

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Специальность 230101 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
Кафедра вычислительной техники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы			
Разработка модуля мультиплексора 2ЕЗ-32Е1			
УДК <u>004.724.2:621.39</u>			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8301	Лизогуб Н. С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ВТ	Цыганков Ю.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский В.Ю.	к.т.н доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и БЖД	Извеков В.Н.	к.э.н доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	5
ЗАДАНИЕ	7
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ	13
ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 ИЗУЧЕНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ.....	18
1.1 Виды каналов передачи информации.....	18
1.2 Радиорелейные линии связи	19
1.3 Принципы построения аппаратуры РРЛ	20
1.4 Технологии организации транспортных систем передачи информации	22
1.4.1 Плезеиохронная цифровая иерархия (PDH).....	22
1.4.2 Синхронная цифровая иерархия (SDH).....	25
2 ОБЗОР АНАЛОГОВ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	28
2.1 Мультиплексор фирмы CRONYX FMUX/16E1-M-ETV	28
2.2 Мультиплексор E3 / 16xE1 G.703 + Ethernet 10/100 BASE-TX фирмы ООО «ЛОИС».....	30
2.3 Преимущества и недостатки модуля мультиплексора 32xE1-2E3	33
3 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	34
3.1 Анализ ТЗ и разработка структурной схемы	34
3.2 Выводы по главе	36
4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	37
4.1 Состав и назначение блоков функциональной схемы	37
4.2 Выводы по главе	40
5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПЛАТЫ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	41
5.1 Обоснование элементной базы.....	41
5.1.1 ПЛИС.....	41
5.1.2 Сетевой коммутатор.....	45
5.1.3 Интерфейсные схемы E1	45
5.1.4 Интерфейсные схемы E3	46
5.2 Описание принципиальной схемы платы мультиплексора	47
5.3 Выводы по главе	55
6 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ.....	56
6.1 Алгоритм работы программы.....	56

6.1.1	Алгоритм работы коммутатора E1	56
6.1.2	Алгоритм работы мультиплексора и демультимплексора E3.....	61
6.1.3	Алгоритм работы блока согласование скоростей выходного потока с коммутатором Ethernet.....	63
6.1.4	Алгоритм работы блока мультиплексора демультимплексора Ethernet с возможность работы в режиме 2+0.	63
6.2	Выводы по главе	64
7	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	65
7.1	Определение класса точности печатной платы.	65
7.2	Разработка печатной платы	66
7.3	Выводы по главе	68
8	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	69
8.1	Технические требования к «Модулю мультиплексора 32xE1-2Ex3».	69
8.2	Методики испытаний.	70
8.2.1	Методика проверки мультиплексирования демультимплексирования каналов E1 в E3.....	70
8.2.2	Методика проверки коммутации E1 в таймслота E3.	71
8.2.3	Методика проверка упаковки Ethernet в таймслота E3 изменение пропускной способности.	72
8.3	Выводы по главе	74
9	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	75
9.1	Организация и планирование работ	75
9.1.1	Продолжительность этапов работ	76
9.1.2	Расчет накопления готовности проекта.....	79
9.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	79
9.2.1	Расчет затрат на материалы	80
9.2.2	Расчет заработной платы.....	80
9.2.3	Расчет затрат на социальный налог.....	81
9.2.1	Расчет затрат на электроэнергию	81
9.2.1	Расчет амортизационных расходов.....	82
9.2.2	Расчет прочих расходов.....	83
9.2.3	Расчет общей себестоимости разработки	83
9.2.4	Расчет прибыли	84
9.2.5	Расчет НДС	84
9.2.6	Цена разработки НИР	84

9.3	Оценка экономической эффективности проекта.....	85
9.3.1	Оценка научно-технического уровня НИР.....	85
10	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	87
10.1	Аннотация.....	87
10.2	Введение.....	88
10.3	Производственная безопасность.....	88
10.3.1	Анализ опасных и вредных факторов, возникающие при проведении исследования.....	89
10.3.2	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	92
10.4	Экологическая безопасность.....	94
10.4.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	94
10.4.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	94
10.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
10.5.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	96
10.5.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	96
10.6	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	101
10.6.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	101
10.6.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	101
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	104
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	105
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.1 Протокол испытаний.....	107
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.2 Протокол испытаний.....	110
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.3 Протокол испытаний.....	113
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Спецификация.....	115
	ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень элементов.....	124
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г Модуль мультиплексора 32xE1-E3. Схема электрическая функциональная Э2	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д ПЛИС. Схема электрическая функциональная Э2	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е Плата мультиплексора. Схема электрическая принципиальная Э3	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Плата мультиплексора. Сборочный чертеж СБ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ З Плата мультиплексора. Чертеж печатной платы	
	ПРИЛОЖЕНИЕ И Проверка на плагиат	

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 127 с., _____ 14 рис., _____ 17 табл., _____ 28 источников, _____ 8 прил.

Ключевые слова: радио релейная линия связи, мультиплексор, демультимплексор, телекоммуникация, плезиохронная цифровая иерархия, канал E1, канал E3, Ethernet, ПЛИС, quartus, altium, questa.

Объектом исследования является: Построение цифровых систем на базе плезиохронной цифровой иерархии.

Цель работы – разработка прибора «Модуль мультиплексора 32E1 2E3» для расширения функциональных характеристик радиорелейных станций типа МИК РЛ4...12Р+ либо самостоятельно, как мультиплексор ввода/вывода.

В процессе исследования проводились разработка структурной, принципиальной, функциональной схем, печатной платы, прошивка для ПЛИС написанная на языке system verilog а также проведены испытания опытных образцов.

В результате исследования: Разработан прибор «Модуль мультиплексора 32E1 2E3».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Количество портов E3 – 2; количество портов E1 – 2×16; количество портов Ethernet – 4; возможность передачи с транспортными каналами E1 канала Ethernet; пропускная способность канала Ethernet – до 32 E1; дискрет регулирования пропускной способности Ethernet – 1E1; реализация режима 2+0 по каналам E3; реализация режима 1+1 передачи E3 с резервированием канала; возможность перекоммутация любого E1 с любым E1 в тайм слотах E3; встроенный коммутатор соответствует IEEE 802.3 IEEE 802.3u IEEE 802.3z;

интерфейс Ethernet – один 10/100 BASE-T на управление; два 10/100 BASE-T и один 1000 BASE-LX пользовательские; интерфейс E3 – не симметричная линия 75 Ом, код HDB-3 – оптическая одномодовая линия, код СМІ, λ=1310нм; интерфейс E1 – симметричная линия 120 Ом, код HDB-3;

синхронизация – внутренняя, внешняя, E1; параметры электропитания: – постоянный ток напряжением от 20 до 72В, потребляемая мощность ≤ 20 Вт; управление при помощи ПО «Мастер 4х»; рабочий диапазон температур от минус 40 до +40°C.

Степень внедрения: Подготовка конструкторской документации и образцов к государственным испытаниям

Область применения: Телекоммуникационное оборудование

В будущем планируется Проведение государственных испытаний и постановка изделия на производство.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-8301	Лизогуб Николай Степанович

Тема работы:

Разработка модуля мультиплексора 2Е3-32Е1	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.02.2016 № 1065/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Назначение	Модуль мультиплексора 2xE3-32xE1 предназначен для мультиплексирования/демультиплексирования двух потоков E3 в 32 потока E1. Кроме того в поток E3 возможно мультиплексирование потока Ethernet с изменяемой пропускной способностью. Модуль мультиплексора 2xE3-32xE1 используется для расширения функциональных характеристик радиорелейных станций типа МИК РЛ4...12P+ либо самостоятельно, как мультиплексор ввода/вывода.
Исходные данные к работе	Цифровая радиорелейная станция МИК РЛ4...15P+, руководство по эксплуатации; ГОСТ Р 15.201-2000 «Система разработки и постановки продукции на производство»; ГОСТ 26886-86 «Стыки цифровых каналов первичной сети ЕАСС»; Рекомендации IEEE 802.3; IEEE 802.3u; IEEE 802.3z; ТЗ на разработку модуля мультиплексора 32xE1 2xE3; Назначение и технические требования к модулю мультиплексора 32xE1 2xE3;

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>Технические требования:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Количество портов E3 – 2; 2. Количество портов E1 – 2×16; 3. Количество портов Ethernet – 4; 4. Возможность передачи с транспортными каналами E1 канала Ethernet 5. Пропускная способность канала Ethernet – до 32 E1; 6. Дискрет регулирования пропускной способности Ethernet – 1E1; 7. Реализация режима 2+0 по каналам E3 8. Реализация режима 1+1 передачи E3 с резервированием канала. 9. Возможность перекоммутация любого E1 с любым E1 в тайм слотах E3 6. Встроенный коммутатор соответствует <ul style="list-style-type: none"> IEEE 802.3 IEEE 802.3u IEEE 802.3z; 7. Интерфейс Ethernet – один 10/100 BASE-T на управление, два 10/100 BASE-T и один 1000 BASE-LX пользовательские; 8. Интерфейс E3 – не симметричная линия 75 Ом, код HDB-3 <ul style="list-style-type: none"> – оптическая одномодовая линия, код CMI, $\lambda=1310\text{нм}$; 9. Интерфейс E1 – симметричная линия 120 Ом, код HDB-3; 10. Синхронизация – внутренняя, внешняя, E1; 11. Параметры электропитания: <ul style="list-style-type: none"> – постоянный ток напряжением от 20 до 72В, – потребляемая мощность ≤ 20 Вт; 12. Управление при помощи ПО «Мастер 4х»; 13. Рабочий диапазон температур от минус 40 до +40°C. 14. Габаритные размеры: <ul style="list-style-type: none"> - установка в стойку 19 дюймов; - количество занимаемых слотов не более 2U; - длина не более 100мм;
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема структурная модуля мультиплексора 32xE1-2E3;</p> <p>Схема функциональная модуля мультиплексора 32xE1-2E3;</p> <p>Схема электрическая принципиальная Платы мультиплексора;</p> <p>Схема функциональная блоков заложенных в ПЛИС;</p> <p>Чертеж печатной платы;</p> <p>3D модель модуля мультиплексора 32xE1-2E3;</p> <p>Рисунок организации связи однопролётной</p>

	радиорелейной линии на базе ЦРПС МИК РЛ4...15Р+;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Изучение предметной области обзор аналогов модуля мультиплексора, разработка функциональной схемы модуля мультиплексора	Инженер 3 категории мультиплексорного отдела НПФ «Микран» Корзинов А.А.
Разработка принципиальной схемы платы мультиплексора	Инженер 1 категории мультиплексорного отдела НПФ «Микран» Евенко А.С.
Программная часть	Ведущий инженер мультиплексорного отдела НПФ «Микран» Филатов Д.С
Разработка и обоснование структурной схемы модуля мультиплексора, разработка принципиальной схемы платы мультиплексора, экспериментальная часть	Начальник мультиплексорного отдела НПФ «Микран» Ремпель А.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
<i>Изучение предметной области обзор аналогов модуля мультиплексора</i>	
<i>Обзор аналогов модуля мультиплексора</i>	
<i>Разработка и обоснование структурной схемы модуля мультиплексора</i>	
<i>Разработка функциональной схемы модуля мультиплексора</i>	
<i>Разработка принципиальной схемы платы мультиплексора</i>	
<i>Программная часть</i>	
<i>Конструкторская часть</i>	
<i>Экспериментальная часть</i>	
<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
<i>Социальная ответственность</i>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ВТ	Цыганков Ю. В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8301	Лизогуб Н.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8301	Лизогуб Николай Степанович

Институт	Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Специалист	Направление /специальность	230101 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	272 476 руб
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка НДС =18% , Ставка Соц.Налога =30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР*
2. *Составление бюджета инженерного проекта (ИП)*
3. *Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. *График разработки и внедрения ИР*
2. *Инвестиционный план. Бюджет ИП*
3. *Основные показатели эффективности ИП*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8301	Лизогуб Николай Степанович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8301	Лизогуб Николай Степанович

Институт	Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Специалист	Направление /специальность	230101 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	ЗАО «НПФ «МИКРАН», «Разработка модуля мультиплексора 32xE1-2E3».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	<u><i>Вредные факторы:</i></u> <i>(источники вредных факторов на рабочем месте, нормирование их действия на работника, ссылка; технические решения и системы обеспечения требований нормативных документов)</i> <u><i>Опасные факторы:</i></u> <i>(источники опасных факторов, нормативные требования по обеспечению безопасности работников, ссылка; организационные и технические решения и системы обеспечения требований безопасности)</i> <u><i>Мероприятия по защите от вредных и опасных факторов.</i></u>
2. Экологическая безопасность: 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	1. Анализ влияния процесса исследования а на атмосферу (выбросы); 2. Анализ влияния процесса исследования на гидросферу (сбросы); 3. Анализ влияния процесса исследования на литосферу (отходы); 4. Утилизация отходов
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта. 3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	Пожарная безопасность <i>(причины возгорания, категория помещения по ПБ, средства первичного тушения, действия при пожаре)</i>

<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p><i>Условия труда в соответствии с ТК, эргономика рабочего места в производственном помещении.</i></p>
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и БЖД	Извеков В.Н.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8301	Лизогуб Николай Степанович		

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - плезиохронная цифровая иерархия) система передачи информации в цифровом виде на большие расстояния.

ОЦК – (Основной цифровой канал) является основой построения иерархии PDH скорость которого составляет 64 кбит/сек.

PPM – это единица концентрации в миллионных долях.

SPI – интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами

JTAG - аппаратный интерфейс для программирования, тестирования и отладки печатных плат.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, UART) – Универсальный асинхронный приёмопередатчик УАПП узел вычислительных устройств, преобразует передаваемые данные в последовательный вид.

E1 - Первичный цифровой канал (ПЦК) - получается путем перемножения скорости ОЦК, т.е. 64 кбит/сек на множитель. Скорость первичного цифрового канала (ПЦК) составляет 2Мбит/сек = 32хОЦК, т.е. ПЦК представляет собой 32 мультиплексированных ОЦК.

E2 – Вторичный цифровой канал (ВЦК) - получается путем мультиплексирования 4-х ПЦК. В итоге получается скорость 8448 кбит/сек. Не четкая пропорциональность говорит о необходимости добавления служебной информации.

E3 – Третичный цифровой канал (ТЦК) - получается путем мультиплексирования 4-х ПЦК. В итоге получается скорость 34368 кбит/сек . Не четкая пропорциональность говорит о необходимости добавления служебной информации.

USB Host – данная функция позволяет подключать к устройству любое клиентское USB- Device (USB-flash накопитель, фотоаппарат и т. п.)

PLL – (Phase-Locked Loop) - электронная схема, позволяющая при небольших схемотехнических затратах получить умножение (деление) некоторой частоты .

ПЛИС – Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС, англ. programmable logic device, PLD) — электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем.

GMII – расширение стандарта MII (Media Independent Interface — независимый от среды передачи интерфейс) для гигабитных Ethernet-интерфейсов, обеспечивающий передачу данных между устройствами, реализующими подуровень Media Access Control (MAC) канального уровня с устройствами, реализующими физический уровень.

MII – (Media Independent Interface — независимый от среды передачи интерфейс) представляет собой стандартизованный интерфейс для подключения MAC-блока сети FastEthernet к блоку PHY.

HDB3 – Код с высокой плотностью следования единиц HDB-3 Код с высокой плотностью следования единиц

LOF (Loss Of Frame) – потеря цикловой сигнализации

LOS (Loss of Signal) – потеря сигнала

AIS (Alarm Indicator Signal) – сигнал индикации аварии

ПСП - псевдослучайная последовательность

РРЛ - радио релейная линия связи

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

Непрерывно возрастающие потоки разнообразной информации и необходимость автоматизированной ее обработки привели к быстрому развитию цифровых систем связи. Такие системы обладают высокими качественными показателями по помехоустойчивости и скорости передачи данных, обеспечивают возможности создания сложных автоматизированных систем и комплексов. В большинстве промышленно развитых стран осуществляется массовый выпуск цифровых систем передачи, использующих принципы импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и предназначенных для организации каналов на местных, внутризональных и магистральных сетях путем уплотнения симметричных и коаксиальных кабелей.

Наиболее важными областями применения систем передачи цифровой информации являются передача данных, телеметрия, космическая связь и управление. В этих областях успешное решение многих задач без применения цифровых систем связи невозможно.

НПФ «Микран» специализируется на производстве телекоммуникационного оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры СВЧ и аксессуаров СВЧ тракта, СВЧ электроники, радаров для навигации и обеспечения безопасности.

Главное конкурентное преимущество компании — полный производственный цикл с собственной разработкой и производством продукции, начиная от электронной компонентной базы СВЧ, программного обеспечения «Мастер М» которое позволяет в реальном времени обеспечивать управление и мониторинг сети РРЛ и заканчивая серийными изделиями. Следствием данной политики является предложение на рынок не отдельных устройств, а комплексных решений разработанных и изготовленных по единой технической политике с минимальным использованием изделий сторонних производителей. Это послужило основной причиной разработки модуля мультиплексора 32хЕ1-2хЕ3. При создании собственного прибора, удалось добиться серьезных преимуществ над оборудованием конкурентов, в данном ценовом диапазоне.

По мимо функционала, присутствующего в аналогичных приборах, модуль мультиплексора 32E1 2E3 получил:

возможность перекоммутации каналов E1 с таймслотами потока E3;

реализацию передачи Ethernet через радиоканал с возможностью изменения пропускной способности Ethernet за счет увеличения или уменьшения каналов E1 отданных пользователем;

возможность конфигурирования (управления) приборов без подключения дополнительных линий связи по протоколу SNMP через Ethernet;

реализация режимов работы, не входящие в возможности предполагаемых аналогов(2+0, 1+1) и требующих дополнительного оборудования для реализации последних;

наличие оптического интерфейса подключения каналов как E3 так и Ethernet позволяет получить меньший коэффициент затухания сигнала и влияния электромагнитного помех тем самым увеличивает максимальное расстояние передачи сигнала без использования дополнительного оборудование.

Полученные в результате данной разработки характеристики позволяют рассчитывать использование прибора не только в составе РРЛ но и как самостоятельное устройство. Что может увеличить часть занимаемой продукцией фирмы НПФ «Микран» на рынке телекоммуникационного оборудования.

Целью данной выпускной квалификационной работы стала разработка прибора «Модуль мультиплексора 32E1 2E3» для расширения функциональных характеристик радиорелейных станций типа МИК РЛ4...12Р+ либо самостоятельно, как мультиплексор ввода/вывода.

Объектом разработки является построение цифровых систем на базе плезиохронной цифровой иерархии.

Предметом разработки является «Модуль мультиплексора 32E1 2E3»

Основными задачами разработки данного прибора являются :

- изучить предметную область;
- рассмотреть аналогичные приборы различных производителей;
- разработать структурную схему;
- разработать функциональную схему;
- выбрать и обосновать элементную базу;
- разработать принципиальную схему платы мультиплексора;
- спроектировать печатную плату;
- разработать программу реализующую необходимый функционал на языке описания аппаратуры system verilog;
- провести тестирования прототипа прибора.

1 ИЗУЧЕНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ.

1.1 Виды каналов передачи информации

По назначению каналы передачи информации подразделяются на телефонные, телеметрические, передачи цифровых данных и др. В зависимости от характера линий связи различают каналы радиосвязи и каналы проводной связи: кабельные, волноводные, волоконно-оптические и др. Наилучшими характеристиками обладают кабельные линии связи, работающие в диапазоне частот от сотен килогерц до десятков мегагерц.

Каналы радиосвязи различных частотных диапазонов во многих случаях позволяют организовать дальнюю связь без промежуточных станций и поэтому являются более экономичными по сравнению с кабельными.

Наибольшее распространение в многоканальной телефонной и телевизионной связи получили наземные радиорелейные линии связи, работающие в диапазоне частот от десятков мегагерц до десятков гигагерц.

Спутниковые линии связи по принципу работы представляют собой разновидность радиорелейных линий с ретрансляторами, установленными на искусственных спутниках Земли, что обеспечивает дальность связи около 10000 км для каждого спутника. Диапазон частот спутниковой связи в настоящее время расширен до 250 ГГц, что обеспечивает повышение качественных показателей систем связи.

Переход на более высокочастотные диапазоны позволяет получить остронаправленное излучение при малых размерах антенн, уменьшить влияние атмосферных и промышленных помех, организовать большое число широкополосных каналов связи.

По характеру сигналов на входе и выходе каналов различают дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные каналы.

1.2 Радиорелейные линии связи

Радиорелейная связь (от англ. Relay — передавать, транслировать) — один из видов радиосвязи, образованной цепочкой приёмо-передающих (ретрансляционных) радиостанций. Наземная радиорелейная связь осуществляется обычно на деци- и сантиметровых волнах (от сотен мегагерц до десятков гигагерц).

По назначению радиорелейные системы связи делятся на три категории, каждой из которых на территории России выделены свои диапазоны частот:

- местные линии связи от 0,39 ГГц до 40,5 ГГц
- внутризоновые линии от 1,85 ГГц до 15,35 ГГц
- магистральные линии от 3,4 ГГц до 11,7 ГГц

Данное деление связано с влиянием среды распространения на обеспечение надёжности радиорелейной связи. До частоты 12 ГГц атмосферные явления оказывают слабое влияние на качество радиосвязи, на частотах выше 15 ГГц это влияние становится заметным, а выше 40 ГГц определяющим, кроме того, на частотах выше 40 ГГц значительное влияние на качество связи оказывает затухание в атмосфере Земли.

Атмосферные потери, в основном, складываются из потерь в атомах кислорода и в молекулах воды. Практически полная непрозрачность атмосферы для радиоволн наблюдается на частоте 118.74 ГГц (резонансное поглощение в атомах кислорода), а на частотах больше 60 ГГц погонное затухание превышает 15 дБ/км. Ослабление в водяных парах атмосферы зависит от их концентрации и весьма велико во влажном теплом климате и доминирует на частотах ниже 45 ГГц.

Также отрицательно на радиосвязь влияют гидрометеоры, к которым относятся капли дождя, снег, град, туман и пр. Влияние гидрометеоров заметно уже при частотах больше 6 ГГц, а в неблагоприятных экологических условиях (при наличии в атмосферных осадках металлизированной пыли, смога, кислот или щелочей) и на значительно более низких частотах.

Антенны соседних станций располагают в пределах прямой видимости (за исключением тропосферных станций). Для увеличения длины интервала между станциями антенны устанавливают как можно выше — на мачтах (башнях) высотой 10—100 м (радиус видимости — 40-50 км) и на высоких зданиях. Станции могут быть как стационарными, так и подвижными (на автомобилях).

Принципиальным отличием радиорелейной станции от иных радиостанций является дуплексный режим работы, то есть приём и передача происходят одновременно (на разных несущих частотах).

Протяженность наземной линии радиорелейной связи — до 10000 км, ёмкость — до нескольких тысяч каналов тональной частоты в аналоговых линиях связи, и до 622 мегабит в цифровых линиях связи. В общем случае, протяжённость и ёмкость (скорость передачи данных) находятся в обратно пропорциональной зависимости друг от друга: как правило, чем больше расстояние, тем ниже скорость, и наоборот.

В Российской Федерации для вновь вводимых магистральных радиорелейных линий связи определены скорости передачи, равные 155 Мбит/с (поток STM-1 синхронной цифровой иерархии, SDH) или 140 Мбит/с (поток E4 плезиохронной цифровой иерархии, PDH, передаваемый в составе сигнала STM-1).

1.3 Принципы построения аппаратуры РРЛ

Аппаратура РРЛ строится обычно по модульному принципу. Функционально выделяют модуль стандартных интерфейсов, обычно включающих в себя один или несколько интерфейсов PDH (E1, E3), SDH (STM-1), Fast Ethernet или Gigabit Ethernet или сочетание перечисленных интерфейсов, а также интерфейсы управления и мониторинга РРЛ (RS-232 и др.) и интерфейсы синхронизации.

Задача модуля стандартных интерфейсов заключается в коммутации интерфейсов между собой и другими модулями РРЛ. Конструктивно модуль стандартных интерфейсов может представлять собой один блок или состоять из нескольких блоков, устанавливаемых в единое шасси.

В технической литературе модуль стандартных интерфейсов обычно называют блоком внутреннего монтажа (т.к. обычно подобный блок устанавливается в линейно-аппаратном зале или в телекоммуникационном вагончике). Потoki данных от нескольких стандартных интерфейсов объединяются в блоке внутреннего монтажа в единый кадр. Далее к полученному кадру добавляются служебные каналы, необходимые для управления и мониторинга РРЛ. Суммарно все потоки данных образуют радиокадр. Радиокадр от блока внутреннего монтажа как правило на промежуточной частоте передается к другому функциональному блоку РРЛ - радиомодулю. Радиомодуль выполняет помехоустойчивое кодирование радиокадра, модулирует радиокадр согласно используемому виду модуляции, а также преобразует суммарный поток данных с промежуточной частоты на рабочую частоту РРЛ.

Кроме того часто радиомодуль выполняет функцию автоматической регулировки усиления мощности передатчика РРЛ. Конструктивно радиомодуль представляет собой один герметичный блок, имеющий один интерфейс, соединяющий радиомодуль с блоком внутреннего монтажа.

В технической литературе радиомодуль обычно называют блоком наружного монтажа, т.к. в большинстве случаев радиомодуль устанавливается на радиорелейной башне или мачте в непосредственной близости от антенны РРЛ.

Расположение радиомодуля в непосредственной близости от антенны РРЛ обычно обусловлено стремлением уменьшить затухание высокочастотного сигнала в различных переходных волноводах (для частот больше 6 - 7 ГГц) или коаксиальных кабелях (для частот меньше 6 ГГц).

В устаревших на данный момент аналоговых РРЛ, а также магистральных цифровых РРЛ как блоки со стандартными интерфейсами, так и радиомодули обычно устанавливаются в линейно-аппаратном зале.

Это связано с реализацией сложных схем резервирования $N + 1$, когда нет возможности расположить делитель мощности с одной антенны на несколько радиомодулей в непосредственной близости от антенны из-за громоздкости делителя мощности.

В этом случае радиомодули и антенну соединяет волновод, проложенный от линейно-аппаратного зала до места крепления антенны на радиорелейной башне.

Так же распространен вид цифровых РРЛ, в котором конструктивно совмещается модуль стандартных интерфейсов и радиомодуль в виде одного герметичного блока, имеющего несколько стандартных интерфейсов, разъем питания и волноводный разъем для непосредственного крепления к антенне.

1.4 Технологии организации транспортных систем передачи информации

1.4.1 Плезиохронная цифровая иерархия (PDH)

Одной из первых систем, предназначенных для передачи информации в цифровом виде на большие расстояния, является PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - плезиохронная цифровая иерархия). Первый релиз данного стандарта был разработан организацией по стандартизации ИТУ-Т и выпущен в 1972 году под индексом G.703. Под "плезиохронной" (от греч. plesios - "близкий") понимается то, что PDH - почти синхронная система, суть этого будет разъяснена немного позже. Основой построения иерархии PDH является основной цифровой канал (ОЦК), скорость которого составляет 64 кбит/сек. Такая скорость выбрана не случайно. 64 кбит/сек как раз достаточно для передачи одного телефонного разговора, продискретизированного с частотой 4 кГц и проквантованного по 256 уровням. Общеизвестно, что этого вполне достаточно для однозначного восприятия произнесенных слов и идентификации говорящего.

Скорости более высоких уровней иерархии PDH получаются путем перемножения скорости ОЦК, т.е. 64 кбит/сек на множитель. Скорость первичного цифрового канала (ПЦК) составляет 2Мбит/сек = 32хОЦК, т.е. ПЦК представляет собой 32 мультиплексированных ОЦК. Однако в исходном стандарте PDH не все 32 канала использовались для передачи в 0 слоте должен передаваться синхросигнал, а в 16 – сигнализация для всех остальных 30 разговорных таймслотов.

В последствие каналы PDH получили широкое распространение при передаче не только голосовой информации, но и пакетных данных. Необходимость в использовании 0-го и 16-го таймслотов отпала и они во многих системах также стали задействоваться для передачи пользовательских данных.

Вторичный цифровой канал получается путем мультиплексирования 4-х ПЦК. В итоге получается скорость 8448 кбит/сек. Не четкая пропорциональность говорит о необходимости добавления служебной информации. Более высокие уровни иерархии получаются путем дальнейшего поэтапного мультиплексирования. Потоки, которые включаются в цифровой поток более высокого порядка называются трибутарными. Все возможные уровни представлены в таблице ниже.

Таблица 1 – Название цифрового канала и обозначение

Название цифрового канала и обозначение	Скорость, кбит/сек
Первичный, E1	2048
Вторичный, E2	8448
Третичный, E3	34368
Четвертичный, E4	139264
Пятеричный, E5	564992

В таблице представлены цифровые потоки и скорости принятые в Европе, в т.ч. и в России.

В Северной Америке и Японии есть отличия. Обозначения для североамериканских цифровых потоков начинаются с буквы "Т", а японских "J".

Также есть отличия и в числе потоков низшего уровня при образовании потока более высокого порядка. Кроме того в североамериканском варианте PDH отсутствует пятеричный цифровой канал, т.е. T5.

Таблица 1 не случайно ограничивается пятеричным цифровым каналом и скоростью 564992 кбит/сек. Это связано с существенным недостатком PDH – его плезиохронностью, т.е "почти" синхронностью.

Дело в том, что потоки образуют уровни более высокого порядка последовательным мультиплексированием, соответственно, для извлечения нужно проделать обратную процедуру – демультиплексирования.

Таким образом для выделения на промежуточном пункте потока E1 из E4, например, необходимо будет выполнить 3 процедуры демультиплексирования, а затем 3 процедуры мультиплексирования для дальнейшей передачи. Подобная процедура потребует значительных производительных затрат, а также вызовет временную задержку для всех передаваемых данных. Кроме того, на каждом пункте, где потребуется извлечение хотя бы одного потока низшего уровня потребуется установка дорогостоящего оборудования. Поэтому применение цифровых потоков высоких уровней иерархии оказывается нецелесообразным. Полностью решить данную проблему удалось с появлением технологии SDH (Synchronous Digital Hierarchy).



Рис. 1. Пример сети PDH с промежуточным извлечением потока E1 из основного потока E3

В сотовой связи PDH активно использовался при развертывании систем всех поколений. Особенно востребованным оказался поток ПЦК или E1, который в настоящее время является практически эталоном измерения пропускной способности любого канала связи. Особенно часто E1 используется на низкоскоростных соединениях, например, BTS – BSC, NodeB – RNC и т.п.

1.4.2 Синхронная цифровая иерархия (SDH)

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронная цифровая иерархия – технология передачи высокоскоростных данных на большие расстояния с использованием в качестве физической среды проводных, оптических и радиолиний связи. Данная технология пришла на смену PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), которая обладала существенным недостатком: сложностью выделения из высокоскоростных потоков низкоскоростных трибутарных каналов. Причина заключается в том, что потоки более высокого уровня в PDH получаются путем последовательного мультиплексирования. Соответственно, для выделения потока необходимо разворачивать весь поток, т.е. проводить операцию демультиплексирования. При этом придется устанавливать дорогостоящее оборудование в каждом пункте, где необходима такая процедура, что значительно увеличивает стоимость строительства и эксплуатации высокоскоростных линий PDH. Технология SDH призвана решить эту проблему. Скорости для SDH уже не ограничиваются 500 Мбит/сек, как это было в PDH.



Рис. 2. SDH с промежуточным извлечением потока E1 из потока STM-4

Рассмотрим принципы построения синхронной цифровой иерархии. Скорость самого медленного цифрового потока в SDH, получившего название STM-1, составляет 155,52 Мбит/сек. Вся полезная нагрузка передается в, так называемом, виртуальном контейнере VC.

Информация может быть загружена либо непосредственно в контейнер, либо если речь идет о потоках PDH, то используются дополнительные промежуточные контейнеры, возможно не с одним уровнем вложения.

В любом случае в итоге, вся информация должна быть размещена в пределах виртуального контейнера STM-1. К каждому виртуальному контейнеру добавляется заголовок, который несет в себе служебную информацию: адресную информацию, информацию для обнаружения ошибок, данные о полезной нагрузке и т.д. Контейнеры всегда имеют фиксированную длину. Для получения более высокой скорости применяется мультиплексирование 4-х потоков STM-1 в один поток STM-4. Таким образом, удается получить скорость 622,08 Мбит/сек. Для получения еще большей скорости применяется еще одно мультиплексирование четырех STM-4 в один поток STM-16, для передачи которого требуется скорость 2488,32 Мбит/сек и т.д. Общая схема увеличения скорости: четыре STM-N мультиплексируются в один STM-4xN. В отличие от PDH общая схема мультиплексирования неизменна для любых скоростей. В таблице ниже представлены первые шесть уровней иерархии SDH.

Таблица 2 – Уровни иерархии SDH

Обозначение потока SDH	Скорость потока, Мбит/с
STM-1	155,52
STM-4	622,08
STM-16	2488,32
STM-64	9953,28
STM-256	39813,12
STM-1024	159252,48

Причем SDH не ограничена STM-1024. На текущий момент основным ограничением для повышения скорости SDH являются максимально возможные скорости существующих технологий передачи данных. Теоретически, цифровую синхронную иерархию можно продолжать и дальше до бесконечности.

Североамериканским аналогом технологии SDH является SONET (Synchronous Optical Networking – синхронные оптические сети). В отличие от SDH эта технология больше приспособлена для передачи североамериканских каналов PDH. Однако скорости аналогичных уровней иерархии обеих систем аналогичны. Поэтому данные системы могут взаимодействовать без какого-либо ущерба.

В сотовых системах связи SDH получил достаточно широкое распространение. Преимущественно он используется при строительстве магистральных линий связи. Особенно актуальная технология SDH становится после появления первых сетей 3G, таких как UMTS, которые предусматривают значительно увеличение объемов передаваемых данных. Благодаря возможности масштабирования скоростей можно с уверенностью сказать, что SDH будет актуальна и при строительстве сетей сотовой связи 4G, например LTE или Mobile WIMAX.

2 ОБЗОР АНАЛОГОВ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА

2.1 Мультиплексор фирмы CRONYX FMUX/16E1-M-ETV



Рис. 3. Передняя панель FMUX/16E1-M-ETV

FMUX/16E1-M-ETV представляет собой мультиплексор, позволяющий передавать до шестнадцати синхронных каналов E1*, один универсальный канал (V.35/RS-530/RS-232/X.21) и один канал Ethernet 10/100Base-T** по волоконно-оптической линии (или по линии E3).

Мультиплексор может быть настроен для передачи следующих комбинаций каналов:

- до 16 каналов E1;
- до 15 каналов E1 и один дополнительный канал (универсальный или Ethernet), работающий со скоростью до 2048 кбит/с;
- до 14 каналов E1 и два дополнительных канала (универсальный и Ethernet), работающие со скоростью до 2048 кбит/с;
- до 12 каналов E1 и один дополнительный канал (универсальный или Ethernet), работающий со скоростью 8448 или 4224 кбит/с.

Каждый из каналов передаётся независимо, так что частота синхронизации каждого канала не зависит от частот других каналов.

Таблица 3 – Технические характеристики FMUX/16E1-M-ETV

Параметр	Значение
Интерфейс E1	
Номинальная битовая скорость	2048кбит/с
Количество каналов	16
Кодирование	HDB3
Цикловая структура	Прозрачная передача потока G.703 как с цикловой структурой (G704,ИКМ-30),так и без цикловой структуры.
Контроль ошибок	Нарушение кодирования
Импеданс линии	120 Ом симметричный
Максимальное затухание в кабеле, дБ	От 0 до 6 дБ
Подавление фазового дрожания	В передающем тракте
Защита от перенапряжений	TVS
Защита от сверхтоков	Плавкий предохранитель
Разъем	RJ-48(розетка,8 контактов)
Интерфейс E3	
Номинальная битовая скорость	34368 кбит/с
Количество каналов	1
Кодирование	HDB3
Цикловая структура	С цикловой структурой (G753)
Импеданс линии	75 Ом несимметричная
Максимальное затухание в кабеле, дБ	От 0 до 12 дБ
Контроль ошибок	Нарушение кодирования
Максимальное затухание в кабеле, дБ	6 дБ
Интерфейс Ethernet 10/100Base-T	
Тип интерфейса	IEEE 802.3 10BASE-T/ 100BASE-T(100BASE-TX)
Полоса пропускания	8448 или 2048 кбит/с(Зависит от количества выделенных E1 от 1 до 4)
Количество каналов	2
Режим работы	100 Мбит/с, полный дуплекс; 100 Мбит/с, полудуплекс; 10 Мбит/с, полный дуплекс; 10 Мбит/с, полудуплекс; автоматический выбор (autonegotiation)
Тип разъёма	RJ-45 (розетка)
Консольный порт(RS 232)	
Номинальная битовая скорость	9600 бит/с
Протокол передачи данных	8бит/символ,1 стоповый бит ,без четности
Разъем	DB9(розетка)

Продолжение таблицы 3

Порт управления SNMP	
Тип интерфейса	Ethernet 10Base-T(IEEE802.3)
Разъем	RJ-45
Диагностические режимы	
Шлейфа	Локальный ,удаленный
Измеритель уровня ошибок	Встроенный
Управление	Через порт RS232,через SNMP порт Ethernet 10Base-T или с удаленного устройства
Габариты и вес	
Исполнение	В каркас 19" 1U
Габариты	444 мм x 262 мм x 44 мм
Вес	3,4кг
Электропитание	
От сети переменного тока	176 – 264,50Гц
От источника постоянного тока	36- 72В
Потребляемая мощность	Не более 21,5Вт
Условия эксплуатации	
Температура	От 0 до 50 С
Относительная влажность	До 80 % без конденсата

2.2 Мультиплексор E3 / 16xE1 G.703 + Ethernet 10/100 BASE-TX фирмы ООО «ЛОИС»

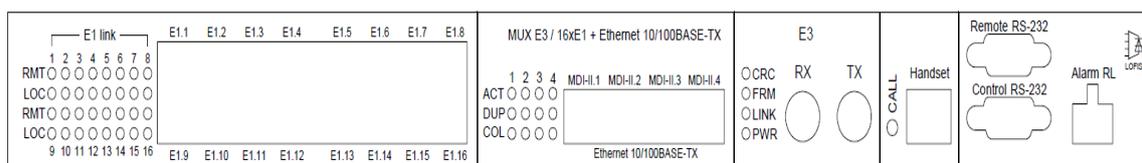


Рис. 4. Передняя панель Мультиплексор E3 / 16xE1 G.703 + Ethernet

Мультиплексор E3 предназначен для одновременной передачи от 0 до 16 потоков E1 G.703/G.704 и данных Ethernet 10/100 Base-TX в потоке E3 G.703. Скорость передачи данных в канале Ethernet 10/100 Base-T определяется количеством неиспользуемых каналов E1. При не использовании всех 16-и каналов E1 предельная достижимая информационная скорость передачи Ethernet 10/100 Base-TX в одном направлении равна 33,5 Мбод.

Для удобства обслуживания и эксплуатации мультиплексор имеет сквозной канал RS-232, который может быть использован для управления удаленным оборудованием и служебный разговорный канал. Мультиплексор также имеет встроенное реле аварийной сигнализации, с программируемым условием срабатывания. Контакты реле («сухие контакты») доступны пользователю для управления внешними устройствами. Для Ethernet 10/100 канала мультиплексор имеет встроенный 4-х портовый коммутатор. Основная область применения мультиплексора использование совместно с радиорелейными станциями.

Таблица 4 – Технические характеристики FMUX/16E1-M-ETV

Параметр	Значение
Интерфейс E1	
Номинальная битовая скорость	2048кбит/с
Количество каналов	16
Кодирование	HDB3
Цикловая структура	Прозрачная передача потока G.703 как с цикловой структурой (G704, ИКМ-30), так и без цикловой структуры.
Контроль ошибок	Нарушение кодирования
Импеданс линии	120 Ом несимметричная
Максимальное затухание в кабеле, дБ	От 0 до 6 дБ
Подавление фазового дрожания	В передающем тракте
Защита от перенапряжений	TVS
Разъем	RJ-45(розетка, 8 контактов)
Интерфейс E3	
Номинальная битовая скорость	34368 кбит/с
Количество каналов	1
Кодирование	HDB3
Цикловая структура	С цикловой структурой (G753)
Импеданс линии	75 Ом симметричный
Максимальное затухание в кабеле, дБ	От 0 до 12 дБ
Контроль ошибок	Нарушение кодирования
Максимальное затухание в кабеле, дБ	6 дБ

Продолжение таблицы 4

Интерфейс Ethernet 10/100Base-T	
Тип интерфейса	IEEE 802.3 10BASE-T/ 100BASE-T(100BASE-TX)
Полоса пропускания	34368(Зависит от количества выделенных не используемых E1 от 0 до 16)
Количество каналов	1
Режим работы	100 Мбит/с, полный дуплекс; 100 Мбит/с, полудуплекс; 10 Мбит/с, полный дуплекс; 10 Мбит/с, полудуплекс; автоматический выбор (autonegotiation)
Тип разъёма	RJ-45 (розетка)
Консольный порт(RS 232)	
Номинальная битовая скорость	192000 бит/с
Протокол передачи данных	8бит/символ, 1 стоповый бит ,без четности
Разъем	DB9(розетка)
Порт управления SNMP	
Тип интерфейса	Ethernet 10Base-T(IEEE802.3)
Разъем	RJ-45
Диагностические режимы	
Шлейфа	Локальный ,удаленный
Измеритель уровня ошибок	Встроенный
Управление	Через порт RS232, через SNMP порт Ethernet 10Base-T или с удаленного устройства
Габариты и вес	
Исполнение	В каркас 19" 1U
Габариты	420мм x 230мм x40мм
Вес	3,4кг
Электропитание	
От сети переменного тока	176 – 264,50Гц
От источника постоянного тока	36- 72В
Потребляемая мощность	Не более 5Вт
Условия эксплуатации	
Температура	От +5 до 50 С
Относительная влажность	До 80 % без конденсата

2.3 Преимущества и недостатки модуля мультиплексора 32xE1-2E3

Рассмотренные выше аналоги имеют схожие характеристики с модулем мультиплексора 32E1-2E3 только у обоих аналогов не достаточное количество E1 и E3 для реализации подобных характеристик пришлось ставить как минимум по два модуля. Установка 2 подобных модулей привела к увеличению количества подключаемых портов управления и питания оборудования а также заняло дополнительное место в стойке.

Модуль мультиплексора 32E1-2E3 обеспечивает режимы работы 2+0(оба E3 будут работать совместно что позволит передавать Ethernet со скоростью до 65535кбит/с в зависимости от количества отданных E1) и 1+1 (режим резервирования потока передает два одинаковых потока по 2E3 после передаче определяет качество полученных потоков и лучший из них направляет пользователю). Режимы 2+0 и 1+1 на мультиплексорах «FMUX/16E1-M-ETV» фирмы CRONYX или E3/16xE1 G.703 + Ethernet 10/100 BASE-TX фирмы ООО «ЛОИС» не могут быть реализованы в полном объеме без стороннего оборудования. Максимальная скорость, которую может обеспечить мультиплексор E3/16xE1 G.703 + Ethernet 10/100 BASE-TX фирмы ООО «ЛОИС» всего 8448кбит/с что. Основным преимуществом над аналогичными мультиплексорами является это наличие оптических портов для передачи потока E3 которого нет у аналогов

Также одними из основных параметров при разработке модуль мультиплексора 32E1-2E3 являются его габаритные размеры. Коммутационный шкаф в котором предполагается использование имеет габаритные размеры по длине не более 100мм. У аналогов же этот габарит выходит за 250мм что не позволит установить в стойку. Модуль мультиплексора имеет возможность перекоммутации любого порта E1 из 32 с любым тайм слотом в E3 что не могут аналоги. Дополнительно имеет порт подключения как usb так как в современных компьютерах а уж тем более в ноутбуках порт RS232 отсутствует что усложняет подключение к прибору в случае если ip адрес прибора неизвестен все реже можно увидеть порт DB9.

3 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА

3.1 Анализ ТЗ и разработка структурной схемы

Модуль мультиплексора предназначен для одновременного мультиплексирования демultipлексирования двух потоков ЕЗ в 16 потоков Е1 для каждого ЕЗ с возможностью перекоммутации каналов Е1 с таймслотами потока ЕЗ . А также подключение Ethernet с возможностью изменения скорости канала за счет увеличения или уменьшения каналов Е1 отданных под Ethernet.

Модуль мультиплексора должен иметь

- 2 канала ЕЗ;
- 32 канала Е1;
- 3 электрических Ethernet;
- 1 оптический Ethernet;
- USB возможностью переключения HOST/DEVICE
- RS-232 последовательный интерфейс управления
- возможность коммутации любого канала Е1 С таймслотами в кадре ЕЗ
- возможность выделить под Ethernet определенное количество каналов Е1 от 1 до 32
- индикацию питания ,синхронизации, исправной работы Е1,ЕЗ

Исходя из технического задания была разработана схема структурная модуля мультиплексора которая состоит из следующих блоков.

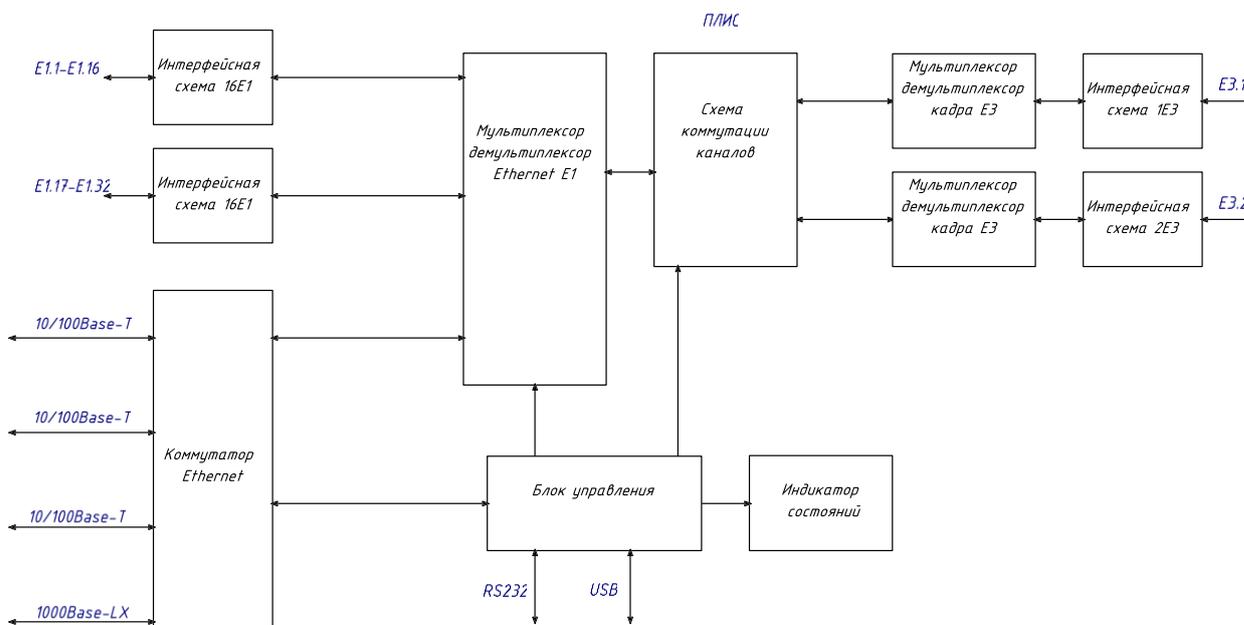


Рис. 5. Схема структурная модуля мультиплексора

Блок управления

- передача команд управления от терминального пульта через интерфейс «RS-232» или порту «1» Ethernet к исполнительным устройствам модуля мультиплексора (ММ 32x E1-2E3)

- сбор рабочих параметров устройств и их первичную обработку
- вывод необходимой информации на индикатор состояний
- выгрузка таблицы коммутации E1 и Ethernet в схему коммутации каналов
- обслуживает порты USB, RS232, Ethernet
- конфигурация портов на коммутаторе Ethernet
- хранение и загрузка конфигурационной прошивки;

Также у пользователя есть возможность через терминальное приложение изменять схему коммутации E1, увеличивать или уменьшать пропускную способность Ethernet в зависимости от количества каналов E1 выделяемых под него от 0 до 32

Коммутатор Ethernet блок служит для объединения нескольких портов Ethernet и коммутации их между собой в зависимости от желания пользователя

Интерфейсные схемы E3, E1 служат для

- кодирование/декодирование каналов с алгоритм формирования кода HDB-3.

-получение дополнительной информации о состоянии каналов

Мультиплексор демультиплексор

- Проводит демультиплексирование кадра E3 в каналы E1

- Проводит мультиплексирование каналов E1 в таймслоты E3

Схема коммутации каналов

- служит для коммутации каналов E1 в произвольном виде в таймслоты кадра E3

Мультиплексор демультиплексор Ethernet E1

- проводит мультиплексирование демультиплексирование каналов E1 в зависимости от того какие каналы E1 были выделены под Ethernet

Индикатор состояний

-служит для вывода необходимой информации о каналах E1, E3,Ethernet а также о питании .

3.2 Выводы по главе

Структурная схема дает представления о структуре устройства и назначении его составных компонентов. На основе структурной схемы модуля мультиплексора будет построена его функциональная схема.

4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.

4.1 Состав и назначение блоков функциональной схемы

Функциональная схема представлена в приложении Г.

Модуль мультиплексора 32xE1–2E3 состоит из следующих функциональных блоков.

Блока согласования входных линий E1– состоит из трех блоков
адаптивный эквалайзер G.703 – оценка входного сигнала по величине затухания и подстройки характеристик под частотную характеристику кабеля в обратных пропорциях.

декодер HDB3 предназначен для декодирования каналов полученных
восстановитель частоты - предназначен для восстановления тактовой частоты из кода HDB3.

Блока согласования выходных линий E1 – состоит из двух блоков
гаситель фазового дрожания – оценка входного сигнала по величине затухания и подстройки характеристик под частотную характеристику кабеля в обратных пропорциях.

кодер HDB3 предназначен для кодирования каналов полученных от источника сигнала в код HDB3.

восстановитель частоты - предназначен для восстановления частоты из кода HDB3 .

Блока согласования входных линий E3 , блока согласования выходных линий E3 по внутренней структуре подобны блоку согласования входных линий E, блока согласования выходных линий E1 с разницей волнового сопротивления каналов E1 E3 и частоты работы. Для реализации необходимого функционала необходимо 32 блока согласования входных выходных линий E1 и 2 блока входных выходных линий E3. Сетевой коммутатор Ethernet блок служит для объединения нескольких портов Ethernet и коммутации их между собой в зависимости от желания пользователя

Первый порт Ethernet 10/100Base-T является портом управления, второй третий Ethernet 10/100Base-T и 1000Base-LX порты пользовательские. Коммутатор подключается к устройству управления через независимый от среды передачи интерфейс МП и к блоку выбора режима работы порта МП GMII по интерфейсу МП или GMII в зависимости от выбранного режима.

Устройство управления выполняет передачу команд управления от терминального пульта через интерфейс «RS-232» или порт «1» Ethernet к исполнительным устройствам модуля мультиплексора 32xE1 - 2xE3

сбор рабочих параметров устройств и их первичную обработку
выводит необходимую информацию на индикатор состояний
выгрузку таблицы коммутации E1 и Ethernet в таблицу коммутации через блок SPI

обслуживает порты USB , RS232 , Ethernet

конфигурацию портов на коммутаторе Ethernet

хранение и загрузку конфигурационной прошивки

Блок выравнивания потоков E3 для реализации режима 2+0 чтобы собрать поток Ethernet в одно целое из 2-х потоков E3 необходимо выровнять эти потоки друг относительно друга.

Демультимплексор E3 служит для демультимплексирования потока E3 и передачи его на блок нормализации потока а также выделения из потока E3 дополнительного канала.

Демультимплексор дополнительного канала E3 служат для извлечения служебной информацией о том под что в данный момент отдан E1 под Ethernet или E1.

Блок перетактирования на более высокую частоту служит для перетактирования на частоту на которой работает схема вся схема.

Блок объединения каналов E1 приводит канала E1 определенной форме при которой данные со всех каналов перетактируются последовательно в одну линию в определенном порядке на более высокую частоту не менее количества каналов необходимых собрать в одну шину.

Блок нормализации потока необходим для разряжения сигналов в последовательном потоке полученном с Блоков объединения каналов E1 и демультиплексоров E3.

Блок объединения каналов в один поток собирает в общую шину данные со всех каналов на более высокую частоту.

Блок формирования адреса – формирует адреса ячеек памяти для записи данных полученных с E1 и E3 и последовательно записывает их в память

Память хранения данных с каналов E1 – хранит данные полученные с 4 направлений.

Блок SPI – блок преобразует информацию полученную информацию по интерфейсу SPI преобразует в вид в параллельном виде адрес данные для записи в таблицу коммутации.

Таблица коммутации служит для хранения информации о коммутации E1 в таймслотах E3 а так же в какие таймслота E3 необходимо упаковывать Ethernet

Блок формирования адреса на чтение и разрешающих сигналов формирует адреса ячеек памяти из которых необходимо будет читать E1 на определенной выход именно благодаря возможности изменять последовательность чтения из ячеек памяти позволяет получить функцию перекоммутации каналов. Выдает разрешающие сигналы на мультиплексоры дополнительных каналов.

Мультиплексор дополнительного канала формирует поток с информацией по заполнению информации E1 в таймслотах E3 и отдает на мультиплексор E3.

Блок выбора данных выдает Ethernet E1 выдает данные мультиплексору E3 в зависимости от того под что отдан таймслот E1 в канале E3.

Мультиплексор E3 мультиплексирует полученные данные в E3 и передает в блок согласования выходных линий E3

Блок выравнивания скорости E1 преобразует данные с одной тактовой частоты на частоту стандарта E1 и восстанавливает тактовую частоту E1. Для выравнивания используется 32 блока для каждого канала.

Блок согласования скорости Ethernet и E3 – блок притормаживает данные на сетевом коммутаторе если скорость выше пропускной способности канала передает данные для мультиплексирования в схему и передает демультимплексированные данные из схемы в коммутатор .

Блок склеивания Ethernet с каналов E3 в режиме 2+0 блок склеивает в определенной последовательности выровненные данные с потоков E3 в зависимости от полученных данных с демультимплексора дополнительного канала.

4.2 Выводы по главе

На основе структурной схемы модуля мультиплексора разработана функциональная схема ПРИЛОЖЕНИЕ Г. В ней более подробно описаны следующие блоки: интерфейсные схемы E1 E3, мультиплексор демультимплексор кадра E3, мультиплексор демультимплексор кадра Ethernet E1, схема коммутации каналов.

Следующим этапом проектирования является разработка электрической принципиальной схемы на основе функциональной.

5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПЛАТЫ МУЛЬТИПЛЕКСОРА

5.1 Обоснование элементной базы

Для разработки принципиальной схемы модуля мультиплексора 32E1–2E3 необходимо выбрать основные компоненты. Устройство управления изображенный на функциональной схеме уже разработано, и представляет из себя «Процессорный модуль» на выносной плате под разъем SO-DIMM, который необходимо будет добавить на принципиальную схему.

Модуль мультиплексора 32xE1-2E3 представляет собой многофункциональное телекоммуникационное устройство, а значит часть функций могут выполняться специализированными устройствами (интерфейсные схемы) и модулями, а часть реализована на ПЛИС.

5.1.1 ПЛИС

5.1.1.1 Выбор фирмы производителя ПЛИС

В техническом задании стоит задача мультиплексирования демультимплексирования каналов E1 в E3 , а также упаковка Ethernet в таймслоты E3 каналов E1. Для выполнения всех этих функций самым удобным и менее затратным будет исполнение этих функций на ПЛИС. На рынке производителей данных микросхем можно выделить три основных компании Altera Xilinx Actel. Стоимость ПЛИС с необходимым функционалом у перечисленных выше производителей находится примерно в одном ценовом диапазоне. А так как на фирме «НПФ Микран» имеются средства разработки и отладки для продукции фирмы Altera .Выбор был сделан в пользу чипов именно этой фирмы:

– Altera

5.1.1.2 Определение необходимого числа портов ввода вывода и дифференциальных пар .

Канал E1,E3 двунаправленный и является синхронным т.е представляет из себя, вход данных , вход синхронизации , выход данных ,выход синхронизации 4 порта ввода вывода. В устройстве необходимое число E1 32 ,а значит необходимое количество портов ввода вывода под E1 будет $32*4=128$.

32xE1-128 портов

E3 в устройстве 2 но так как E3 имеет скорость 34,365 МГц то для улучшения качества сигнала необходимо использовать линии LVDS что увеличит помехозащищенность но потребует для каждого сигнала 2 порта ввода вывода.

Тем самым для 2E3 понадобится 16 портов ввода вывода а так каналы E3 будут как оптические, так и электрические. Для управления интерфейсными микросхемами электрических E3 необходимо 2 линии LB1 LB2 и одна линия для подключения сигнала LOS(отсутствие сигнала). Для оптического модуля необходимо завести линию детектирования подключения.

2xE3(Электрические) – 16 портов

2xLB0,LB1(Электрические)-4 порта

2xLOS(Электрические)-2 порта

2xE3(Оптические) – 16 портов

2xSD(Оптические) – 2порта

Для подключение сетевого коммутатора Ethernet (Switch) к ПЛИС необходимо подключить восьми битные порты RX TX 2 сигнала TX_DV RX_DV указывающих на начало и конец пакета и два бита тактирования сетевого коммутатора на прием и передачу .

RX -8 портов

RX_CLK -1порт

RX_DV-1 порт

TX -8 портов

TX_CLK -1порт

TX_DV-1 порт

Для управления коммутации, а также для считывания информации с конфигурационных регистров используется интерфейс SPI

MISO-1 порт

MOSI -1 порт

CS -1 порт

SPCK -1 порт

Сигнал внешней синхронизации потребует 2 дифференциальные линии

SYNC- 2 порта

Для устройства необходимо завести три тактовые частоты

E1 - 16,384МГц -1 порт

E3 – 34,365МГц- 1 порт

Ethernet – 25,000МГц- 1 порт

Посчитав сумму портов необходимых для выполнения данных функций получили что микросхема ПЛИС должна иметь не менее:

- 197 портов ввода вывода
- 17 дифференциальных пар(LVDS линий)

5.1.1.3 Определение необходимых уровней напряжений.

Для подключения сетевого коммутатора Ethernet который мы выбрали необходимы уровни напряжении 2,5 вольта а интерфейсные схемы E3 E1 на 3,3 необходимо чтоб ПЛИС имела возможность подключение информационных линий с разным напряжением

Необходимое напряжение входных сигналов -2,5В ; 3,3В

5.1.1.4 Выбор скорости ПЛИС.

Необходимая скорость ПЛИС у нас будет зависеть только от реализации коммутации так как максимальная входная тактовая частота каналов не превышает 34,368МГц. Для написания коммутатора каналов E1 в таймслота E3 либо каналы E1 существует два решения проблемы.

1. Демультимплексировать E3 в каналы E1 а после через таблицу адресов направлять каждый вход каждого канала на выход канала E1 соответственно таблице но так как каждый вход канала E1 должен иметь мультиплексор для подключения к выходу канала E1 а когда каналов E1 в общей сложности 64 то получается что должно быть 64 мультиплексора каждый из которых может коммутироваться на 64 канала выходов что потребует достаточно большого количества ресурсов.

2. Коммутацию каналов можно провести через память только для этого необходимо будет собрать все каналы как с E1 так и с E3 структурировать в один поток и записывать в память а из памяти читать в зависимости от таблицы коммутации.

Таким образом чтобы структурировать в один поток нам необходимо поднять тактовую частоту так чтобы все 32 канала E1 со входов и 32 канала E1 с таймслотов E3 можно было прочитать за один период 2048 так как таймслота E3 тактированы частотой 34,368 то соответственно необходимая частота равна не менее $34,368 * 4 = 137,460$ МГц.

– Необходимая частота - 137,460 МГц.

5.1.1.5 Подсчет Логических Элементов PLL и блоков RAM

Так как предварительный проект устройства на ПЛИС был написан заранее мы имеем что для проекта необходимо 11200 ЛЭ 30 RAM блоков и 3 PLL что нам говорит собранный проект в Quartus 9.1

– ЛЭ-11200

– Блоки RAM- 30

– PLL-3

Исходя из полученных параметров мы выбрали **EP3C16F484I7** фирмы Altera
Имеет:

– 347-пользовательских портов ввода вывода

– 32 – дифференциальные пары(LVDS-линии)

- 15400 ЛЭ, PLL-4шт , Блоки RAM- 56,
- Максимальная скорость 307МГц

5.1.2 Сетевой коммутатор

Основными критериями выбора сетевого коммутатора Ethernet стало наличие не менее двух независимых от среды GМII портов для подключения к ПЛИС и «Процессорного модуля».

3 электрических порта 10/100 –Base-T

1 оптический порт 1000 – Base-LX

2 GМII порта

Для реализации данных возможностей было найдено несколько вариантов сетевого коммутатора различных производителей с подобными характеристиками

Это VSC 7418В фирмы Vitesse

88E6095-A3-TAH1I000 фирмы Marvell

ZL50405 фирм а производитель Zarlink

Но т.к для подключения ZL50405 или VSC 7418В необходим внешний преобразователь физического уровня сигналов мы выбрали .

Switch 88E6095-A3-TAH1I000 фирмы Marvell

Для согласования линии рекомендовано производителем сетевого коммутатора использования трансформаторов **TG110-S050N2RL HALO**

5.1.3 Интерфейсные схемы E1

По стандарту ГОСТ 26886-86 для передачи каналов E1 необходимо использовать

– код HDB 3

– выходное сопротивление 120 Ом

– затухание стыковой цепи на частоте 1024кГц должно быть в пределах от 0 до 6 дБ.

Для оценки входного сигнала по величине затухания и подстройки характеристик под частотную характеристику кабеля в обратных пропорциях необходим – адаптивный эквалайзер

Для восстановления тактовой частоты из кода HDB3 необходим

- восстановитель тактовой частоты

Также после демультимплексирования E3 в E1 необходим

-гаситель фазового дрожания

Исходя из параметров нашли наиболее подходящие интерфейсные микросхемы

Это Maxim DS26303 или Intel LXT385

Эти микросхемы схожи по параметрам но DS26303 можно использовать без согласующих резисторов поэтому мы выбираем.

DS26303 Maxim

Для согласования линии рекомендовано производителем интерфейсной микросхемы использования трансформаторов **TG05-1505NV6 HALO**

5.1.4 Интерфейсные схемы E3

По стандарту ГОСТ 26886-86 для передачи каналов E3 необходимо использовать

- код HDB 3

- выходное сопротивление 75 Ом

- затухание стыковой цепи на частоте 17184кГц должно быть в пределах от

0 до 12 дБ.

Для оценки входного сигнала по величине затухания и подстройки характеристик под частотную характеристику кабеля в обратных пропорциях необходим - адаптивный эквалайзер

Для восстановления тактовой частоты из кода HDB3 необходим

- восстановитель тактовой частоты

Необходимым требованиям соответствуют несколько микросхем

Maxim DS3150 или 78P7200 TDK

Но так как в 78P7200 TDK отсутствует гаситель фазового дрожания мы выбираем

DS3150

Для согласования линии рекомендовано производителем интерфейсной микросхемы использования трансформаторов **TG07-0356 HALO**.

5.2 Описание принципиальной схемы платы мультиплексора

Принципиальная схема приведена в ПРИЛОЖЕНИЕ Е, перечень элементов ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Разъемы [XS1, XS2] предназначены для передачи 32 двунаправленных каналов E1, между платами «мультиплексора» и «индикаторов». Сигналы с разъемов поступают на трансформаторы [TV1–TV6] по линиям связи [I1.T–I32.T, I1.R–I32.R, O1.T–O32.T, OI1.R–OI32.R].

Трансформаторы [TV1–TV6] выполняют функцию согласования выходного сопротивления каскада усилителя и волнового сопротивления среды распространения, гальваническую развязку с внешней средой, формирование разнополярного кода HDB3 используемый принцип трансформации.

С трансформаторов [TV1–TV6] каналы E1 поступают на входы [DD1–DD4] RTIP, RRING по линиям связи [RT1–RT32, RR1–RR32] с выходов TTIP, TRING по линиям связи [TT1–TT32, TR1–TR32].

Интерфейсные микросхемы E1 [DD1–DD4] выполняют несколько задач

- оценка входного сигнала по величине затухания и подстройки частотных характеристик под частотную характеристику кабеля в обратных пропорциях
- восстановления из кода HDB3
- преобразования в код HDB3
- восстановление тактовой частоты из кода HDB3
- гашение фазового дрожания
- возможность включения шлейфов для проверки работоспособности отдельных частей модуля мультиплексора.

– чтение регистров состояния и загрузка конфигурации в микросхемы [DD1,DD4] производится «Процессорным модулем» по интерфейсу SPI линии связи [SPCK,MOSI,MISO,CS/LIU1– CS/LIU4].

– каналы E1 в микросхемы подключены по линиям связи [RD1–RD32, RC1–RC32, TD1–TD32, RC1–RC32, TC1–TC32,] к ПЛИС DD6.

Диодные мосты [VD1–VD32] защита от наведенных помех на кабель выходного сигнала .

Конденсаторы [C68–C99] для улучшение формы импульса рекомендованы для установки с трансформаторами [TV1–TV6] в описании на интерфейсные схемы E1 [DD1–DD4].

Резисторы [R3–R18,R30–R45,R50–R65,R70–R85, R91–R96, R98– R103, R107–R116, R118–R120, R134– R140, R142– R147, R149– R154,R160–R169, R171–R177, R179–R193] от интерфейсных микросхем [DD1–DD4] до ПЛИС DD6 необходимы для гашения паразитных колебаний и уменьшения добротности и контура образованного линией соединения и входной емкости [DD1–DD4,DD6].

Конденсаторы [C1–C4,C6–C9,C17–C20,C22–C25,C35–C38,C40–C43, C51–C55,C57–C60,C11–C14,C27–C32,C45–C48,C62–C65,C100,C102, C104– C137, C139, C141, C150–C176,C182,C184,C192,C193C200] – фильтрация высокочастотной составляющей на входах питания и шлейфов микросхем.

Конденсаторы [C5,C10,C15,C16,C21,C26,C33,C34,C39,C44,C49,C50,C56,C61, C66,C67,C101,C103,C149, C198] электролиты для сглаживания низкочастотных пульсаций.

Резисторы [R26–R29] – для уменьшения влияния входов микросхем [DD1–DD4] друг на друга и на генератор G1

Резисторы [R19,R46,R66,R86] – для уменьшения влияния входов микросхем [DD1–DD4] друг на друга и на выход «Процессорного модуля» по линии связи MISO

Генератор G1 для генерации тактовой частоты 16,384Мгц интерфейсных микросхем [DD1–DD4].

Резисторы [R22,R25] – делитель напряжения задающий отстройку генератора G1 в ppm в данной схеме отстройка выставлена 0.

Резисторы [R23,R105,R127] – для ограничения тока задающего сигнала входа EN генератора.

Резисторы [R1,R2,R21, R24, R48, R49, R48, R49,R68, R69] – делитель задающий напряжение на входе MODE микросхем [DD1–DD4] для включения последовательного порта SPI.

Резисторы [R20, R47, R67, R87] – ограничения тока сигнала задающего режимы работы микросхем [DD1–DD4] вход MOT/INTL включен в код HDB3, вход CLKE выбран режим работы синхронизации SPI по положительному фронту, вход OE отключен режим высокого импеданса по выходам [TTIP,TRING].

Разъем [XP1] – подключение JTAG для отладки и программирования интерфейсных микросхем [DD1–DD4] подключенных к входам [TDI,TDO,TCLK,TMS] по линиям связи с соответствующим названием.

Разъем XS3 предназначен для подключения платы «Процессорного модуля» и передачи сигналов управления с него.

Линии связи:

- LINK/USB сигнал с микросхемы DA5 идентифицирует устройство подключенное через USB Host или Device;
- [SPCK,MOSI,MISO,CS0–CS1] сигналы интерфейса SPI через которые производится чтение и загрузка конфигурации регистров микросхем [DD1–DD4], загрузки и выгрузки таблицы коммутации в ПЛИС DD6;
- [UART0/RX, UART0/TX,UART0/RX, UART0/TX] сигналы подключения последовательного порта «Процессорного модуля» и интерфейсных микросхем DD9;

Дешифратор DD5 необходим для разделения работы по SPI так как интерфейс в один момент может быть подключено только одно устройство «Процессорного модуля» задает адрес устройства с которым будет работать с помощью входов[CS0–CS2] есть возможность выбора ПЛИС и четырех и нтерфейсных микросхем по линиям [CS/PLM, CS/LIU1- CS/LIU4].

Разъем XS4 соединяет платы «мультиплексора» и «индикаторов» и подключение 4 двухцветных светодиодов информирующих о состоянии каналов «E3.1» «E3.2» «E1» «Синхронизации» к плате «Процессорного модуля» по линиям связи [LED/E1/Y, LED/E1/G, LED/E3.1/Y, LED/E3.1/G, LED/E3.2/Y, LED/E3.2/G, LED/SINHR/Y, LED/SINHR/G].

Резисторы [R88– R90] – ограничения тока задающего сигнала на входы генератора «Процессорного модуля» по линиям связи [FAULT, MOSI, SPCK].

Генератор G2 формирования тактовой частоты 16,384 МГц эта тактовая частота подается на ПЛИС DD6 где на PLL преобразовывается и используется для формирования каналов E1.

Генератор G3 формирования тактовой частоты 34,368 МГц эта тактовая частота подается на ПЛИС DD6 где на PLL преобразовывается и используется для формирования каналов E3 а также используется как основная для работы схем коммутации и преобразования каналов в ПЛИС DD6.

Резисторы [R106, R104] – делитель напряжения задающий отстройку генератора G2 в ppm в данной схеме отстройка выставлена 0.

Резисторы [R128, R126] – делитель напряжения задающий отстройку генератора G3 в ppm в данной схеме отстройка выставлена 0.

ПЛИС [DD6] – предназначена для мультиплексирования демultipлексирования двух потоков E3 в 16 потоков E1 для каждого E3 с возможностью перекоммутации каналов E1 с таймслотами потока E3. А также подключение Ethernet с возможностью изменения скорости канала за счет увеличения или уменьшения каналов E1 отведенных под Ethernet

По линиям [PLM/TD0–PLM/TD7, PLM/CLK, PLM/TEN, P10/TD0–P10/TD7, P10/CLK, P10/TEN] ПЛИС подключена к коммутатору Ethernet в режиме **GMII**.

Индуктивности [L1–L4] – подавление высокочастотной составляющей сформированной переключением элементов в ПЛИС.

Резисторы [R121, R122, R124, R125, R132, R133] – согласование волнового сопротивления дифференциальных линий связи каналов E3.

Микросхемы [DA1–DA2] – восстановления тактовой частоты E3 полученного с оптического модуля на плате «Интерфейса комбинированного» по линиям связи [F2E3/RX/I-, F2E3/RX/I-, F1E3/RX/I-, F1E3/RX/I-] через разъем XS5.

Конденсаторы [C138, C140, C142, C143– C145] фильтр низкочастотной составляющей

Резисторы [R194,R195] – ограничения тока сигнала задающего режимы работы микросхем [DA1–DA2] по входу адреса SADDR.

Разъем XS5 соединение плат «мультиплексора» и «интерфейса комбинированного» подключение через него от ПЛИС потока E3 к интерфейсным схемам. По линиям связи [1E3/DO+,1E3/DO-,1E3/CO+,1E3/CO-,1E3/DI+,1E3/DI-,1E3/CI+,1E3/CI-,2E3/DO+,2E3/DO-,2E3/CO+,2E3/CO-,2E3/DI+,2E3/DI-,2E3/CI+,2E3/CI-] , а также сигналов управления шлейфами интерфейсных микросхем [1E3/LB0,1E3/LB1,2E3/LB0,2E3/LB1]. Сигналы информируют о наличие подключенной линии [F1E3/SD/A, F1E3/SD/B, 1E3/LOS/A, 2E3/LOS/B, SD/FGE].

Разъем XP2 подключение JTAG для отладки и программирования интерфейсных ПЛИС [DD6] подключенных к входам [TDI,TDO,TCLK,TMS] по линиям связи [PLM/TDI, PLM/TDO, PLM/TCLK, PLM/TMS].

Загрузка конфигурационной прошивки осуществляется «Процессорным Модулем» по линиям связи [MOSI,SPCK,STATUS,CONFIG]

Микросхема DD7 коммутатор Ethernet первые три порта имеющие встроенный преобразователь физического уровня, которого подключены к согласующим трансформаторам [TV7–TV9]. Восьмой порт по линиям связи [FGE/RX+, FGE/RX+, F2E3/RX/I-, F1E3/RX/I-, F1E3/RX/I-] подключен через разъем XS5 к плате «интерфейс комбинированный» на оптический модуль Ethernet. Порт 9 по линиям связи [P9/TD0– P9/TD3,P9/TEN,CPU/TD0– CPU/TD3,CPU/TEN] в режиме МП подключен плате «Процессорный модуль» через разъем XS5. Порт 10 по линиям связи [PLM/TD0–PLM/TD7,PLM/TEN,PLM/CLK,P10/TD0–P10/TD7 ,P10/TEN,P10/GTCK] в режиме МП подключен к ПЛИС DD6.

Генератор G2 формирования тактовой частоты 25МГц эта тактовая частота подается на коммутатор Ethernet DD7, ПЛИС DD6, «Процессорный модуль» где используется как опорная тактовая частота.

Микросхема DD8 – используется как усилитель по току.

Резисторы [R202–R217] согласование волнового сопротивления дифференциальных линий связи по Ethernet.

Резисторы [R218, R235–R240] ограничения тока светодиодов состояния на плате «Индикаторов» по линиям связи [TXLED/1TX– TXLED/31TX, LED/1LINK–LED/3LINK].

Разъем [XS7–XS9] соединение плат «мультиплексора» и «индикаторов» подключение через него с внешних разъемов на плате «индикаторов» смгналов приемника и передатчика DD7 по линиям связи [1/TX+ – 3/TX+,1/TX- – 3/TX-,1/RX+ – 3/RX+,1/RX- – 3/RX-].

Резисторы [R196–R201] защита от наведенных импульсных помех.

Компоненты [L5–L7,C161–C163] фильтр помех выходного усилителя передатчиков DD7.

Индуктивность L8 развязка земли источника от цифровой земли плат по высокой частоте

Микросхемы [DA3,DA8] импульсный преобразователь питания 3.3В в 2.5В и 3.3В в 1.2В соответственно. Питание 1.2В используется для работы ядра ПЛИС DD6 и ядра коммутатор Ethernet . Питание 2.5В необходимо для работы портов коммутатор Ethernet и банки входных портов DD6 подключенных к Ethernet.

Резисторы [R250,R252,R267,R268] делитель напряжения используется для установки выходного напряжения. Средняя точка делителя соединена через контакт XFB обратной связи .

Конденсаторы [C178,190] плавного пуска ,подключен, между этим выводом и AGND. Значение этого конденсатора определяет время запуска.

Конденсаторы [C186,199] являются частью схемы компенсации обратной связи опережение фазы конденсатора также необходим для стабилизации цикла.

Конденсаторы [C185,196] фильтр низкочастотных помех на выходе импульсный преобразователь питания [DA3,DA8].

Разъем XS11 соединение плат «мультиплексора» и «индикаторов» подключение через него внешней синхронизации на трансформатор [TV10] и интерфейс USB на .

Трансформатор [TV10] выполняет функцию согласования выходного сопротивления каскада усилителя и волнового сопротивления среды распространения, гальваническую развязку с внешней средой.

Резисторы [R251,R258] делитель напряжения используется для установки напряжения на положительном входе компаратора DA7.

Резисторы [R259,R260] ограничение тока на входы компаратора DA7.

Резисторы [R253] согласование волнового сопротивления линий связи .

Компаратор DA7 выполняет функцию приведению к TTL уровню сигналов полученных с трансформатора TV10.

Микросхема DD12 преобразовывает TTL уровни сигнала в дифференциальную линию LVDS подключена по линиям связи [SYNC/I+, SYNC/I-] к ПЛИС DD6.

Микросхема DD13 преобразовывает дифференциальную линию LVDS в TTL уровни сигнала подключена по линиям связи [SYNC/O+, SYNC/O-] к ПЛИС DD6.

Диодный мост [VD34] защита от наведенных помех на кабель выходного сигнала.

Резисторы [R256, R255] получение импульсов необходимого напряжения ограничение тока с выходов микросхемы DD11.

Микросхема DD11 – переверт фазы сигнала с микросхемы DD13 и как усилитель по току.

Разъем XS10 соединение плат «мультиплексора» и «индикаторов» подключение через него сигналов отключения питания микросхемы DA6 ON/OFF линий питания и заземления. На плату «индикаторов» сигнал отключения питания USB.

Резисторы [R257,R265] – ограничения тока сигнала задающего режимы работы

DD11.

Резисторы [R245–R249,VD33] – задают сигнал на выходе RC/BUS когда оптрон VU1 находится в выключенном состоянии.

Оптрон VU1 выполняет функцию оптической развязки внешней цепи от внутренних цепей.

Фильтр [Z1,Z2,Z4] не симметричных помех.

Фильтр [Z3] симметричных помех.

Импульсный преобразователь напряжения DA6 постоянное напряжение из $\pm 27\text{В}$ в 3.3В .

Микросхема DA9 представляет из себя переключатель высокоскоростных сигналов подключает к выходу один из двух дифференциальных входов [USB/DD+, USB/DD-]либо [USB/HD+, USB/HD-].

Микросхема DD10 гальваническая развязка USB порта от внешней среды.

Резисторы [R243, R244,R262, R263] выполняют функцию установки скорости порта USB.

Микросхема DA10 гальванически развязного сигнала подключения USB HOST на плату«Процессорного модуля » по линии связи LINK/USB.

Микросхема DA4 для организации гальванически развязного питания USB HOST.

Резисторы [R251–R254] – делитель напряжения используется для установки выходного напряжения. Средняя точка делителя соединена через контакт VS обратной связи .

Фильтр [194] синфазных помех.

Трансформатор TV11 является преобразующим элементом и согласующим уровень напряжения и тока, которые затем выпрямляются на VD36.

Диод VD36 Для пропуска импульсов положительной полярности

[C195,R266,C197] резистивно-емкостной фильтр, обеспечивающий сглаживание выходного напряжения.

5.3 Выводы по главе

Схема электрическая принципиальная приведена в ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

В данной главе произвели выбор и обоснование элементной базы. Электрическая принципиальная схема платы мультиплексора построена на основе структурной и функциональной схем. На основе электрической принципиальной схемы будет разработана печатная плата мультиплексора. Разработка схемы проводилась в САПР Altium Designer .

6 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

Разрабатываемая программа предназначена для реализации части функциональных возможностей модуля мультиплексора 32xE1-2xE3 на ПЛИС фирмы Altera EPC16F484 на языке описания аппаратуры system verilog 2005.

6.1 Алгоритм работы программы.

В ПРИЛОЖЕНИИ Д приведена схема верхнего файла TOP.v реализации функциональных блоков и их связь между собой.

6.1.1 Алгоритм работы коммутатора E1

Существует несколько способов решения данной задачи

1. Демультимплексировать E3 в каналы E1 а после через таблицу адресов направлять каждый вход каждого канала на выход канала E1 соответственно таблице но так как каждый вход канала E1 должен иметь мультиплексор для подключения к выходу канала E1 а когда каналов E1 в общей сложности 64 то получается что должно быть 64 мультиплексора изображенный на рис.6. каждый из которых может коммутироваться на 64 канала выходов что потребует достаточно большого количества ресурсов.

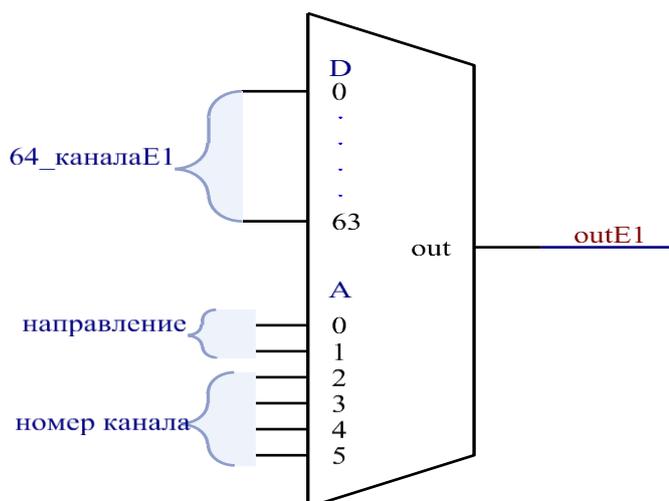


Рис. 6. Реализация мультиплексора коммутации одного 64 E1 с одним выходом E1

2. Коммутацию каналов можно организовать через память для этого необходимо все каналы с E1 так и с таймслотов E3 структурировать в один поток данных и записывать в память а с другой стороны читать структурированный поток в последовательности заданной в таблице коммутации. Для структурирования потоков необходимо поднять частоту чтобы за один период E1 можно было записать все 64 полученных канала и соответственно за один период прочитать все 64 канала. Данный способ реализации является более эффективным так как потребует меньшее количество ресурсов.

Мы выбрали второй способ и реализовали его. Частоту тактирования было решено выбрать в $4 \cdot 34,368 = 137 \text{ МГц}$ для того чтобы все каналы 64 канала E1 можно было уложить в период E1. На схеме ПРИЛОЖЕНИИ Г приведена схема в которой показана реализация коммутатора.

Каналы E1 $iE1_data[31:0]$ $iE1_clk[31:0]$ со входов поступают в блок перетактирования на более высокую частоту `front_detect` так как необходимо перейти на ту частоту на которой работает схема тем самым получают перетактированные данные $w_E1_data_fast[31:0]$ и разрешающие сигналы $w_E1_val_fast[31:0]$.

Структурирования 32 потоков E1 выполняют два блока `path_scheduler` каждый по 16 потоков. Данные полученные с 16 каналов E1 $w_E1_data_fast[15:0]$ и разрешающие сигналы $w_E1_val_fast[15:0]$ упаковывается в 6 линий $rdata[0]$ данные $rval[0]$ разрешающие сигнал и $rch[0][3:0]$ указатель принадлежности данных каналу. Соответственно данные полученные с линий $w_E1_data_fast[31:16]$, $w_E1_val_fast[31:16]$ упаковываются в $rdata[1], rval[1], rch[1][3:0]$.

Так как все потоки E1 являются асинхронными необходимо их выровнять чтобы данные и разрешающие сигналы шли равномерно, эту функцию выполняет блок нормализации потока `retact_ram.v` таких блока установлено 4 штуки 2 для нормализации потока с `path_scheduler_v2` и 2 нормализуют данные демультиплексоров с которых поступают уже в структурированном виде E3.1 $rdata[2], rval[2], rch[2][3:0]$ E3.2 $rdata[3], rval[3], rch[3][3:0]$.

Полученные структурированные данные с 16 каналов в каждом потоке поступают на блок объединения каналов в один поток `path_scheduler.v` который еще более уплотняет и получает поток вида `data` данные `val` разрешающий сигнал `ch[3:0]` указатель канала `path[1:0]` указатель направления с которого получены данные. Полученный поток поступает на блок формирования адреса `get_packed_wr_addr` к структурированным данным добавляет адрес ячейки памяти в которую будет записываться данные с каждого канала. Таким образом адрес `wr_addr[10:0]` имеет структур изображенную на рис.7.

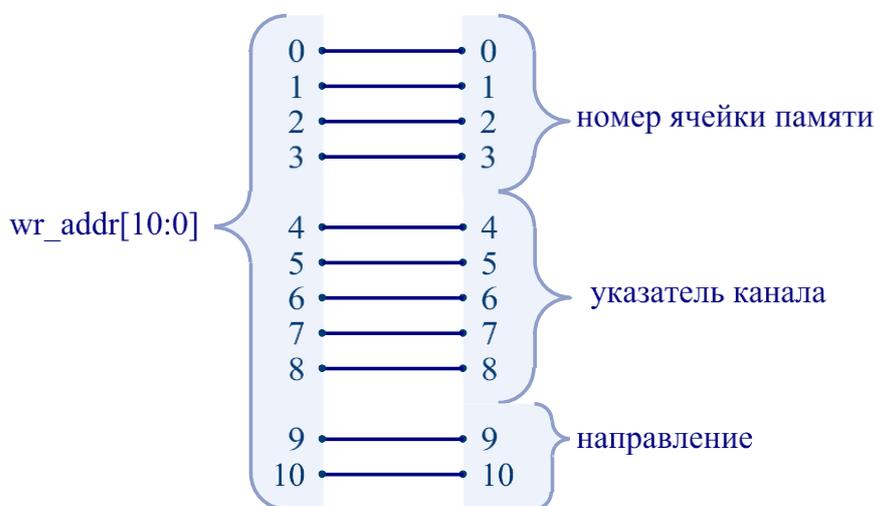


Рис. 7. Структура данных в шине `wr_addr`

С блока формирователя адреса данные поступают на блок памяти объемом для каждого по 32 ячейки памяти таким образом величина памяти составит 64×32 2048Кбит.

После того как данные записаны в память осталось их считать из памяти этим занимается «блок формирования адреса на чтение и разрешающих сигналов» `get_packed_rd_addr` выдает необходимый адрес согласно таблице коммутации `nbyte_table` и выдает данные на выход в структурированном виде.

Запись данных в таблицу коммутации реализует блок «блок SPI» `spi_ctrl` данные получает от внешнего устройства и перезаписывает таблицу.

Таблица коммутации представляет из себя блок памяти для хранения 64 байт информации пример начальной таблицы коммутации которая будет загружена приведен в таблице.5. Данная таблица подключает входы первых 16 каналов E1 К выходам каналов E1 в таймслотах потока E3.1. Соответственно к выходам E1 таймслотов E3.2 подключены входы E1 с 17 по 32 .Входы таймслотов E1 в потоках E3 подключены к выходам каналов E1.Также в этой таблице указано что ни один канал E1 не отдан под Ethernet (6бит) .На выход 2 направления уходят на мультиплексирования в блок Мультиплексора E3 а два направления уходят на блоки выравнивания скорости E1 после чего поступают на выход.

Таблица 5 – Начальная таблица коммутации

Направление (входы)	Адрес	[7:0]байт конфигурации(выход)			
		[7]бит резерв	[6]бит Принадлежност и канала к E1 либо Ethernet	[5:4]бит направл ение на выход	[3:0]бит Указатель канала на выход
Входы каналов E1 с 1 по 16	0x0	–	0	0	0
	0x1	–	0	0	1
	0x2	–	0	0	2
	0x3	–	0	0	3
	0x4	–	0	0	4
	0x5	–	0	0	5
	0x6	–	0	0	6
	0x7	–	0	0	7
	0x8	–	0	0	8
	0x9	–	0	0	9
	0xA	–	0	0	A
	0xB	–	0	0	B
	0xC	–	0	0	C
	0xD	–	0	0	D
	0xE	–	0	0	E
	0xF	–	0	0	F
Входы каналов E1 с 17 по 32	0x10	–	0	1	0
	0x11	–	0	1	1
	0x12	–	0	1	2
	0x13	–	0	1	3
	0x14	–	0	1	4

Продолжение таблицы 5

	0x15	–	0	1	5
	0x16	–	0	1	6
	0x17	–	0	1	7
	0x18	–	0	1	8
	0x19	–	0	1	9
	0x1A	–	0	1	A
	0x1B	–	0	1	B
	0x1C	–	0	1	C
	0x1D	–	0	1	D
	0x1E	–	0	1	E
	0x1F	–	0	1	F
E1 с 1 по16 в таймслотах канала E3.1	0x20	–	0	2	0
	0x21	–	0	2	1
	0x22	–	0	2	2
	0x23	–	0	2	3
	0x24	–	0	2	4
	0x25	–	0	2	5
	0x26	–	0	2	6
	0x27	–	0	2	7
	0x28	–	0	2	8
	0x29	–	0	2	9
	0x2A	–	0	2	A
	0x2B	–	0	2	B
	0x2C	–	0	2	C
	0x2D	–	0	2	D
	0x2E	–	0	2	E
	0x2F	–	0	2	F
E1 с 17 по 32 в таймслотах канала E3.2	0x30	–	0	3	0
	0x31	–	0	3	1
	0x32	–	0	3	2
	0x33	–	0	3	3
	0x34	–	0	3	4
	0x35	–	0	3	5
	0x36	–	0	3	6
	0x37	–	0	3	7
	0x38	–	0	3	8
	0x39	–	0	3	9
	0x3A	–	0	3	A
	0x3B	–	0	3	B
	0x3C	–	0	3	C
	0x3D	–	0	3	D
	0x3E	–	0	3	E
	0x3F	–	0	3	F

6.1.2 Алгоритм работы мультиплексора и демультиплексора E3

Мультиплексор E3 данные полученные с «блока выбора данных Ethernet E1» согласно плезиохронной цифровой иерархии поэтапно упаковывает 16 каналов E1 в 4 потока E2 потом 4 потока E2 упаковывает в один E3 соблюдая структуру кадра описанную в стандарте ITU G.751 для E3 и структура кадра ITU G.742. основные параметры которой изображены на рис.8. и в таблице 6. Для передачи информации демультиплексору о том какие потоки E1 отданы под Ethernet в каждый поток E3 мультиплексируются дополнительные каналы с этой информацией и заголовком через фиксированное время для синхронизации.

«Мультиплексор дополнительного канала E3.1» mux_sub_ch мультиплексирует служебную информацию в свободные S биты в моменты отсутствия стаффинга.

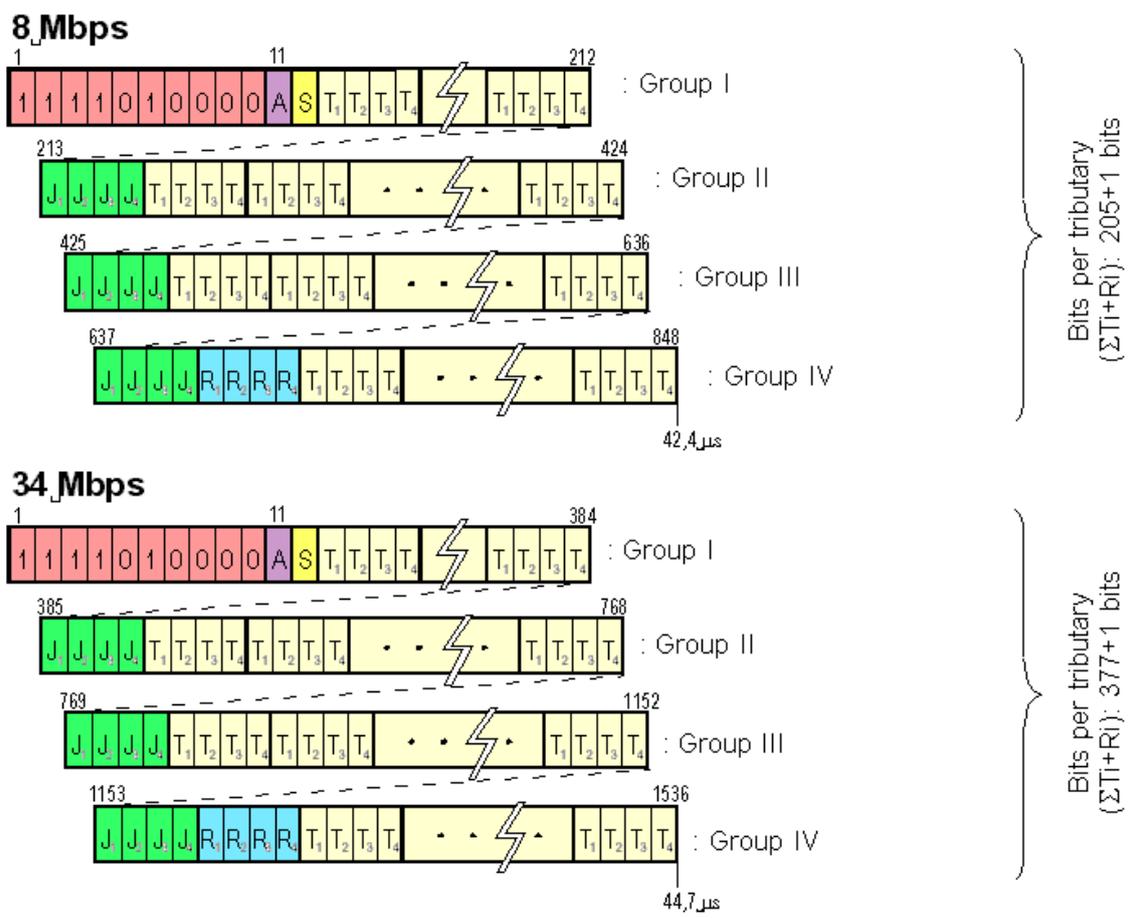


Рис. 8. Структуры кадра E3 и E2

Таблица 6 – Характеристики PDH

	Standard	Binary Rate	Size	Frame/s	Code	Amplitude	Attenuation
E1	G.704/732	2,048 kbps±50 ppm	256 bits	8,000.0	HDB3	2.37-3.00V	6 dB
E2	G.742	8,448 kbps±30 ppm	848 bits	9,962.2	HDB3	2.37V	6 dB
E3	G.751	34,368 kbps±20 ppm	1536 bits	22,375.0	HDB3	1.00V	12 dB
E4	G.751	139,264 kbps±15 ppm	2928 bits	47,562.8	CMI	1.00V	12 dB

«Демультимплексор E3» E3demux_v2.v производит поэтапную разборку канала E3 сначала в 4 E2 после в 16 E1 в структурированной форме rdata[2] данные rval[2] разрешающие сигнал и rch[2][3:0] указатель принадлежности данных каналу.

Также демультимплексор выделяет из основного потока дополнительный канал со служебной информацией который уходит на «демультимплексор доп. канала E3.1» который в свою очередь достает информацию о принадлежности каналов E1 в таймслотах E3 Ethernet и передает по 16 разрядным линиям связи ren_eth_e1[2][15:0] «Блок склеивания Ethernet с каналов E3»

6.1.3 Алгоритм работы блока согласование скоростей выходного потока с коммутатором Ethernet.

«Блок согласования скорости Ethernet» и Радиоканала» gigabit данные полученные из коммутатора Ethernet через «блок выбора режима работы порта МП ГМП» в одном из режимов работы записываются в память для того чтобы с другой стороны можно было считать с другой скоростью. Но для того чтобы данные не переполнялись в памяти та как скорость либо 100Мбит/с либо 1000Мбит/с а канал в который эти данные пойдут имеет полосу пропускания от 1 Е1 до 32 а это значит что скорость с которой данные будут читаться из памяти всегда ниже. Вариантами решения этой задачи видится два пути первый увеличения скорости для того чтоб успеть забирать данные но так как каналы фиксированные это не реализуемо. Второй способ замедление потока Ethernet на коммутаторе Ethernet . «Блок согласования скорости Ethernet» когда начинается переполнение памяти, отправляется пакет на коммутатор с командой притормозить поток, тем самым коммутатор увеличивает паузу между пакетами Ethernet, уменьшая пропускную полосу канала.

6.1.4 Алгоритм работы блока мультиплексора демультиплексора Ethernet с возможность работы в режиме 2+0.

«Мультиплексор Ethernet» mux_Eth_ch к полученному потоку данных с «Блока согласования скорости Ethernet» добавляет заголовок синхраслово которое будет повторяться через определенный период и формирует из параллельных потока данных последовательные и записывает в таймслота Е1 в потоке Е3 в моменты разрешения сформированные «блоком формирования адреса на чтение и разрешающих сигналов».

Демультимплексирование потоков Ethernet чтобы собрать поток с двух потоков E3 предварительно необходимо выровнять потоки относительно друг друга для этого в схему был добавлен «блок выравнивания потоков E3» E3_hyst_del.v. После того как данные в обоих E3 выровнены и демультимплексированы необходимо получить информации о том какие таймслота в потоке E3 отданы используются под Ethernet. Вся эта необходимая информация хранится в «демультимплексоре доп. канала E3» эта информации постпает на блок «Блок склеивания Ethernet с каналов E3» где собирает с двух E3 в один поток данные Ethernet и отправляет их на выходы.

6.2 Выводы по главе

В программной части дипломного проекта был описан алгоритм программы модуля мультиплексора 32E1xE3 функциональная схема программы приведена в ПРИЛОЖЕНИЕ Д. На основе описанного алгоритма разработано программное обеспечение на ПЛИС фирмы Altera EPC16F484 на языке описания аппаратуры system verilog 2005. Программа разрабатывалась в интегрированной среде разработки Quartus II 9.1 отладка алгоритма работы проводилось программе симуляции Questa SIM 10.0b.

7 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Основными задачами данного раздела является разработка комплекта конструкторской документации для возможности воспроизводства «платы мультиплексора». Такой комплект представляет собой сборочный чертеж, спецификация, и файлы Gerber необходимые для изготовления печатной платы.

По разработанной принципиальной схеме ПРИЛОЖЕНИЕ Г необходимо развести печатную плату в одной из САПР т.к для разработки принципиальной схемы была выбрана САПР Altium Designer то и разводка печатной платы будет проведена в этой среде.

7.1 Определение класса точности печатной платы.

В ГОСТ 23.751-86 приведено пять классов точности печатных плат, в документации на печатную плату должно быть указано по какому классу точности ПП должна быть изготовлена. Класса точности всегда связан с возможностями конкретного производителя.

От комплекса технологических характеристик зависит точность изготовления печатных плат.

В первую очередь это минимальной ширины проводников и минимальный зазор между элементами проводящего рисунка.

Так корпус ПЛИС выбран BGA484 расстояние между металлизированными площадками данного корпуса микросхемы 0,508мм, необходимо предусмотреть возможность провести проводник и установку переходного отверстия.

Таким образом, проводник у нас будет 0,2мм а расстояние до площадок 0,15мм. Чтобы переходные отверстия вместились между площадками. Величина переходных отверстий внешнего ободка выбрана 0,4 , а внутреннего 0,2мм.

Для возможности развести корпуса BGA484 с заполнением выводов на 80% необходимо как минимум 4 сигнальных слоя, а также 2 слоя питания чтобы упростить схему разводки.

минимальное расстояние между проводниками 0,15мм;

минимальная ширина проводника 0,2мм;
переходное отверстие ширина ободка 0,1мм;
диаметр отверстия 0,2мм;
печатная плата многослойная 6 слоев

4 сигнальных,
2 слоя питания,

Исходя из габаритных размеров разрабатываемого прибора а так как он будет устанавливаться в стойку 19U и займет 2U выбираем необходимый размер печатной платы. Мы определили размер под корпус и он равен 415×85 мм.

Печатная плата в соответствии с ГОСТ 10317-79 должна быть прямоугольной или квадратной, линейный размер сторон должен быть не более 470 мм, а размеры сторон должны быть кратны:

2,5 длина до 100мм;
5 длина до 350мм;
10 длине более 350 мм.

В соответствии с ГОСТ стороны печатных плат могут быть увеличены по договоренности с производителем.

Так как у плата многослойная ,а длина достаточно большая то и жесткость нужно выбирать соответствующую.Толщина ПП должна соответствовать числу из ряда: 0,8; 1,0; 1,5; 2,0. Большой площади – числам конца ряда. Мы выбрали толщину 2мм

7.2 Разработка печатной платы

Печатные платы делятся по конструктивному исполнению на жесткие и гибкие:

односторонние;
двусторонние;
многослойные.

Для «платы мультиплексора» необходимо использовать шестислойную ПП. МПП представляет собой узел, состоящий из сигнальных и изоляционных слоев,

соединенными между собой металлизированными отверстиями. Между сигнальными слоями ПП располагаются четыре слоя: «сигнальный слой1» слой «земли» слой «питания» «сигнальный слой2».

Основные преимущества МПП получены за счет увеличения плотности монтажа :

Меньшие габариты, масса аппаратуры длина электрических связей тем самым улучшает качество сигналов между компонентами.

наличие внутренних слоев экранирующих, которые позволяют защитить схему от внешних и внутренних помех.

Недостатки многослойных печатных плат:

стоимость;

высокая трудоемкость при изготовлении и проектировании;

большой процент брака в сравнении двухслойных печатных плат;

вероятность нарушения связей проводников в местах контактных площадок внутренних слоев и переходных отверстиях ;

высокая точность изготовления элементов фотошаблона.

В соответствии с ГОСТ 2.3751-86 для данного и учитывая приведенные данные, а также плотность монтажа разрабатываемого изделия необходимо выбрать 4-ой класс точности изготовления платы.

В соответствии с возможностями производителя материал для платы слоистый эпоксидный материал из стекловолокна FR-4. Толщина 2 мм, т. к. печатные платы из слоистый эпоксидного материала из стекловолокна характеризуются меньшей деформацией. Толщина фольги выбран 0,035мм исходя из класса точности 4.

Так как на ПП иметь более семи различных диаметров отверстий не желательно. Все отверстия должны выполняться металлизированными кроме крепежных.

7.3 Выводы по главе

В конструкторском разделе дипломного проекта были рассмотрены : плотности монтажа, линейным размерам, требования к форме, толщине платы и размещению компонентов на печатной плате. А также, рассмотрены параметры печатных плат и их конструкции.

Разработана «печатная плата мультиплексора». Представлены основные характеристики и параметры разработанной ПП. Печатная плата по принципиальной схеме была разведена в САПР Altium Desiner и получены необходимые файлы для производства ПП .Чертеж печатной платы мультиплексора представлен в приложении З. Спецификация сборочного чертежа приведена в приложении Б. Сборочный чертеж на плату мультиплексора приведен в приложение Ж.

8 ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

По разработанной документации были изготовлены 2 опытных образца «Модуля мультиплексора 32xE1-2Eх3» рис.9.

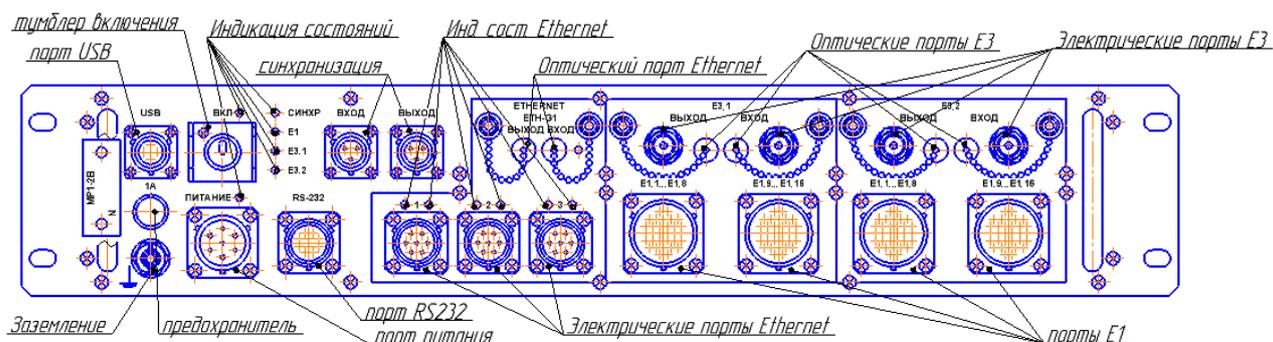


Рис. 9. Внешний вид передней панели «Модуля мультиплексора 32xE1-2Eх3».

8.1 Технические требования к «Модулю мультиплексора 32xE1-2Eх3».

8.1.1 «Модуль мультиплексора 32xE1-2Eх3» должен мультиплексировать 32 потока E1 в два потока E3 и демultipлексировать его в 32 потоков E1. Входные и выходные цепи потоков E1 и E3 должны удовлетворять требованиям ГОСТ 26886-86.

8.1.2 Изделие должно иметь возможность перекоммутации любого канала E1 с любым таймслотом в E3.

8.1.3 Изделие должно обеспечивать упаковку потока Ethernet в поток E3.1 E3.2 с возможностью установки полосы пропускания от одного E1 до тридцати двух потока E1.

8.2 Методики испытаний.

8.2.1 Методика проверки мультиплексирования демультимплексирования каналов E1 в E3.

Проверку изделия по п.8.1.1 проводить при помощи измерителя коэффициента ошибок и фазовых дрожаний ИКО-1G по схеме в соответствии с рис.10.

Собрать схему в соответствии с рис.10.

Включить измерительный прибор и источник питания. Включить «Модуль мультиплексора 32xE1-2Ex3». Убедится по свечению светодиода «ПИТАНИЕ» о наличии входного напряжения. Тублером «вкл» включить прибор «Модуля мультиплексора 32xE1-2Ex3». Убедиться по свечению светодиода «ВКЛ» что загрузка конфигурации мультиплексора выполнена успешно. Подключить к «Модуля мультиплексора 32xE1-2Ex3» и ИКО1-G компьютер с загруженным программным обеспечением «Мастер М».

На ИКО-1G установить измерение количество коэффициента ошибок за интервал 20 с. На выходе установить частоту 2048 кГц, структуру псевдослучайной последовательности ПСП длиной $(2^{15} - 1)$ символов, код HDB-3, амплитуду сигнала 3 В.

Произвести измерение количества и коэффициента ошибок потока E1.1- E1.16 за интервал 20 с. Количество ошибок должно быть равно нулю, а коэффициент ошибок $< 2,50 \cdot 10^{-8}$ для каждого потока E1.

Провести аналогичные измерения по потокам E1.17- E1.32

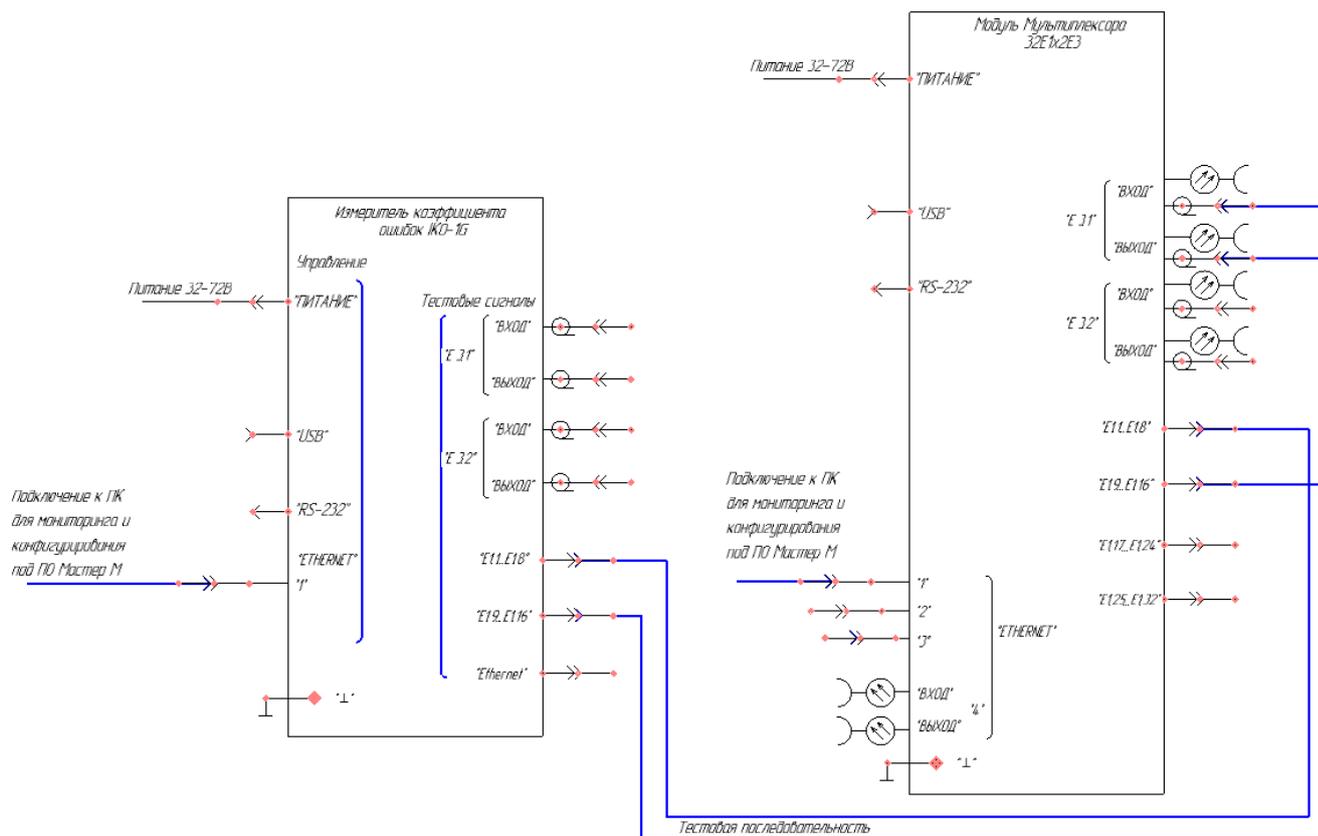


Рис. 10. Схема тестирования мультиплексирования демультиплексирования E1 в E3.

8.2.2 Методика проверки коммутации E1 в таймслота E3.

Не выключая приборов произвести проверку изделия по п.8.1.2 по схеме в соответствии с рис.11.

На ИКО-1G установить измерение количество коэффициента ошибок за интервал 20 с. На выходе установить частоту 2048 кГц, структуру псевдослучайной последовательности ПСП длиной $(2^{15} - 1)$ символов, код HDB-3, амплитуду сигнала 3 В. Произвести измерение количества и коэффициента ошибок потока E1.1- E1.8 и E1.25- E1.32 за интервал 20 с по всем потокам ИКО-1G должен показывать сигналы LOS.

При помощи ПО Мастер М в «Модуле мультиплексора 32xЕ1-2Ех3» направить порты Е1.17- Е1.24 на порты Е1.25- Е1.32 . Произвести измерение количества и коэффициента ошибок потока Е1.1- Е1.8 и Е1.25- Е1.32 за интервал 20 с по всем потокам ИКО-1G должен показывать сигналы «норма» количество ошибок равно 0 ,а коэффициент ошибок $< 2,50 \cdot 10^{-8}$ для каждого потока Е1.

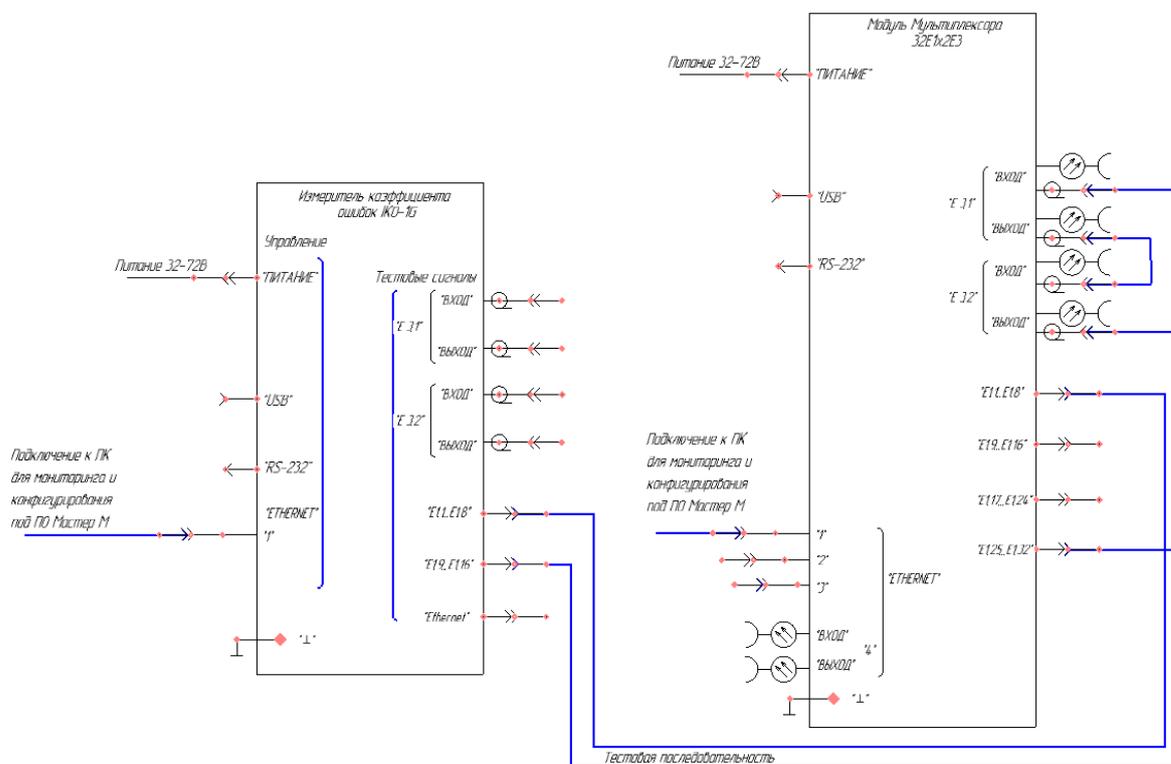


Рис. 11. Схема тестирования коммутации Е1 в таймслота Е3

8.2.3 Методика проверка упаковки Ethernet в таймслота Е3 изменение пропускной способности.

Не выключая приборов произвести проверку изделия по п.8.1.3 по схеме в соответствии с рис.12.

При помощи по «Мастер М» установить на ИКО-1G длину пакета 1024 байт скорость потока 100Мбит/С заполнение потока $psp2^{23}$.

При помощи ПО Мастер М в «Модуле мультиплексора 32xE1-2Ex3» установить пропускную способность Ethernet один E1. Произвести измерение скорости передачи ,количества потерянных, ошибочных и переданных пакетов за интервал 60 с. Скорость передачи должна быть (2048 ± 48) Кбит/с . Количество переданных и принятых пакетов должно быть равно, ошибочных и потерянных равно нулю.

При помощи ПО Мастер М в «Модуле мультиплексора 32xE1-2Ex3» установить пропускную способность Ethernet два E1. Произвести измерение скорости передачи ,количества потерянных, ошибочных и переданных пакетов за интервал 60 с. Скорость передачи должна быть (4096 ± 96) Кбит/с . Количество переданных и принятых пакетов должно быть равно, ошибочных и потерянных равно нулю.

При помощи ПО Мастер М в «Модуле мультиплексора 32xE1-2Ex3» установить пропускную способность Ethernet 32 E1. Произвести измерение скорости передачи ,количества потерянных, ошибочных и переданных пакетов за интервал 60 с. Скорость передачи должна быть (65536 ± 1536) Кбит/с . Количество переданных и принятых пакетов должно быть равно, ошибочных и потерянных равно нулю.

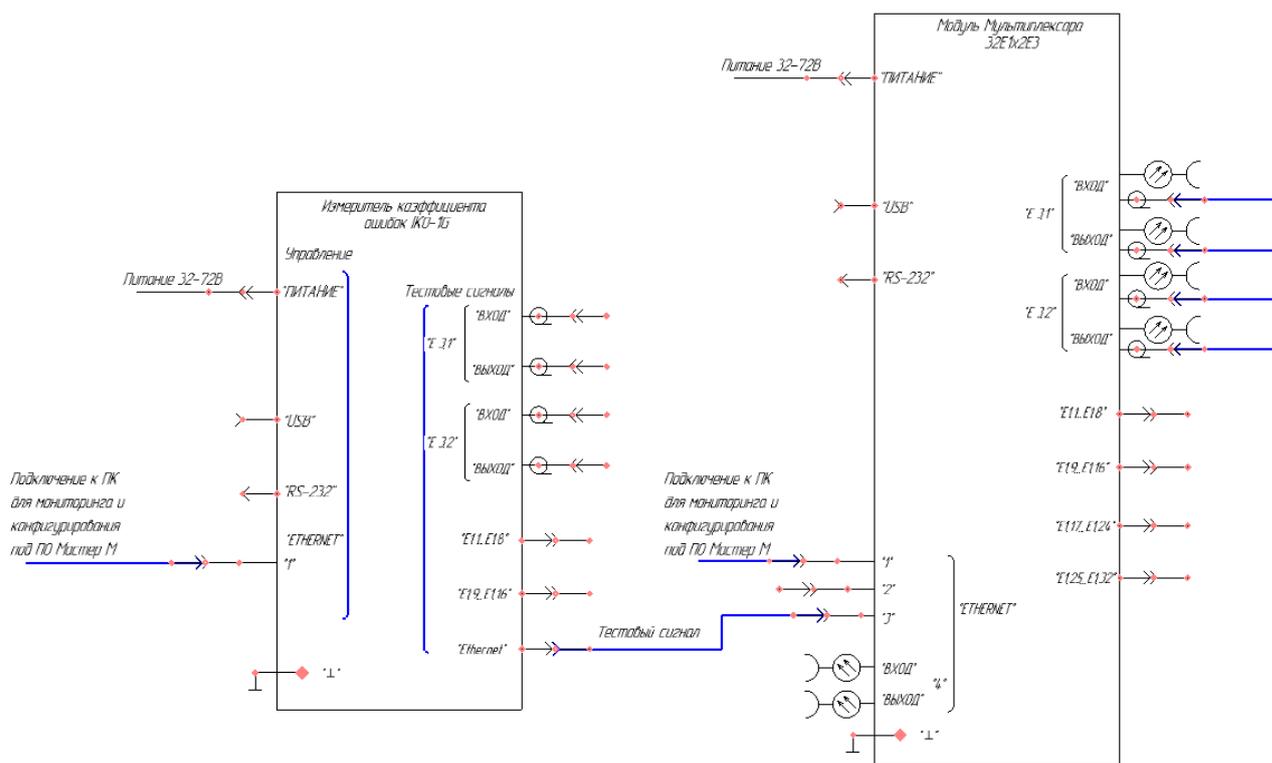


Рис. 12. Схема тестирования упаковки Ethernet в таймслота E3

8.3 Выводы по главе

В экспериментальной части дипломного проекта были рассмотрены технические требования к «Модулю мультиплексора 32xЕ1-2Ех3». Разработаны методики испытаний. Проведены испытания, результаты испытаний внесены в протоколы испытаний и приведены в «приложении».

9 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

9.1 Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность.

Таблица 7 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 10% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка структурной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка функциональной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка принципиальной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	НР – 10% И – 100%
Разработка печатной платы	НР, И	НР – 10% И – 100%
Разработка программного обеспечение	НР, И	НР – 10% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

9.1.1 Продолжительность этапов работ

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (2)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (3)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4)$$

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (5)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,212 \quad (6)$$

Таблица 8 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнитель	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,36	0,00	4,07	0,00
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	2,88	2,88	3,49	3,49
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	3	5	3,8	0,46	4,56	0,55	5,53
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,01	3,36	1,22	4,07
Разработка структурной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	3	5	3,8	1,37	4,56	1,66	5,53
Разработка функциональной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	6	9	7,2	2,59	8,64	3,14	10,47
Разработка принципиальной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	НР, И	15	30	21	2,52	25,20	3,05	30,54
Разработка печатной платы	НР, И	30	45	36	4,32	43,20	5,24	52,36

9.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

$$TP_{\text{общ}} = 260,81 \text{ дн}$$

Таблица 9 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	TP _i , %	СГ _i , %
Постановка задачи	1,29	1,29
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2,21	3,50
Подбор и изучение материалов по тематике	1,92	5,42
Разработка календарного плана	1,67	7,09
Разработка структурной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	2,27	9,37
Разработка функциональной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	4,31	13,67
Разработка принципиальной схемы модуля мультиплексора 32xE1-2xE3	10,63	24,30
Разработка печатной платы	18,22	42,52
Разработка программного обеспечение	36,44	78,96
Оформление расчетно-пояснительной записки	6,81	85,77
Оформление графического материала	9,66	95,44
Подведение итогов	4,56	100,00

9.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;

- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

9.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Таблица 10 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	150
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Рулонная универсальная плотная бумага с покрытием для плоттеров 24 дюйма (610 мм)	2 540	1 шт.	2540
Итого:			4240

ТЗР составляют 7 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $S_{\text{мат}} = 4240 * 1,07 = 4536,8 \text{руб.}$

9.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/24,83 \quad (7)$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ГПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент.

$$K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62.$$

Таблица 11 – Затраты на заработную плату

Исполн - итель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	12022,78	484,20	38,31	1,62	30049,89
И	7 864,11	316,72	277,79	1,62	142529,61
Итого:					172579,50

9.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$.

Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 172579,50 * 0,3 = 51773,85$ руб.

9.2.1 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{Э}} \quad (8)$$

где $P_{\text{об.}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;
 $Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;
 $t_{\text{об.}}$ – время работы оборудования, час.

$Ц_{\text{Э}} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об.}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_{\text{С}} \quad (9)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{С}} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{С}} = 1$.

Таблица 12 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об.}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об.}}$, кВт	Затраты $Э_{\text{об.}}$ руб.
Персональный компьютер	1833,6	0,5	4819
Плоттер	2	0,3	3
Струйный принтер	5	0,1	2
Итого:			4824

9.2.1 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} \cdot Ц_{\text{об.}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_{\text{Д}}}, \quad (10)$$

где $N_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{\text{об.}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

Стоимость ПК 45000 руб., его $F_d = 298 * 8 = 2384$ часа; $HA = 0,4$;
время использования 1833 часа, тогда для него

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 * 45000 * 1833 * 1) / 2384 = 13839 \text{руб.}$$

Стоимость плоттера 92000 руб., его $F_d = 500$ час.; $HA = 0,25$;
время использования 2 часа, тогда для него тогда его

$$C_{AM}(Пр) = (0,25 * 92000 * 2 * 1) / 500 = 92 \text{руб.}$$

Стоимость принтера 12000 руб., его $F_d = 500$ час.; $HA = 0,5$; тогда его
время использования 5 часа, тогда для него

$$C_{AM}(Пр) = (0,5 * 12000 * 5 * 1) / 500 = 60 \text{руб.}$$

Итого начислено амортизации 13991 руб

9.2.2 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч.}} = (4536 + 172580 + 51774 + 4824 + 13991) \cdot 0,1 = 24771 \text{руб.}$$

Итого прочих расходов 24771 руб

9.2.3 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта

Таблица 13 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	4536
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	172580
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	51774
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	4824
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	13991
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	24771
Итого:		272 476

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 272\ 476$ руб.

9.2.4 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20\%$ от полной себестоимости проекта.

В нашем примере она составляет $27247,6$ руб. (10%) от расходов на разработку проекта.

9.2.5 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(272476 + 27247,6) * 0,18 = 299723,6 * 0,18 = 53950,25$ руб.

9.2.6 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 272476 + 27247,6 + 53950,25 = 353673,85 \text{ руб.}$$

9.3 Оценка экономической эффективности проекта

Оценка экономической эффективности в рамках данной работы не представляется возможным ввиду того что основная сфера использования данного прибора является оборона, а так данные закрыты укажем лишь факторы за счет которых прибор может рассчитывать на экономическое преимущество над аналогичной продукцией других производителей:

- лучшее масса габаритные характеристики
 - удешевление эксплуатации в составе РРЛ производимых НПФ «Микран»
 - увеличена надежность за счет использования компонентов с лучшими климатическими характеристиками.
- обладает функционалом, не имеющим у аналогичных изделиях

9.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Таблица 14 – Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	4	Прибор получил ряд функционала отсутствующий у аналогичной продукции в частности режим 2+0,1+1,воз-можность увеличивать пропускную способность канала Ethernet

0,1	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка алгоритма под данный функционал и необходимой КД для изготовления
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	4	Потребуется несколько лет для проведения всех необходимых испытаний и ввода в эксплуатацию

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{нт\ у} = 0,4*4 + 0,1*6 + 0,5*4 = 1,6 + 0,6 + 2 = 4,2$$

Таблица 15 – Соответствие качественных уровней НИР

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таким образом, исходя из данных таблицы 10, данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

10 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

10.1 Аннотация

Социальную ответственность можно определить как концепцию, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Социальная ответственность организаций начинает активно и успешно реализовываться во всем мире. Компании не просто начинают решать проблемы общества, инвестируя средства в развитие образования, медицины, науки, производства, поддерживая социально незащищенные слои и заботясь о природоохранных мерах, — они получают определенные выгоды от этой деятельности.

В связи с этим научно-производственная фирма «Микран» очень серьезно подходит к решению вопросов, связанных с выполнением требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Обеспечивается не только минимальная социальная ответственность в отношении сотрудников: медицинское страхование, спортивные занятия, премии к юбилеям и другие льготы и компенсации. А также организация благотворительных ярмарок, отчисления в благотворительные фонды, оказание дополнительной социальной помощи.

10.2 Введение

Объектом исследования ВКР является разработка мультиплексора 32xE1-2E3. Модуль мультиплексора предназначен для одновременного мультиплексирования демультимплексирования двух потоков E3 в 16 потоков E1 для каждого E3 с возможностью перекоммутации каналов E1 с таймслотами потока E3, а также подключение Ethernet с возможностью изменения скорости канала за счет увеличения или уменьшения каналов E1 отданных под Ethernet. Прибор будет использован в составе радиорелейной станции.

10.3 Производственная безопасность

В данном разделе описываются условия труда и анализируются вредные и опасные факторы, имевшие место при выполнении разработки или эксплуатации проектируемого решения. Используя ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», были выделены факторы, присущие виду деятельности исследования

Таблица 16 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Работы на ПЭВМ; 2) Работа с ПЛИС; 3) Подключение Ethernet ;	1.Отклонение показателей воздушной среды (микроклимата); 2.повышенный уровень шума и вибраций; 3.повышенный уровень электромагнитных излучений; 4.повышенный уровень статического электричества; 5.повышенная напряженность электрического поля.	1. Электрический ток.	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96. Параметры оптимального уровня шума и вибрации устанавливаются СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Параметры допустимого уровня статического электричества и напряженности электромагнитных излучений устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях". Уровень допустимых электромагнитных излучений устанавливается СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 .

10.3.1 Анализ опасных и вредных факторов, возникающие при проведении исследования

10.3.1.1 Микроклимат

Санитарные правила обязывают к соблюдению гигиенических требований к показателям воздушной среды на рабочих местах организаций с учетом времени и трудозатрат сотрудников работающих, периода года выполнения работы и к контролю микроклиматических условий.

Соблюдение микроклиматических норм обеспечивает комфортные для сотрудника условия, а также поддерживают оптимальное или допустимое теплового состояния организма, в течение всего рабочего дня, не вызывая проблем со здоровьем и создавая условия для высокого уровня работоспособности.

Оптимальные показатели воздушной среды рабочего места, где производилось исследование, соответствуют нормам в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», приведенным в таблице 18.

Таблица 17 – Оптимальные показатели микроклиматических условий производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

10.3.1.2 Шум и вибрации

Шумом называют все нежелательные звуки для человека, вызывающие звуковой дискомфорт и препятствующие труду и отдыху.

Звуком называются механические колебания, распространяющиеся во всех средах под действием возмущения. В пространстве, где находятся звуковые волны называют звуковым полем.

Повышенный уровень шума является наиболее распространенным вредным и опасным фактором в производственных помещениях. Фактор сильного шума вызывает опасность снижения и потери слуха, нервные и сердечнососудистые заболевания, потерю зрения, язвенную болезнь и др., а также оказывает вредное воздействие на центральную и вегетативную нервные системы. Шум способствует снижению сопротивляемости организма и развитию инфекционных заболеваний. В условиях повышенного уровня шума снижается внимание, работоспособность, нарушается координа-

ция, создавая условия, которые могут привести к несчастному случаю.

Источниками шума на предприятии, где выполнялась ВКР, были кондиционеры, кулеры, системные блоки, звуки со стороны улицы (движение машин, автомобильные сигналы).

Для измерения уровня шума в производственных помещениях и оценки повышения эффективности мероприятий по ограничению неблагоприятного воздействия шума в соответствии с Санитарными Нормами 2.2.42.1.8.562-96. степени звукового давления принимаются в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Технические мероприятия по борьбе с шумом:

- снижение шума или устранение причин возникновения его в источнике;
- уменьшение шума на путях передачи;
- непосредственная защита работников.

Для снижения шума наиболее эффективным средством является переход на мало или полностью бесшумные технологические процессы. Самыми простыми из средств борьбы с шумом являются средства индивидуальной защиты работника, звукопоглощающая облицовка для отделки потолка и стен, звукоизолирующий кожух или акустический экран, отгораживающий шумную часть.

Даже при небольшом снижении воздействии шума существенно улучшаются условия труда и работоспособность работников.

10.3.1.3 Электробезопасность

Производственное помещение, в котором проводилось исследование расположено большое количество техники, но так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования по опасности электропоражения по классификации ПУЭ «Правила устройства электроустановок.» помещение считается без повышенной опасности. Несмотря на малую вероятность получения электротравмы, исключать такую вероятность нельзя. Электротравмой называют повреждения организма внутренние или внешние, возникшие под действием электрического тока.

Особенности поражения электрическим током:

1. Невозможность определения опасности токопоражения без специального оборудования из-за отсутствие внешних признаков, обнаружение уже после электропоражения.

2. Вызывает травмы с тяжелым исходом: длительная потеря трудоспособности, возможен летальный исход.

3. Воздействие электрических токов 50 Гц могут вызывает интенсивные судороги мышц, в результате чего человек не может самостоятельно оторваться от токоведущих частей

4. Вызывает механические травмы. Токи делятся на следующие виды по своему воздействию на организм человека:

Ощутимые токи : 0,5 - 1,5 мА переменного тока или 5 - 7 мА постоянного тока, вызывающие дрожание и покалывание пальцев, повышение температуры кожи.

Неотпускающие (опасные) токи: 10 - 15 мА переменного тока или 50 - 80 мА постоянного тока, вызывающие судорожные сокращения мышц, при котором происходит «приковывание» к токоведущей части

Фибрилляционные (смертельные) токи. 25 - 50 мА переменного тока вызывают судорожные сокращения мышц грудной клетки, вследствие чего может возникнуть паралич дыхания.

100 мА переменного тока или 300 мА постоянного тока за 1 - 2 сек, вызывает трепетание сердечной мышцы. Прекращается поступление крови из сердца в мозг человека, через 7 - 8 минут вызывая его смерть.

10.3.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Для нормализации микроклимата производственные помещения должны быть:

оборудованы системами отопления (радиаторы, конвекторы, системы с тепловентиляторами, воздушное или кабельное отопление);

защищены от прямых солнечных лучей (солнцезащитные стекла, шторы, жалюзи, козырьки, навесы);

оборудованы системой очистки и увлажнения воздуха с применением регулярно сменяемыми фильтрами или кипяченой питьевой или дистиллированной водой;

регулярно проветриваемы, своевременно очищены и вымыты.

Для уменьшения или защиты от шума необходимо:

звукоизоляция конструкций здания осуществляется путем их обшивки звукопоглощающими материалами;

звукопоглощающие конструкции для мест постоянного пребывания людей (*подвесные потолки, облицовка стен...*);

применение звукоизолирующих кожухов на шумных агрегатах;

снижение шума вентиляторов и применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха;

выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение времени нахождения персонала в зоне эксплуатации агрегатов (машин) с повышенным уровнем шума;

использование средств индивидуальной защиты органов слуха.

К средствам обеспечения электробезопасности в производственных помещениях:

электрическое разделение сетей;

зануление;

защитное заземление;

малое напряжение;

выравнивание потенциалов;

недоступность к токоведущим частям;

защитное отключение;

изоляцию токоведущих частей;

знаки безопасности;

блокировку.

Комплекс инженерно-технических средств и способов защиты от электропоражения должны осуществляться с учетом:

вида исполнения;

способа электроснабжения;

рода, частоты тока и номинального напряжения электроустановки;

заземленной или изолированной нейтрали нулевой точки источника питания электроэнергией;

степени опасности поражения электрическим током помещения;

возможности снятия с токоведущих частей напряжения, вблизи которых проводится работа;

возможного прикосновения к элементам цепи тока сотрудниками (прикосновения с высокой вероятностью поражения током, однофазное или двухфазное прикосновение).

10.4 Экологическая безопасность.

10.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями, влияющие на следующие природные зоны:

- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера.

Помещение с персональным компьютером относится к пятому классу, размер санитарно-защитной зоны которого равен 50 метров, так как работа на персональном компьютере не является экологически опасной.

Объект исследование не несет экологическую опасность окружающей среде.

10.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Загрязнение атмосферы

В атмосфере содержится большое количество примесей, попадающих в нее из антропогенных и естественных источников. К естественным примесям относится пыль вулканического, растительного и космического происхождения, дымы, газы от пожаров, туман и др..

Выполнение ВКР не осуществляет выбросов вредных веществ в атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае возникновения пожара в помещении, в этом случае дым и газы от пожара будут являться антропогенным загрязнением атмосферного воздуха.

Загрязнение гидросферы

Загрязнение гидросферы происходит продолжительное время. Сельское хозяйство и промышленность являются основными источниками загрязнений гидросферы, загрязняя водоемы сточными водами различных отраслей промышленности.

Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом или производственном использовании или образовавшаяся в результате таяния осадков.

В ходе выполнения ВКР образовывались хозяйственно – бытовые воды. Бытовые сточные воды помещения образуются при эксплуатации туалетов, столовой, а также при мытье рук, полов и т.п. Данные воды отправляются на городскую станцию очистки.

Загрязнение литосферы

Основные виды загрязнения литосферы – твердые бытовые и промышленные отходы.

В ходе выполнения ВКР, образовывались различные твердые отходы. К ним можно отнести: бумагу, батарейки, лампочки, использованные картриджи, отходы от продуктов питания и личной гигиены, отходы от канцелярских принадлежностей и т.д.

Защита почвенного покрова и недр от твердых отходов реализуется за счет сбора, сортирования и утилизации отходов и их организованного захоронения

10.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В данном подразделе рассматриваются вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Рассмотрены вероятные источники чрезвычайных ситуаций, которые могли возникнуть в результате разработки проектных решений.

10.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.

Наиболее возможным ЧС при выполнении ВКР является пожар. Пожар – возгорание и горение, вышедшее из-под контроля и наносящее вред жизни и здоровью людей, также материальный ущерб. Основные причины пожара: нарушение мер пожарной безопасности и технологического режима (курение, неправильное или неосторожное применение оборудования, применение неисправного оборудования и т.п.), неисправности в электрических сетях.

Критические значения длительного воздействия опасных факторов пожара для человека:

температура более 70°;

теплого излучения плотностью – 1,26 кВт/м²;

окись углерода концентрацией – 0,1% объема;

в зоне задымления видимость не дальше 6-12 м.

10.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Предупредительные мероприятия от пожара

К числу предупредительных мероприятий относят мероприятия, связанные с устранением опасности возникновения или распространением пожара, локализации очага возгорания, с созданием условий для свободной эвакуации лиц, находящихся на объекте, обнаружением возгорания, сообщения о пожаре и поддержанием средств тушения в постоянной готовности. Данные мероприятия позволяют вырабатывать правильную последовательность действий в экстренных ситуациях, а так же обучают персонал правилам борьбы с огнем.

Организация, где проводилась ВКР, осуществляет меры по предотвращению пожара в соответствии с ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности"

С учетом СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение, в котором выполнялась ВКР, относится к наименее опасной категории (Д) с пониженной пожароопасностью. Само здание по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории (Д).

Наряду с организационными мерами, применение систем автоматической сигнализации позволяет своевременно обнаружить или даже потушить с помощью автоматических установок тушения.

На предприятии необходимо придерживаться технических режимов производства, поддерживать оборудование в удовлетворительном состоянии, первую очередь большое внимание стоит уделить энергетическим сетям, так как зачастую плохое состояние сетей приводит к короткому замыканию, а также возникновению пожара.

Действия при возникновении пожара или взрыва.

При обнаружении возгорания незамедлительно приступите к доступному способу его тушения. Таким способом может быть песок, вода, огнетушитель и т.д.

Необходимо при тушении соблюдать правила безопасности и не использовать воду тушения электроприборов. Если же в кратчайшее время ликвидировать возгорание невозможно, необходимо сообщить в пожарную службу предприятия или в пожарную службу города.

Так же необходимо оповестить всех лиц находящихся в здании о возгорании, например, нажав кнопку пожарной сигнализации.

При эвакуации из задымленных или горящих помещений передвигаться нужно быстро, закрыв рот и нос плотной влажной тканью, в качестве примитивного противогаза, или пригнуться ближе к полу, так как в данном пространстве намного больше чистого воздуха пригодного для дыхания.

В случае возгорания одежды на человеке необходимо ограничить поступление воздуха для огня на одежде, это можно сделать, набросив на него и прижав плотную ткань, или воспользоваться средствами для пожаротушения. Большой ошибкой в этой ситуации является бег в горящей одежде, так как это только усилит пламя.

Если рядом с вами располагается взрывоопасный предмет или вы предполагаете, что он взрывоопасен, ни в коем случае не трогайте его. При угрозе взрыва необходимо покинуть данное место, или незамедлительно лечь на живот, закрыв руками голову. При этом необходимо расположиться как можно дальше от стеклянных объектов (дверь, окно, лампы и т.д.), также необходимо избегать мест с перепадами высоты, такие как балкон, лестницы и проходы т.д.

При взрыве, не паникуйте и примите меры к предотвращению пожара, а так же окажите медицинскую помощь пострадавшим.

Если вам необходимо передвигаться по зданию, поврежденному пожаром или взрывом, необходимо пристальное внимание уделить перекрытиям и стенам, не приближаясь к местам, где есть сильным повреждения.

Помощь при ожогах

При пожаре присутствует вероятность получения ожогов, поэтому всем сотрудникам необходимо уметь оказывать первую помощь при получении ожогов.

Ожогами называются повреждения тканей, возникшие из-за воздействия электрического тока, высокой температуры, щелочей или кислот.

В зависимости от источника воздействия существуют электрические, термические ожоги, химические. Наиболее распространёнными являются термические ожоги, составляющие 90-95% от всех ожогов.

Площадь и глубина поражения тканей определяет тяжесть полученных ожогов. Поверхностные ожоги обычно заживают самостоятельно. Глубокие ожоги поражают кожу и глуболежащие ткани, заживление которых возможно только при пересадке кожи.

Повреждение верхних дыхательных путей может произойти из-за вдыхания пламени, раскаленного воздуха, а так же пара. Состояние пострадавшего сильно зависит от площади поврежденного тела. В случае если ожог занимает площадь 10- 15 процентов тела у пострадавшего возникает ожоговая болезнь.

При первой помощи пострадавшим необходимо купировать действие поражающего фактора. Горение одежды на пострадавшем следует потушить. Если на одежду оказывалось влияние горючих жидкостей или брызг раскаленного металла необходимо ее снять с тела пострадавшего. В случае если на месте ожога нельзя удалить одежду ее без вырывания, следует обрезать вокруг не удаляемой области. Не следует повреждать места ожогов, удалять волдыри и прикасаться к ожоговым ранам руками.

Зону вокруг ожога следует протереть водой, спиртом или одеколоном. На обожженную поверхность необходимо наложить стерильную сухую повязку. Так же следует охладить пострадавший участок, чтобы прекратить воздействие термического фактора. Охлаждение можно проводить с помощью холодной воды или орошением хлорэтилом.

Попадание на кожу щелочей или кислот вызывают химические ожоги, глубина которых зависит от длительности воздействия реагента, его концентрации и температуры.

Пока не будет оказана первая помощь химический ожог, будет углубляться. Пропитанная кислотой или щелочью одежда способствует распространению и углублению ожога.

В случае попадания на кожу различных химических реагентов, таких как концентрированные кислоты, на коже и слизистых появляются сухие и черные или темно-коричневые струпы с четкими краями.

При попадании на кожу различных концентрированных щелочей возникают влажные струпы серовато-грязного цвета, имеющие четкие очертания. В этих случаях необходимо незамедлительно удалить пропитанную химией одежду. После чего незамедлительно снизить их концентрацию на участках тела, для чего ожог следует обильно промыть большим количеством проточной воды в течении 20-30 минут и обратиться в скорую помощь.

Необходимо знать какой тип кислоты попал на кожу, так как от этого зависит способы ее удаления. Серную кислоту не рекомендуется удалять водой, так как при этом происходит выделение тепла, что может нанести вред здоровью потерпевшему. В других случаях, после промывания водой на ожог нужно нанести стерильную салфетку, смоченную слабым щелочных раствором.

При щелочном ожоге после промывания водой желательно рану обработать слабым раствором кислоты (1-2% лимонной или уксусной кислоты).

С целью обезболивания потерпевшему дают обезболивающее (пенталгин, темпалгин, седалгин, а при сильном отравлении 2-3 таблетки аспирина и 1 таблетку димедрола).

Противопоказано проводить любые действия над ожоговыми ранами. До прибытия врача пострадавшему необходимо употреблять большое количество жидкости, как горячий чай, кофе, щелочную минеральную воду или различные растворы, такие как гидрокарбоната натрия (пищевая сода) 0,5 чайной ложки на литр воды или хлорид натрия (поваренная соль) 1 чайную ложку на литр воды и т.д. При ожогах кислотой в воду можно добавить небольшое количество пищевой соды, чтобы получить 2 процентный слабый содовый раствор.

При ожоге глаз щелочами их следует промыть слабым раствором уксусной кислоты не более 1-2 процентов или 2 процентным раствором борной кислоты, так же можно применить молоко.

10.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

10.6.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Подписанный на предприятии договор обозначает права и обязанности обеих сторон, не содержит положения, противоречащие ТК РФ, а также не нарушается право сотрудников на обязательное социальное страхование.

Работодателем предоставлено для выполнения выпускной квалификационной работы индивидуальное рабочее место, соответствующее санитарным нормам и правилам, а условия труда, созданные для выполнения работы, не являются вредными или опасными и не несут угрозу экологической опасности.

10.6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Комфорт рабочего пространства складывается из эргономики рабочего места и рационального планирования пространства помещения в целом. Основное внимание необходимо уделить делению на рабочие зоны так, чтобы каждый сотрудник мог работать максимально эффективно, как отдельно так при необходимости работать в команде. Необходимо располагать наиболее часто используемые предметы на расстоянии вытянутой руки, что позволит минимизировать временные затраты на выполнение рутинных операций. Эргономика рабочего места напрямую влияет на производительность труда. Основными нормативными документами, определяющими требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ, являются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» и ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

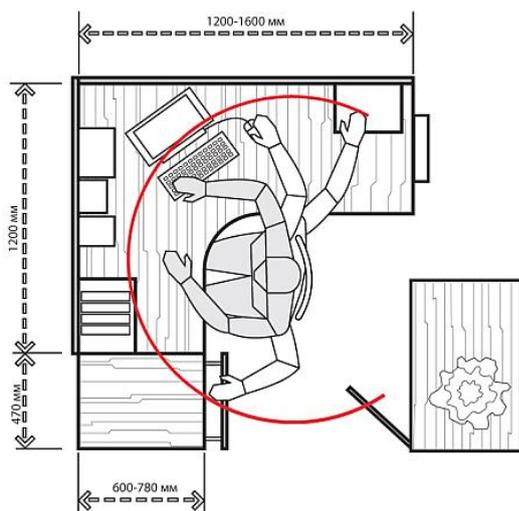


Рис. 13. Пример эффективной эргономики рабочего места.

Сотрудники, с сидячей работой проводят за столом около 90% рабочего, из-за чего давление в нижней части спины возрастает в пять раз, чем в положении стоя.

Не рекомендуется использовать стандартные стулья более 15 минут в день, так как их использование может нанести вред для здоровья.

Для снижения риска осложнений кресло должно быть снабжено подлокотниками, иметь максимальную глубину посадки и не пережимать артерии под коленями. Упругая спинка анатомической формы уменьшает нагрузку на позвоночник. В результате конструкция равномерно поддерживает тело по всей площади его соприкосновения с креслом.



Рис. 14. Пример неправильного и правильного выбора офисного кресла.

Помещение, где проводилась ВКР, оборудовано на 20 рабочих мест, каждый сотрудник имеет индивидуальное рабочее место, состоящее из стола и кресла, оснащенное ПК с ЖК монитором, светильником для дополнительного освещения (помимо естественного освещения окнами и искусственного освещения с помощью люминесцентных ламп), что обеспечивает нормальные условия труда для сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте было разработано «Модуль мультиплексора 32E1x2E3» предназначенное для мультиплексирования/демультиплексирования двух потоков E3 в 32 потока E1 а также с возможностью упаковки потока Ethernet с изменяемой пропускной способностью в E3. Был проведен анализ существующих аналогов, выявлены основные конкурентные преимущества создаваемого «Модуль мультиплексора 32E1x2E3». Разработаны структурная, функциональная, проведен выбор и обоснование элементной базы разработка принципиальной схемы «Модуль мультиплексора 32E1x2E3», спроектирована печатная плата «платы мультиплексора».

В программной части дипломного проекта был описан алгоритм программы. На основе описанного алгоритма разработано программное обеспечение на ПЛИС фирмы Altera EPC16F484 на языке описания аппаратуры system verilog 2005.

В экономической части была рассчитана себестоимость разработанного модуля. На основе выполненных расчетов было принято решение, что внедрение разработанного устройства в производство является целесообразным.

В разделе социальная ответственность проекта проведен анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на здоровье и жизнь человека в процессе разработки и изготовления модуля, рассмотрены мероприятия, обеспечивающие безопасные условия труда. Произведен расчет освещения рабочего места пользователя ПЭВМ, который обеспечивает благоприятные условия труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «НПФ Микран» Политика в области качества
2. «НПФ Микран» Цели в области качества
3. Стыки цифровых каналов передачи и групповых тактов первичной сети ЕАСС
4. ГОСТ 26886-86 «Стыки цифровых каналов первичной сети ЕАСС»;
5. ГОСТ Р 15.201-2000 «Система разработки и постановки продукции на производство»;
6. Цифровые и аналоговые системы передачи: учеб. для вузов / В.И. Иванов [и др.]; под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2003. – 232 с.
7. ГОСТ 45.159–2000. Отраслевая система обеспечения единства измерений.
8. Термины и определения. 2000. <http://www.minsvyaz.ru/ministry/documents/1153/1155.shtml>
9. И.Г. Бакланов. Технологии измерений первичной сети. Ч. 1. Системы E1, PDH, SDH / И.Г. Бакланов – М.: Эко-Трендз, 2000. – 142 с.
- 10.Круг Б.И. ,Нопантонопуло В.Н., Шувалов В.Н. Телекоммуникационные системы и сети современные технологии 2003
- 11.Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
- 12.Корчагина Р.Л. Технико-экономическое обоснование при разработке радиоэлектронных приборов и устройств. Учебное пособие по дипломному проектированию. Ленинград, 1988. – 66с.
- 13.Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ:ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
- 14.Назаров А.С. Конструирование радиоэлектронных средств. – М.: Издательство МАИ, 1996.
- 15.ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Введ. 04.02.98. – 9с.

- 16.Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: М.: Мир,2001г. – 704 с.
- 17.ГОСТ 2.316-68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц. Введ. 01.01.71. – 7с. – Группа Т52.
- 18.ГОСТ 2.104-68 Единая система конструкторской документации. Основные надписи. Введ. 01.01.71. – 9с. – Группа Т52.
- 19.ГОСТ 2.702-75 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. Введ. 01.07.77. – 22с. – Группа Т52.
- 20.ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Введ. 01.07.91 – 14с. – Группа Т58.
- 21.ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Введ. 01.01.79. – 9с. – Группа Т58.
- 22.ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 01.01.89. – 49с. – Группа Т58.
- 23.ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. Введ. 01.07.77. – 16с. – Группа Т53.
- 24.<http://dic.academic.ru>
- 25.<http://celnet.ru>
- 26.<http://kunegin.narod.ru>

ПРИЛОЖЕНИЕ А.1 Протокол испытаний

№ 1 от « 5 » _____ мая _____ 2016г

1. Объект испытаний: «Модуль мультиплексора 32xE1-2E3»
2. Цель испытаний: проверка мультиплексирования демультимплексирования каналов E1 в E3.
3. Метод испытаний: методика проверки мультиплексирования демультимплексирования каналов E1 в E3 представленная в пункте 8.2.1.
4. Средство измерений и испытательное оборудование:

Таблица А.1 – Оборудование

Наименование	Заводской №	Данные о поверке (аттестации)
ИКО-1G	000713	Поверен с 25.03.2015 до 25.03.2017

5. Условия проведения испытаний:

Температура, °C __25____;

Давление, мм рт. ст. . __760____;

Влажность, % __20____;

6. Внешние влияющие факторы: отсутствуют

7. Результаты испытаний

Таблица А.2 – Результаты испытаний .

Наименование измеряемого параметра	Значение по ТТ пункт 8.1.1.	Фактическое значение	Заключение о соответствии	
E1.1	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.2	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.3	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.4	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует

Продолжение таблицы А.2

Е1.25	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.26	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.27	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.28	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.29	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.30	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.31	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
Е1.32	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. $< 2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует

8.Заключение: В результате проведенных испытаний подтверждена работоспособность мультиплексора демультиплексора Е1 в Е3

Испытания провел Лизогуб Н.С. _____ « 5 » мая _____ 2016г

проверил Ремпель А.А. _____ « 5 » мая _____ 2016г

ПРИЛОЖЕНИЕ А.2 Протокол испытаний

№ 1 от « 5 » _____ мая _____ 2016г

1. Объект испытаний: «Модуль мультиплексора 32xE1-2E3»
2. Цель испытаний: проверка коммутации E1 в таймслота E3.
3. Метод испытаний: методика проверки коммутации E1 в таймслота E3.
представленная в пункте 8.2.2.
4. Средство измерений и испытательное оборудование:

Таблица А.3 – Оборудование

Наименование	Заводской №	Данные о поверке (аттестации)
ИКО-1G	000713	Поверен с 25.03.2015 до 25.03.2017

5. Условия проведения испытаний:

Температура, °C __25____;

Давление, мм рт. ст . __760____;

Влажность, % __20____;

6. Внешние влияющие факторы: отсутствуют

7. Результаты испытаний

Таблица А.4 Результаты испытаний при отсутствии коммутация

Наименование измеряемого параметра		Значение по ТТ пункт 8.1.2.	Фактическое значение	Заключение о соответствии
E1.1	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.2	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.3	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует

Продолжение таблицы А.4

E1.4	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.5	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.6	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.7	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.8	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.25	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.26	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.27	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.28	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.29	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.30	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.31	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует
E1.32	кол.ошибок	LOS	LOS	Соответствует
	коэф. ошибок	LOS	LOS	Соответствует

Таблица А.5 Результаты испытаний после коммутации

Наименование измеряемого параметра		Значение по ТТ пункт 8.1.2.	Фактическое значение	Заключение о соответствии
E1.1	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.2	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.3	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.4	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.5	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.6	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует

Продолжение таблицы А.5

E1.7	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.8	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.25	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.26	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.27	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.28	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.29	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.30	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.31	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует
E1.32	кол.ошибок	кол.ош. = 0	0	Соответствует
	коэф. ошибок	коэф.Ош. < $2,50 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	Соответствует

8.Заключение: В результате проведенных испытаний подтверждена работоспособность функция коммутации каналов E1 в таймслота E3

Испытания провел Лизогуб Н.С. _____ «_5_»__мая__2016г

проверил Ремпель А.А. _____ «_5_»__мая__2016г

ПРИЛОЖЕНИЕ А.3 Протокол испытаний

№_3_от «_5_» _____ мая _____ 2016г

1. Объект испытаний: «Модуль мультиплексора 32xE1-2E3»
2. Цель испытаний: проверка упаковки Ethernet в таймслота E3
3. Метод испытаний: методика проверка упаковки Ethernet в таймслота E3
изменение пропускной способности представленная в пункте 8.2.3.

4. Средство измерений и испытательное оборудование:

Таблица А.6 Оборудование

Наименование	Заводской №	Данные о поверке (аттестации)
ИКО-1G	000713	Поверен с 25.03.2015 до 25.03.2017

5. Условия проведения испытаний:

Температура, °C __25____;

Давление, мм рт. ст. . __760____;

Влажность, % __20____;

6. Внешние влияющие факторы: отсутствуют

7. Результаты испытаний

Таблица А.7 Результаты испытаний

Кол. E1 под Ethernet	Наименование измеряемого параметра	Значение по ТТ пункт 8.1.3.	Фактическое значение	Заключение о соответствии
1	Скорость перед.	(2048±48)Кбит/с	2010 Кбит/с	Соответствует
	кол. перед. пакет.	кол. пер. пак = кол. пр. пак	13990	Соответствует

Продолжение таблицы А.7

	кол.потер.пакет.	кол.потер.пакет. = 0	0	Соответствует
	кол.прин.пакет.	кол.пр.пак = кол.пер.пак	13990	Соответствует
2	Скорость перед.	(4096±96)Кбит/с	4013 Кбит/с	Соответствует
	кол.перед.пакет.	кол.пер.пак = кол.пр.пак	29722	Соответствует
	кол.потер.пакет.	кол.потер.пакет. = 0	0	Соответствует
	кол.прин.пакет.	кол.пр.пак = кол.пер.пак	29722	Соответствует
32	Скорость перед.	(65536±1536)Кбит/с	64138 Кбит/с	Соответствует
	кол.перед.пакет.	кол.пер.пак = кол.пр.пак	467292	Соответствует
	кол.потер.пакет.	кол.потер.пакет. = 0	0	Соответствует
	кол.прин.пакет.	кол.пр.пак = кол.пер.пак	467292	Соответствует

8.Закключение: В результате проведенных испытаний подтверждена функция упаковки Ethernet в таймслота Е3 и возможность изменение пропускной способности.

Испытания провел Лизогуб Н.С. _____ « 5 » мая ____ 2016г

проверил Ремпель А.А. _____ « 5 » мая ____ 2016г

ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень элементов

		Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен. ЖНКЮ.467753.001			<u>Конденсаторы</u>			
		C1-C4	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C5	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
	Справ. №		C6-C9	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4	
			C10	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1	
		C11-C14	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C15, C16	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	2		
		C17-C20	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C21	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
		C22-C25	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C26	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
		C27-C32	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	6		
		C33, C34	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	2		
		C35-C38	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C39	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
Подп. и дата		C40-C43	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C44	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
		C45-C48	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
		C49, C50	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	2		
Инв. № дубл.		C51-C55	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	5		
		C56	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
		C57-C60	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
Взам.		C61	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1		
		C62-C65	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	4		
Подп. и дата	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p style="margin: 0;">ЖНКЮ.467753.001 ПЭЗ</p> </div>					
Инв. № подл.	Разраб.	Лизогуб				
	Пров.	Цыганков Ю.В.				
	Т.контр.					
	Н.контр.					
	Утв.					
<p style="margin: 0;">Плата</p> <p style="margin: 0;">мультиплексора</p> <p style="margin: 0;">Перечень элементов</p>			Лит.	Лист	Листов	
			0 01	1	8	

		Поз. обозна- чение	Наименование	Кол.	Примечание
		C100	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C101	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1	
		C102	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C103	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1	
		C104-C137	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	34	
		C138	06033C103JAT 0,01 мкФ ±5 % AVX	1	
		C139	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C140	06033C103JAT 0,01 мкФ ±5 % AVX	1	
		C141	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C142-C145	06033C103JAT 0,01 мкФ ±5 % AVX	4	
		C146,C147	0805YC474MAT 0,47 мкФ ±20 % AVX	2	
		C148	0805ZC105MAT 1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C149	TAJB106M016 10 мкФ ±20 % AVX	1	
		C150-C176	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	27	
		C177	GRM31CR71A106K 10 мкФ ±10 % Murata	1	
		C178	06035C153MAT 0,015 мкФ ±20 % AVX	1	
		C179,C180	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	2	
		C181	GRM31CR60J476M 47 мкФ ±20 % Murata	1	
Подп. и дата		C182	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C183	GRM188R71E223 0,022 мкФ ±10 % Murata	1	
		C184	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C185	GRM31CR71A106K 10 мкФ ±10 % Murata	1	
Инв. № дцбл.		C186	06035A270JAT 27 пФ ±5 % AVX	1	
		C187	06035A561JAT 560 пФ ±5 % AVX	1	
		C188	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
Взам. инв.		C189	GRM31CR71A106K 10 мкФ ±10 % Murata	1	
		C190	06035C153MAT 0,015 мкФ ±20 % AVX	1	
		C191	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
Подп. и дата		C192	GRM31CR60J476M 47 мкФ ±20 % Murata	1	
		C193	06033C104MAT 0,1 мкФ ±20 % AVX	1	
		C194	K15-20b 1000 пФ ОЖ0.460.204 ТУ	1	
		C195	06035A102JAT 1000 пФ ±5 % AVX	1	
Инв. №подл.		C196	GRM31CR71A106K 10 мкФ ±10 % Murata	1	
ЖНКЮ.467753.001 ПЭЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
R97	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R98-R103	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	6				
R104-R106	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	3				
R107-R116	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	10				
R117	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R118-R120	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	3				
R121,R122	CR0603-JW-101 100 Ом ±5 % Bourns	2				
R123	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R124,R125	CR0603-JW-101 100 Ом ±5 % Bourns	2				
R126-R131	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	6				
R132,R133	CR0603-JW-101 100 Ом ±5 % Bourns	2				
R134-R140	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	7				
R141	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R142-R147	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	6				
R148	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R149-R154	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	6				
R155-R159	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	5				
R160-R169	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	10				
R170	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R171-R177	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	7				
R178	CR0603-JW-103 10 кОм ±5 % Bourns	1				
R179-R193	CR0603-JW-201 200 Ом ±5 % Bourns	15				
R194,R195	CR0603-JW-102 1 кОм ±5 % Bourns	2				
R196-R201	CR0603-JW-750 75 Ом ±5 % Bourns	6				
R202-R213	CR0603-JW-510 51 Ом ±5 % Bourns	12				
R214	CR0603-JW-102 1 кОм ±5 % Bourns	1				
R215-R217	CR0603-JW-510 51 Ом ±5 % Bourns	3				
R218	CR0603-JW-331 330 Ом ±5 % Bourns	1				
R219-R228	CR0603-JW-240 24 Ом ±5 % Bourns	10				
R229	CR0603-JW-472 4,7 кОм ±5 % Bourns	1				
R230-R234	CR0603-JW-330 33 Ом ±5 % Bourns	5				
R235-R240	CR0603-JW-331 330 Ом ±5 % Bourns	6				
R241	CR0603-JW-514 510 кОм ±5 % Bourns	1				
Инв.№подл.					ЖНКЮ.467753.001 ПЗЗ	Лист 5
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.		

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв.

Подп. и дата

	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	R242	CR0603-JW-104 100 кОм ±5 % Bourns	1	
	R243,R244	CR0603-JW-240 24 Ом ±5 % Bourns	2	
	R245-R249	CR0805-JW-433 43 кОм ±5 % Bourns	5	
	R250	CR0603-JW-114 110 кОм ±5 % Bourns	1	
	R251	CR0603-JW-102 1 кОм ±5 % Bourns	1	
	R252	CR0603-JW-473 47 кОм ±5 % Bourns	1	
	R253	CR0603-JW-121 120 Ом ±5 % Bourns	1	
	R254	CR0603-JW-623 62 кОм ±5 % Bourns	1	
	R255,R256	CR0603-JW-110 11 Ом ±5 % Bourns	2	
	R257	CR0603-JW-391 390 Ом ±5 % Bourns	1	
	R258-R260	CR0603-JW-102 1 кОм ±5 % Bourns	3	
	R261	CR0603-JW-513 51 кОм ±5 % Bourns	1	
	R262,R263	CR0603-JW-240 24 Ом ±5 % Bourns	2	
	R264	CR0603-JW-511 510 Ом ±5 % Bourns	1	
	R265	CR0603-JW-472 4,7 кОм ±5 % Bourns	1	
	R266	CR0603-JW-221 220 Ом ±5 % Bourns	1	
	R267	CR0603-JW-623 62 кОм ±5 % Bourns	1	
	R268	CR0603-JW-104 100 кОм ±5 % Bourns	1	
Подп. и дата	R269,R270	CR0603-J/-000 0 Ом Bourns	2	
		<u>Трансформаторы напряжения</u>		
Инв. № дубл.		<u>Сборка трансформаторная</u>		
	TV1-TV6	TG05-1505NV6 HALO	6	
Взам. инв.	TV7-TV9	TG110-S050N2RL HALO	3	
	TV10	TG26-1205N1 HALO	1	
	TV11	750311880 Wurth Elektronik	1	
Подп. и дата				
Инв. № подл.				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ЖНКЮ.467753.001 ПЗЗ				Лист
				6

	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Диоды</u>		
		<u>Микросборка диодная</u>		
	VD1-VD32	HSMS-2808 Avago	33	
	VD34			
		<u>Стабилитрон</u>		
	VD33	2C210Ж СМЗ.362.825 ТУ	1	
		<u>Стабистор</u>		
	VD35	2C119A1 СМЗ.362.816 ТУ	1	
		<u>Диод Шоттки</u>		
	VD36	VS-10MQ100NPbF Vishay	1	
Подп. и дата		<u>Оптрон</u>		
Инв. № дцбл.	VU1	TLP281 Toshiba	1	
		<u>Соединители</u>		
Взам. инв.		<u>Вилка</u>		
Подп. и дата	XP1,XP2	СНПЗ46-6ВП21-1-В РЮМК.430420.011 ТУ	2	
		<u>Розетка</u>		
Инв. №подл.	XS1,XS2	СНПЗ46-64РП21-2-В РЮМК.430420.011 ТУ	2	
		ЖНКЮ.467753.001 ПЭЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				7

