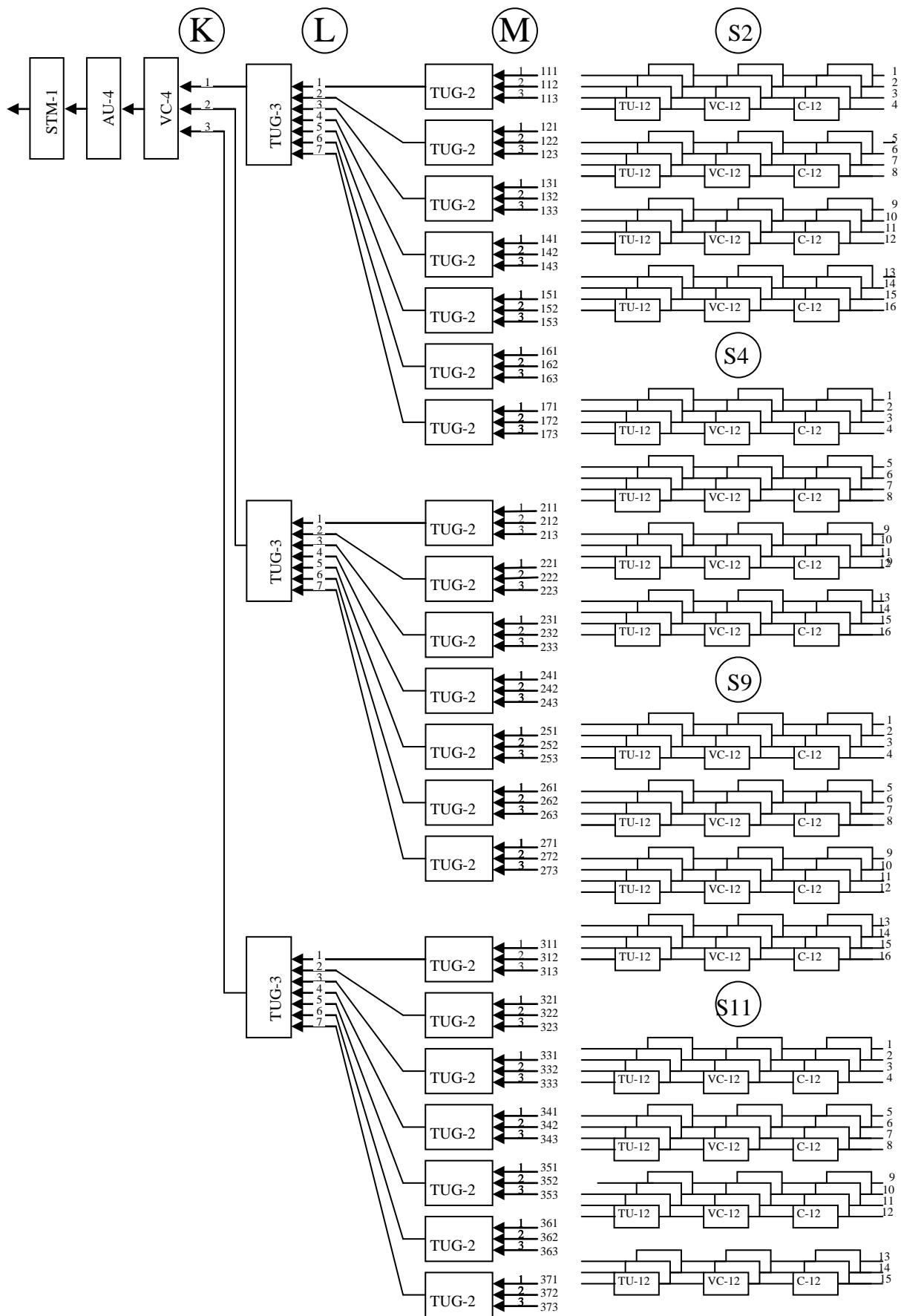


Рис. 10. Ввод компонентных потоков 2 Мбит/с в STM-1, используемый в мультиплексоре TN-1X фирмы Northern Telecom

Исходные данные

Вариант	Номер рабочего места	Агрегатные блоки					Компонентные блоки	
		Aggregate Unit	AU4	K	L	M	Tributary Unit	Номер порта
01	1	S6	J1	1	1	1	S2	1
02	1	S6	J1	2	2	1	S2	2
03	1	S6	J1	3	3	2	S2	3
04	1	S6	J1	3	4	3	S2	4
05	1	S6	J1	2	5	3	S2	1
06	1	S7	J1	1	6	2	S2	2
07	1	S7	J1	1	7	1	S2	3
08	2	S7	J1	2	7	1	S11	4
09	2	S7	J1	3	6	2	S11	1
10	2	S7	J1	3	5	3	S11	2
11	2	S6	J1	2	4	3	S11	3
12	2	S6	J1	1	3	2	S11	4
13	2	S6	J1	1	2	1	S11	1
14	2	S6	J1	2	1	1	S11	2
15	3	S6	J1	3	1	2	S2	3
16	3	S7	J1	3	2	3	S2	4
17	3	S7	J1	2	3	3	S2	1
18	3	S7	J1	1	4	2	S2	2
19	3	S7	J1	1	5	1	S2	3
20	3	S7	J1	2	6	1	S2	4
21	3	S6	J1	2	7	2	S2	1
22	4	S6	J1	3	7	2	S2	2
23	4	S6	J1	3	6	3	S2	3
24	4	S6	J1	2	5	3	S2	4
25	4	S6	J1	1	4	2	S2	1

3.3. Методические указания к выполнению экспериментальной части

Экспериментальная часть работы состоит в установлении соединения для потока со скоростью 2 Мбит/с между двумя мультиплексорами **MUX-1 – MUX-2** или **MUX-3 – MUX-4** в соответствии с Заданием и проверке правильности установки этого соединения.

Для выполнения эксперимента необходимо:

1. Обеспечить доступ к программному обеспечению **TN-1X**.
2. Удалить все ранее установленные соединения.
3. Удалить все ранее установленные шлейфы.
4. Установить новое соединение согласно Заданию. Примеры заданий приведены в табл. 5, оборудование – на рис. 11 и 12..
5. Подключить «Анализатор PDH» к соответствующему порту одного из мультиплексоров, участвующего в установлении соединения, на другом мультиплексоре установить шлейф по сигналу E12.
6. Привести обоснование состояния установленного соединения по данным табл. 6 и показаниям «Анализатора PDH» .

Таблица 5

Вариант	Соединение			
	MUX-1		MUX-2	
	Порт	KLM, адрес TU-12 в VC-4	KLM, адрес TU-12 в VC-4	Порт
1	S2-6	111	111	S11-4
2	S2-7	171	171	S11-2
3	S2-1	221	211	S11-3
4	S2-2	311	311	S11-6
5	S2-3	333	333	S11-7
6	S2-4	252	252	S11-1
7	S2-5	143	143	S11-5

Вариант	Соединение			
	MUX-3		MUX-4	
	Порт	KLM, адрес TU-12 в VC-4	KLM, адрес TU-12 в VC-4	Порт
8	S2-1	322	322	S2-4
9	S2-2	273	273	S2-5
10	S2-3	132	132	S2-6
11	S2-4	163	163	S2-7
12	S2-5	242	242	S2-1
13	S2-6	353	353	S2-2
14	S2-7	261	261	S2-3

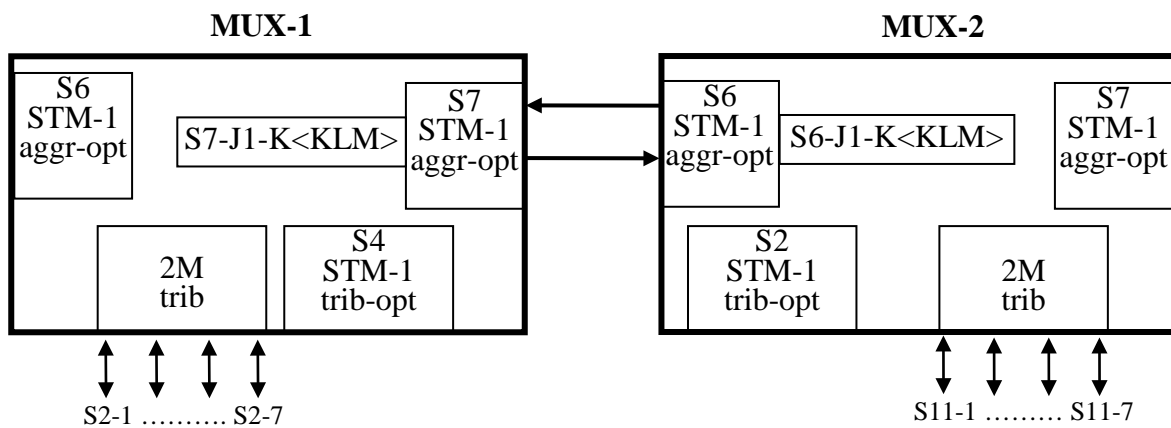


Рис. 11. Оборудование мультиплексоров 1 и 2

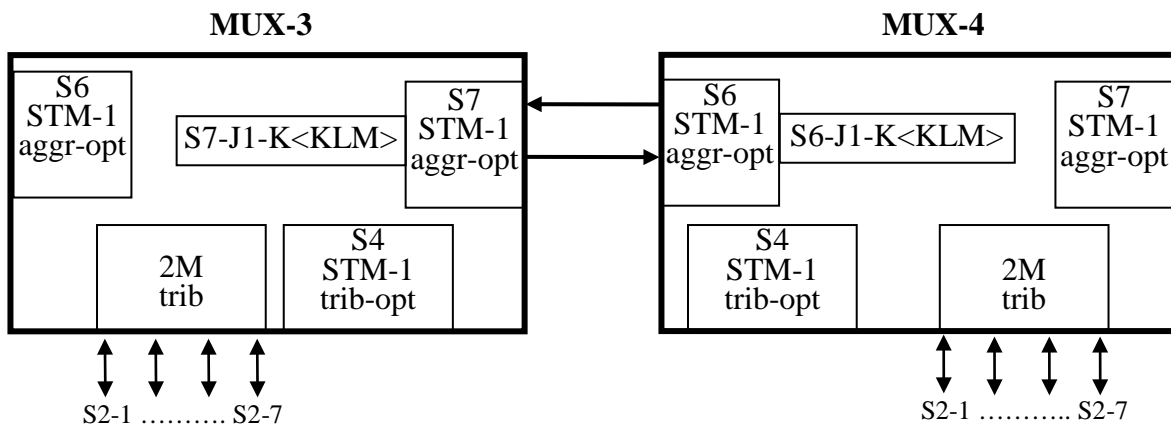


Рис. 12. Оборудование мультиплексоров 3 и 4

1. Установление соединения между компьютером и мультиплексором TN-1X

Возможна следующая последовательность установления соединения между компьютером и мультиплексором **TN-1X**:

- на рабочем столе выберите значок терминала «**PuTTY**»;
- в открывшемся окне (рис. 13) выберите тип соединения «**Serial**» и установите скорость обмена **19200 бит/с**;
- нажмите клавишу «**Open**»;

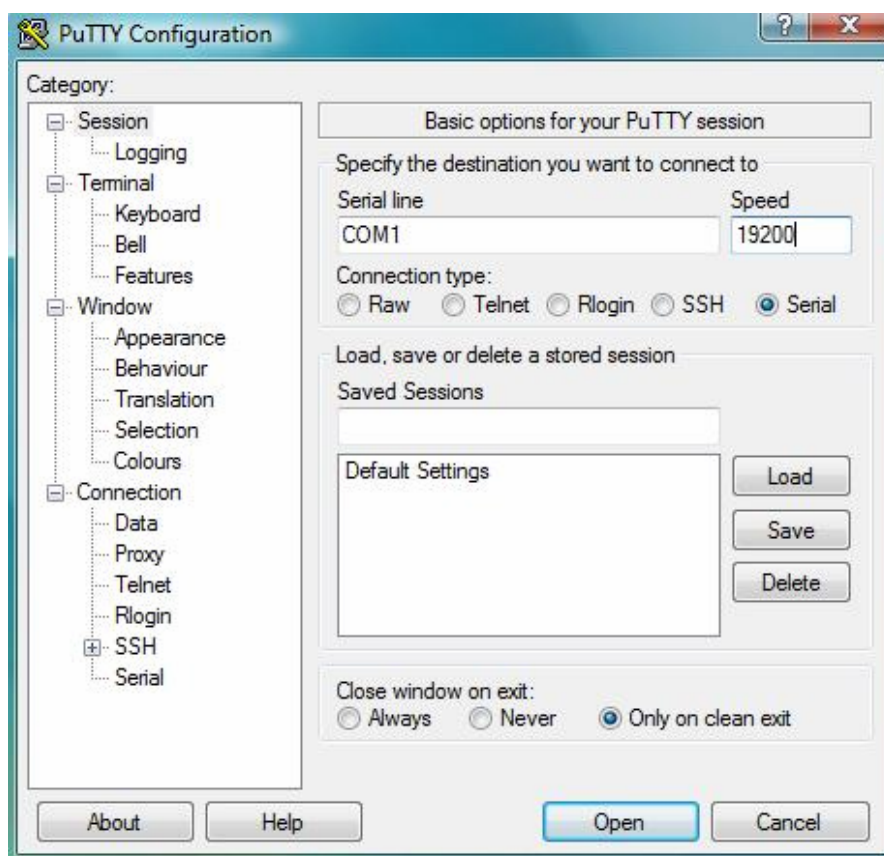


Рис. 13.

- откроется окно Терминала. Если не нравится «белое на чёрном», то войдите в меню **Change Setting** (левый верхний угол) и установите цвет фона (**Default Background**) и цвет шрифта (**Default Foreground**);
- нажмите клавишу **Enter**;
- отвечайте на запросы Программы:

Запрос Программы	Ответ
login	oper1
password	qwerty
identification	name

Набор символов пароля никак не отражается в рабочем окне.

Если всё правильно, то на экране появятся сведения о состоянии мультиплексора и **Главное Меню** Программы:

Config/, View_status/, Session/, Admin/, Maint/, Diagnostic/, Logout

Здесь и далее для быстрого вызова достаточно набрать строчные буквы, которые соответствуют выделенным заглавным буквам в имени пункта Меню.

Далее на экране видим отчёт о состоянии аварийных сигналов. Полезно ознакомиться с его оформлением и теми сокращениями, которые при этом используются. Фрагмент такого отчёта приведен в табл. 6. Примечание с пояснениями на экран не выводится.

Таблица 6

51, Alarm Status							
511,	HP-TIM,	S4-1-J1,	Present,	M,	D,	0447,	STM-1o
511,	HP-TIM,	S6-1-J1,	Present,	M,	D,	0739,	A-1o,
511,	HP-TIM,	S7-1-J1,	Present,	M,	D,	0740,	B-1o,
511,	NE-Lan_ Alarm,	S14,	Present,	C	P,	0007,	SRC.
Примечан ие.	Аварийные сигналы	Место возникнове ния	Состояние аварийного сигнала: Present/ Cleared – Присутствует/ Очищен	Важность аварийного сигнала: (C)ritical – Критический , (M)ajor – Важный, (m)inor – Незначитель ный, Disconnected (X) – Отключивши йся	Категория аварийного сигнала: (P)rompt – Срочный, (D)eferred – Отложенный , (i)nstation – Текущий, (W)arning – Предупрежд ение	Уникально е число (1 ÷ 65535)	Вид трафика

Для пользования многоуровневым Меню желательно запомнить вспомогательные команды, которые завершают перечень команд каждого подменю:

***=up, ~=root**

Первая команда позволяет вернуться по Меню на один шаг назад

***=up (*Enter),**

вторая – вернуться в Главное Меню

~=root(Shift+~).

Программным обеспечением мультиплексора предусмотрено ограничение неиспользуемого времени сеанса соединения длительностью 15 минут, после чего соединение разрывается. Для ликвидации этого неудобства можно вести команду, которая снимает это ограничение:

Session / Auto_logout / set 0 (s a s 0).

При желании можно установить текущую дату и время. Для этого можно ввести команду:

Maint /Operations / Clock / align <dd/mm/yyyy> <hh:mm:ss>.

2. Удаление соединений

Снятие ранее установленных соединений следует начать с просмотра существующих соединений. Для этого необходимо войти в Меню и набрать

Config / coNnections / View /Connected,

для быстрого вызова достаточно набрать строчные буквы, которые соответствуют выделенным заглавным буквам

(c n v c).

Далее возможно появление разных сообщений:

– в мультиплексоре есть соединения;

– в мультиплексоре нет соединений.

Если в мультиплексоре есть соединения, то сообщение примерно имеет вид:

25, Connections

251, S6-1-J1-K111, S7-1-J1-K111, BI,

Ulabel = S7-1-J1-K111,

Если в мультиплексоре нет соединений, то сообщение имеет вид:

25, Connections;

При наличии соединений для их удаления следует набрать команду, которая аннулирует все соединения в мультиплексоре

Config / coNnections / aLl_disconnect (c n l).

Затем необходимо проверить, все ли соединения удалены, и набрать команду

Config / coNnections / View /Connected, (c n v c).

3. Удаление шлейфов

Алгоритм снятия ранее установленных шлейфов аналогичен выше описанному за исключением того, что шлейфы удаляются по одному. Это требует запоминания результатов просмотра. Для просмотра существующих шлейфов следует набрать команду:

Diagnostic / Loopback / View (d l v)/

При наличии шлейфа сообщение может иметь вид

31, Loopback Configuration

311, S6-1, Loopback = Local.

В сообщении указан порт (S6-1), на котором установлен шлейф.

При отсутствии шлейфа появится сообщение:

31, Loopback Configuration;

Для снятия шлейфа необходимо набрать команду:

Diagnostic / Loopback / Clr S6-1 (d l c S6-1),

а затем проверить, что шлейф удалён. Для этого опять набрать команду

Diagnostic / Loopback / View (d l v)/

4. Установка новых соединений в TN-1X

В Задании на лабораторную работу указаны адреса блоков TU-12 в цикле VC-4 (KLM) для агрегатных портов и номера компонентных портов, между которыми необходимо установить соединение.

Для выполнения соединения в каждом мультиплексоре следует набрать команду:

Config / coNnections / Connect <SDH_aggr_payload>, <PDH_port>

или

(c n c <SDH_aggr_payload>, <PDH_port>),

где **<SDH_aggr_payload>** – **S<slot>-J<AU4>-K<KLM>**;

а **<PDH_port>** – **S<slot>-<port>**.

Для просмотра соединения необходимо набрать команду

Config / coNnections / View / Connected, (c n v c).

и убедиться, что соединение действительно установлено, если сообщение будет иметь вид:

**25, Connections
251, S6-1-J1-K111, S2-5,**

5. Подключение «Анализатора PDH» к одному из направлений установленного соединения

На рис. 14 представлен внешний вид кросса цифровых потоков 2 Мбит/с, который в данной работе используется для подключения анализатора. На рисунке указаны номера мультиплексоров и номера портов, выведенные на гнезда.

Анализатор PDH (это может быть «Морион Е1») необходимо подключить к порту на одной стороне соединения, на другой стороне устанавливается шлейф.

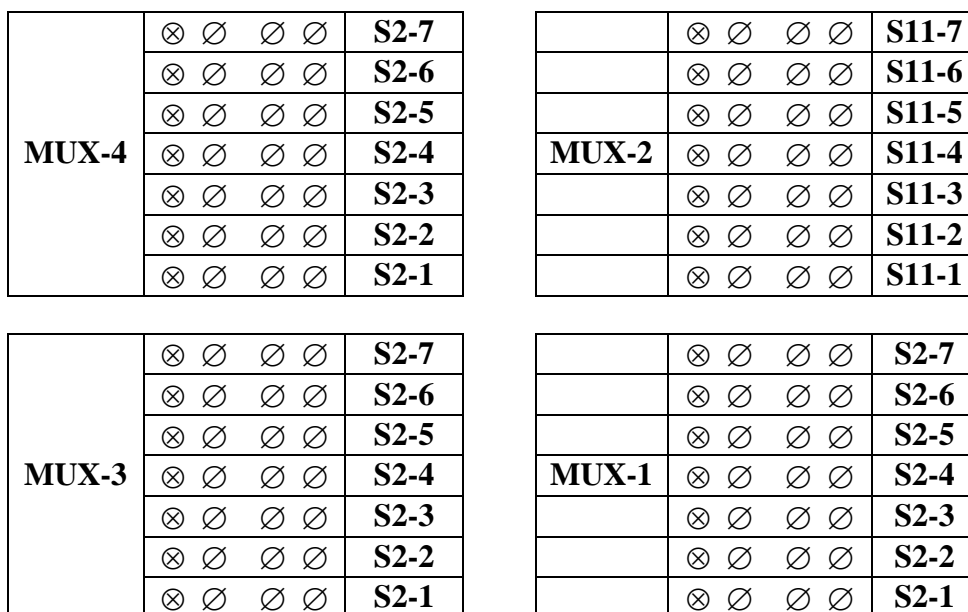


Рис. 14. Кросс потоков 2М

6. Обоснование состояния установленного соединения

Если соединение установлено правильно, то в сетевых слоях отсутствуют дефекты (табл. 7). Сигналы аварии выключены. Анализатор PDH показывает отсутствие 10 последовательных секунд поражённых ошибками (SES). Это позволяет обосновать, что для тракта определяется период готовности.

Таблица 7.

Сигналы дефектов в сетевых слоях

Сетевые слои	Дефекты ближнего конца	Дефекты дальнего конца
VC-12	LP TIM LP PLM	LP RDI
VC-4	HP TIM HP PLM TU LOP HP LOM	HP RDI
STM-1 MS	AU LOP	
STM-1 RS	RS TIM LOF	
STM-1 OS	LOS	

Примечание.

- **LP TIM** (Lower order Path Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы тракта низкого порядка;
- **LP PLM** (Lower order Path Payload Mismatch) – несовпадение полезной нагрузки тракта низкого порядка;
- **HP TIM** (High order Path Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы тракта высокого порядка;
- **HP PLM** (High order Path Payload Mismatch) – несовпадение полезной нагрузки тракта высокого порядка;
- **TU LOP** (Tributary Unit Loss of Pointer) – потеря указателя субблока;
- **HP LOM** (High order Path Loss of Multiframe) – потеря сверхциклового синхросигнала тракта низкого порядка;
- **AU LOP** (Administrative Unit Loss of Pointer) – потеря указателя административного блока;
- **RS TIM** (Regenerator Section Trace Identifier Mismatch) – несовпадение идентификатора трассы регенерационной секции;
- **LOF** (Loss of Frame) – потеря цикла;
- **LOS** (Loss of Signal) – потеря сигнала;
- **LP RDI** (Lower order Path Remote Defect Indication) – индикация дефекта удаленного конца тракта низкого порядка;
- **HP RDI** (High order Path Remote Defect Indication) – индикация дефекта удаленного конца тракта высокого порядка.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчёт должен содержать:

1. Архитектурное представление или функциональные модели фрагмента сети для заданного варианта топологии сети и вида мультиплексоров (табл. 2) и основные параметры сигналов во всех сетевых слоях.
2. Положение субблока TU-12 для заданного потока E-12 в цикле VC-4.
3. Последовательность в установлении соединения.
4. Обоснование правильности установки соединения.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №6 Изучение кодека ДМ.....	3
Лабораторная работа №7 Изучение цифровой коррекции с управляемыми вставками.....	11
Лабораторная работа №8 Изучение оконечной станции первичной ЦСП (ИКМ-30).....	23
Лабораторная работа №9 Изучение программируемого цифрового мультиплексора PDMX..	36
Лабораторная работа №10 Изучение мультиплексоров сетей SDH.....	56

**Матюхин Александр Юрьевич
Анин Валерий Васильевич
Волчков Артем Борисович
Гришин Илья Владимирович
Комарова Ксения Александровна
Лобастова Мария Викторовна
Подгайский Александр Григорьевич
Рафиков Дмитрий Геннадьевич
Ульянов Андрей Викторович
Федорова Елена Леонтьевна**

**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ**

Лабораторный практикум

Часть 2

Редактор ...

Компьютерная верстка ...

План издания 2016 г., п. 42

Подписано к печати

Объем ... усл.-печ. л. Тираж ... экз. Заказ ...

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
191186 СПб., наб. р. Мойки, 61

Отпечатано в СПбГУТ