

Министерство образования и науки Российской Федерации
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Инфокоммуникационных технологий»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН
Рецензент

_____ Хашимов А.Б.

“_12_” _____ января _____ 2019_ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ИКТ

_____ С.Н. Даровских

“_15_” _____ января _____ 2019_ г.

**Приемопередатчик дистанционного управления двухдиапазонного посадочного
радиомаяка**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ (ВКП)
ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Консультанты:

По экономике

_____ Р.Ш. Закиров

“_19_” _____ декабря _____ 2018_ г.

Руководитель проекта:

_____ С.Г. Морозов

“_11_” _____ января _____ 2019_ г.

По охране труда

_____ И.С. Окраинская

“_19_” _____ декабря _____ 2018_ г.

Автор проекта:

студент группы КЭ-637

_____ Т.А. Баймухаметов

“_19_” _____ декабря _____ 2018_ г.

Нормоконтролер:

_____ В.Д. Спицына

“_14_” _____ января _____ 2019_ г.

АННОТАЦИЯ

Баймухаметов Т.А. Приемопередатчик дистанционного управления двухдиапазонного посадочного радиомаяка - Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭиКН, 2019, 75 с., 18 табл., 33 ил., библиографический список – 11 наим., 5 листов чертежей формата А1.

В данном дипломном проекте рассматривается процесс модернизации приемопередатчика дистанционного управления посадочной радиомаячной группы.

Проектирование приемопередатчика осуществляется на основании технической документации посадочной радиомаячной группы с учетом требований технического задания.

В пояснительной записке проводится анализ действующего устройства, результатом которого является план необходимых мероприятий для осуществления разработки.

В ходе работы описаны различные варианты реализации устройства и произведен выбор наиболее оптимального решения, разработана структурная, принципиальная схемы, подробный алгоритм программы для используемой интегральной схемы. Проработано расположение элементов на печатных платах. Произведен расчет радиокомпонентов для стабильной работы устройства.

В организационно – экономическом разделе рассматриваются вопросы экономической эффективности модернизации.

В разделе безопасности жизнедеятельности проанализированы условия эксплуатации устройства, а также влияющие на персонал вредные факторы.

					ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приемопередатчик дистанционного управления двухдиапазонного посадочного радиомаяка Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Баймухаметов						3	75		
Пров.	Морозов					ЮУрГУ Кафедра ИКТ				
Рецензент										
Н.контр.	Спицына									
Утв.	Даровских									

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ технического задания.....	7
1.1 Описание системы ПРМГ.....	7
1.2 Аппаратура телеуправления-телесигнализации изделия ПРГМ.....	8
1.3 Описание приемопередатчика ДУ серийного устройства.....	9
2 Разработка функциональной схемы.....	16
2.1 Выбор альтернативы ПЛИС фирмы Altera.....	16
2.2 Описание микроконтроллера 1887BE7T.....	18
2.3 Обзор методов уменьшения количества используемых выводов микроконтроллера для подключения большого количества кнопок и индикаторов.....	20
3 Схемотехнический раздел.....	29
4 Компоновка элементов на печатной плате.....	38
5 Алгоритм работы программы микроконтроллера.....	41
6 Организационно-экономический раздел.....	57
6.1 Сетевое планирование.....	57
6.2 Расчет параметров работ сетевого графика.....	62
6.3 Расчет экономического эффекта.....	66
7 Безопасность жизнедеятельности.....	70
7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	70
7.2 Описание условий эксплуатации проектируемого устройства.....	72
7.3 Электробезопасность.....	72
7.4 Пожарная безопасность.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		4

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВЗПП-С – воронежский завод полупроводниковых приборов – сборка;

ВПП – взлетно-посадочная полоса;

ГРП – глиссадный радиоприемник;

ДГРМ –дальномерно - глиссадный радиомаяк;

ДП – диспетчерский пункт;

ДУ – дистанционное управление;

КДП – командно-диспетчерский пункт;

КРМ –курсовой радиомаяк;

КРП – курсовой радиоприемник;

ЛА – летательный аппарат;

ЛС – линия связи;

МК – микроконтроллер;

МУ – местное управление;

НИИЭТ – научно-исследовательский институт электронной техники;

ПИУ КГ – панель индикации и управления курсо-глиссады;

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема;

ПРМГ- посадочная радиомаячная группа;

ТЛС – телефонная линия связи;

ТУ-ТС – телеуправление – телесигнализация;

USART - universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter (универсальный синхронный /асинхронный приемник/передатчик).

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		5

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое развитие авиапромышленности по всему миру в середине 40-х годов прошлого века привело к увеличению количества авиапассажиров, уменьшению времени полета из пункта А в пункт Б и повышению комфорта. Переход от поршневых двигателей к реактивным, использование крыла большой стреловидности серьезно увеличило скорость ЛА в полете, при этом увеличивалась и скорость на посадке, что еще больше усложняло работу пилотов. Для улучшения безопасности полетов появилась острая необходимость в создании систем, которые бы упростили работу пилотов и снизили риск аварий к минимуму, позволили совершать безопасную посадку днем и ночью, в различных значениях метеоминимума.

Первые подобные системы были разработаны в 30 годах прошлого века в СССР, США и Германии и постепенно модернизировались. К 1970 году система инструментальной посадки была установлена в 70 аэропортах СССР гражданского и военного назначения.

В настоящий момент на территории РФ в военной сфере используются отечественные системы инструментальной посадки, в том числе ПРМГ-76 производимая на предприятии “ЧРЗ Полет”, однако некоторые ее узлы основываются на иностранной элементной базе. В связи быстро меняющейся обстановкой на мировой арене, необходимо обеспечить независимость от иностранных поставщиков.

Цель данной дипломной работы – модернизировать аппаратуру телеуправления и телесигнализации расширив ее функционал, перевести элементную базу на отечественные радиокомпоненты и снизить стоимость конечного изделия.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

1 Анализ технического задания

1.1 Описание системы ПРМГ

Посадочная радиомаячная группа (ПРМГ) предназначена для вывода летательного аппарата (ЛА) на посадку днем и ночью на полевые и стационарные аэродромы при метеоминимумах I и II категории. Изделие состоит:

- дальномерно - глиссадный радиомаяк (ДГРМ);
- курсовой радиомаяк (КРМ);
- аппаратура телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС), которая располагается на КДП.

Определение курса и глиссады необходимо для задания направления полета экипажу ЛА в горизонтальной и вертикальной плоскости соответственно, методом равносигнального направления.

Курсовой радиомаяк задает в пространстве вертикальную плоскость посадочного курса, которая совмещается с осью ВПП, глиссадный радиомаяк задает плоскость планирования, наклонную к горизонтальной (см. рисунок 1). В результате пересечения двух указанных плоскостей образуется глиссада (траектория полета ЛА, в ходе которой происходит снижение). В результате полета по глиссаде ЛА попадает в зону приземления на ВПП [1].

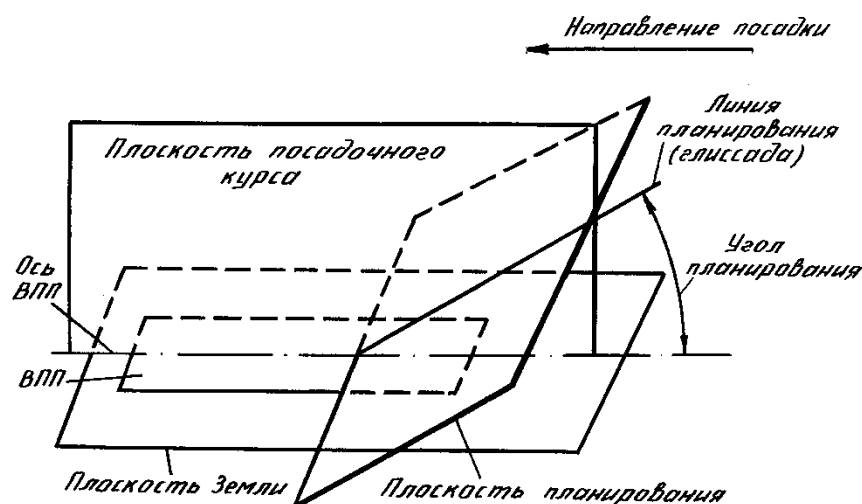


Рисунок 1 – Работа КРМ и ГРМ для формирования глиссады

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

7

На самолете сигналы, излучаемые от ДГРМ и КРМ, принимаются курсовым радиоприемником (КРП) и глиссадным радиоприемником (ГРП), обрабатываются и отображаются с помощью отклонения вертикальной и горизонтальной стрелки индикатора.

Измерение дальности основывается на методе активной радиолокации “запрос-ответ”. Замеряется время между отправкой запросных посылок и получении ответного сигнала и после вычислений на борту ЛА информация отображается на прибор индикации.

В контексте данной дипломной работы будет рассмотрена работа аппаратуры телеуправления и телесигнализации.

1.2 Аппаратура телеуправления – телесигнализации изделия ПРМГ

Аппаратура ТУ-ТС предназначена для передачи команд управления с КДП на радиомаяки и сигналов с радиомаяков в КДП о состоянии по двухпроводной линии связи (кабель типа ТБ-0,5 или аналогичный с диаметром жил не менее 0,5мм, далее линия связи типа ТБ-0,5) на расстояние до 5 км или по витой паре на расстояние до 1 км (интерфейс RS-485).

Аппаратура ТУ-ТС состоит из следующих устройств:

- блока ДП, располагаемый на командно-диспетчерском пункте (КДП);
- двух приемопередатчиков – по одному в шкафах ДГРМ и КРМ.

Выбор режима управления радиомаяком: местного (“МУ”) или дистанционного (“ДУ”) осуществляется на панели индикации и управления курсо-глиссады (“ПИУ КГ”) шкафа дальномерно-глиссадного радиомаяка (“ДГРМ”). В режиме (“МУ”) на блоке ДП обеспечивается только индикация состояния радиомаяка, а в режиме “ДУ” также и возможность управления радиомаяком при помощи аппаратуры ТУ-ТС.

Приемопередатчик ДУ входит в состав системы аппаратуры ТУ-ТС и представляет собой устройство, обеспечивающее передачу команд

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

включения/отключения аппаратуры маяка и прием сигналов состояния аппаратуры по ТЛС или RS-485.

Кодировка информации реализуется с помощью модифицированного логического биполярного трёхуровневого балансного кода.

1.3 Описание приемопередатчика ДУ серийного устройства

Приемопередатчик ДУ состоит из входных и выходных буферов, входных и выходных каскадов интерфейсов ТЛС и RS-485. На плате размещены DC/DC преобразователи, кнопки, светодиодные индикаторы и динамик (см. рисунок 2). Также к плате подключаются тумблеры с помощью пайки проводов на специально подготовленные площадки.

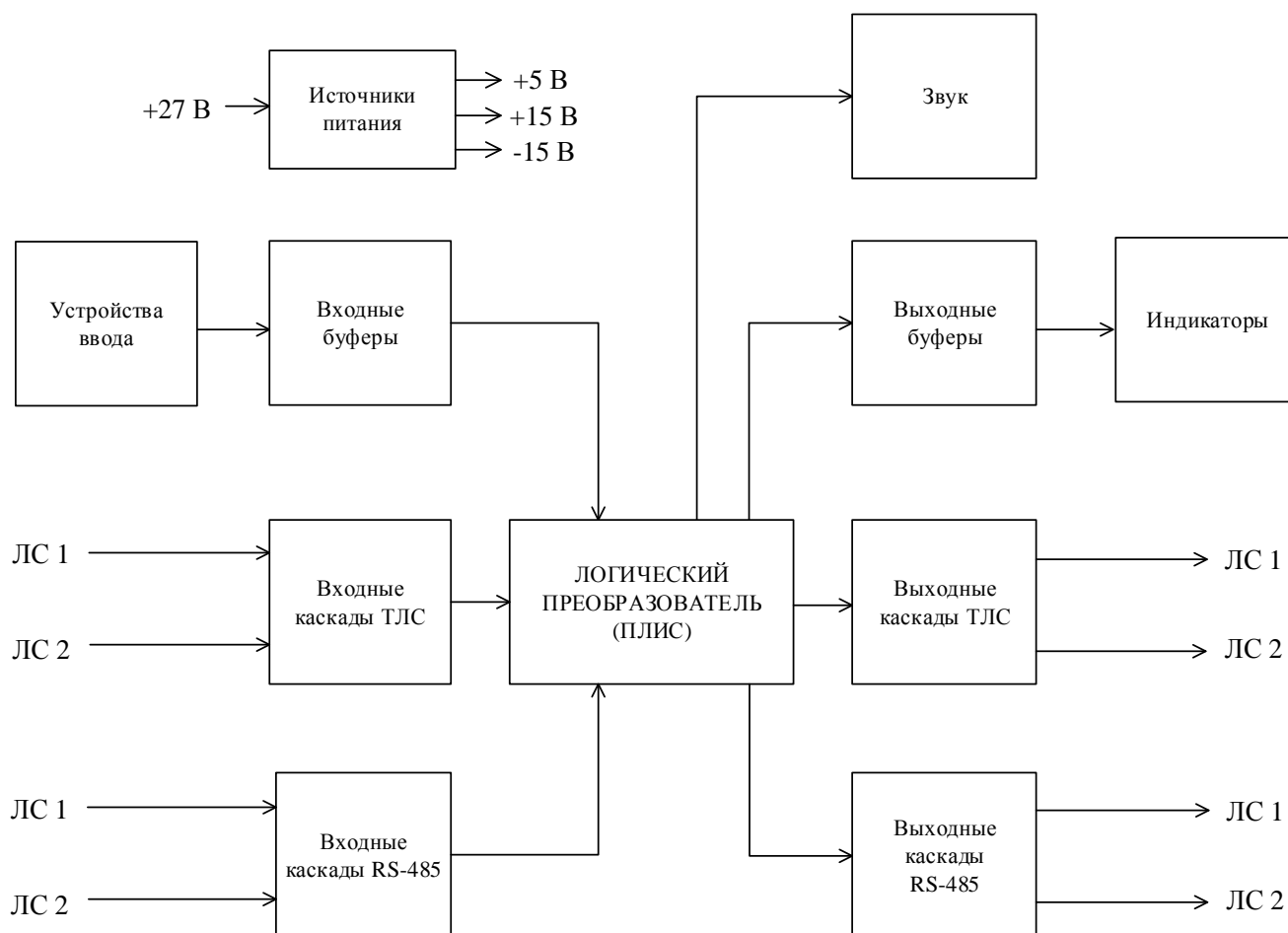


Рисунок 2 – Блок схема приемопередатчика ДУ

Плата приемопередатчика ДУ основывается на ПЛИС фирмы Altera, модель EPF10K30RI208-4N [2, с.9] (см. рисунок 3).

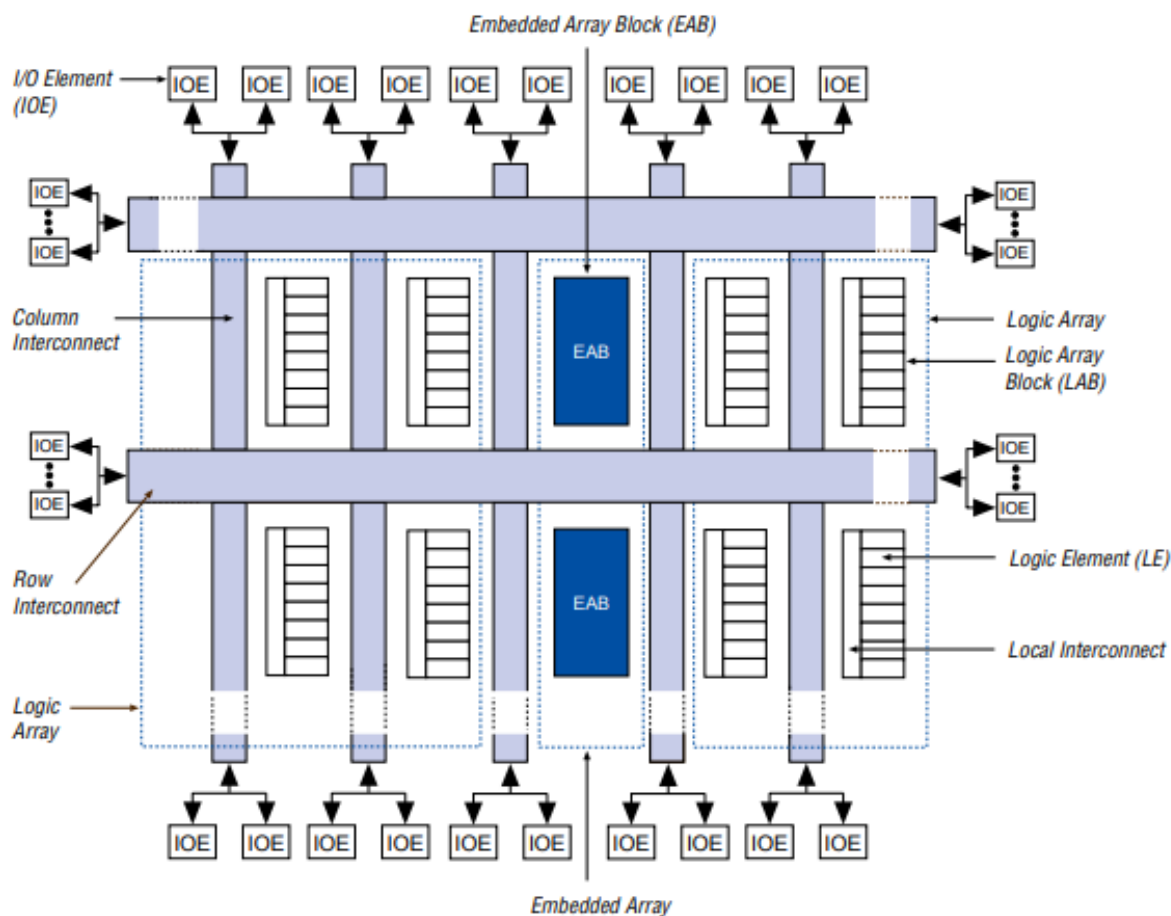


Рисунок 3 – Блок диаграмма ПЛИС Altera EPF10K30RI208-4N

Основные характеристики:

- количество ячеек – 30000;
- количество логических элементов - 1728;
- количество логических блоков – 216;
- встроенный блок памяти/обработки – 6;
- общее количество бит оперативной памяти – 12228;
- количество портов ввода-вывода – 246.

ПЛИС обеспечивает:

- логическое преобразование команд управления, поступающих с ЛС и передачу их на аппаратуру РМ, а также прием сигналов состояния с

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

10

аппаратуры РМ и передачу их по ЛС в соответствии с логическим протоколом;

- логическое преобразование принятой информации в сигналы управления РМ.

Выходными сигналами схемы являются:

- последовательность импульсов при использовании ЛС типа ТБ-0.5;
- последовательность импульсов при использовании интерфейса RS-485.

Прием и передача информации может осуществляться по одному из двух интерфейсов (ТЛС или RS-485).

В линии связи типа ТЛС используется биполярный трехуровневый балансный код (см. рисунок 4а). Цикл обмена: передача сообщения – пауза – прием сообщения – пауза. Формат сообщения при приеме/передаче – 32 бита (включая биты служебной и полезной информации).

Информация заключена в длительность и последовательность импульсов. Если первый полупериод отрицательный, а второй положительный – ноль, если первый положительный, а второй отрицательный – единица. Номинальная амплитуда сигнала $U_c = \pm 15$ В.

При приеме информации по ТЛС сигнал преобразуется из биполярного в однополярный (см. рисунок 4б). Данный сигнал поступает на два вывода ПЛИС. Амплитуда сигнала +5 В.

Единичные индикаторы выдают результаты обмена (прием и передачу по выбранному интерфейсу) на переднюю панель платы.

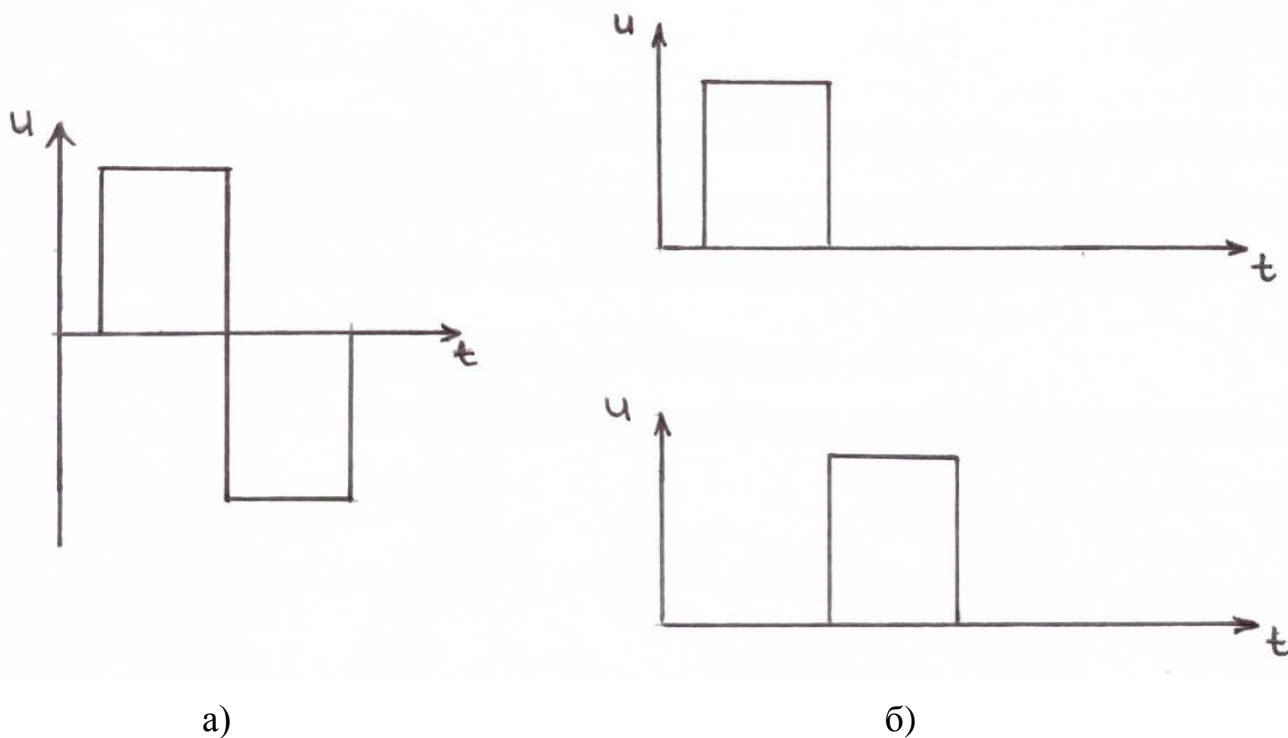
При использовании интерфейса RS-485 задействованы микросхемы, которые преобразуют сигнал интерфейса до уровня ТТЛ и наоборот. Далее сигнал поступает в ПЛИС или из ПЛИС в зависимости от момента работы (прием или передача).

Для работы схемы необходимо обеспечить стабилизированное питание с напряжением плюс 5 В для ПЛИС и микросхем, минус 15 В и плюс 15 В для питания каждого канала каскадов ТЛС. Для этого в устройстве применяется три модуля

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

DC/DC преобразователей, один МПВ10А (для потребителей плюс 5 В) и два МПВ5СС (для ТЛС), которые формируют вторичные напряжения питания из входного напряжения плюс 27 В. Характеристики DC/DC преобразователей приведены в таблице один.

Для звуковой индикации используется ТВУ-24.



а) биполярный балансный трехуровневый код;
б) преобразованный сигнал.

Рисунок 4

Таблица 1 – Характеристики модулей питания

Модель	Диапазон входного напряжение	Номинальное входное напряжение	Номинальное выходное напряжение	Максимальный ток нагрузки	Мощность	Амплитуда пульсаций выходного	Габариты Ш,В,Г, мм
МПВ10А	+18 В...+36 В	+27 В	+5±0.1 В	2 А	10 Вт	150 мВ	50,10,25
МПВ5СС	+18 В...+3 6В	+27 В	±15 В	0.17А	5 Вт	150 мВ	32,15,22

Входные и выходные буферы обеспечивают развязку между источником сигнала и его потребителем. Входные буферы состоят из микросхем 1533АП5 (см. рисунок 5), блоков резисторов. Выходные буферы состоят из микросхем 530ЛН2 (см. рисунок 6). Они необходимы для защиты ПЛИС от таких факторов как:

- повышенная необоснованная нагрузка на выходные порты ПЛИС;
- критическая нагрузка на выходные порты ПЛИС в результате возникшей неисправности потребителя сигнала.

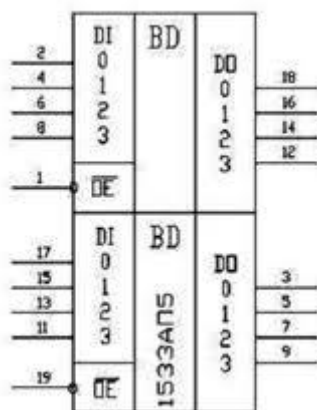


Рисунок 5 – УГО микросхемы 1533АП5

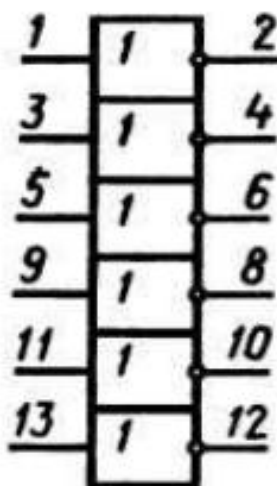


Рисунок 6 - УГО микросхемы 530ЛН2

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

13

Описание приемопередатчика ДУ было бы неполным без информации о передаваемых и принимаемых командах (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Название команд интерфейса

Название передаваемой команды	Название принимаемой команды
Вкл. I компл. РД	I компл. КРМ включен
Откл. I компл. РД	II компл. КРМ включен
Вкл. II компл. РД	Категория I КРМ
Откл. II компл. РД	Категория II КРМ
Вкл. I компл. ГРМ	Работа ТУ-ТС КРМ
Откл. I компл. ГРМ	Светоограждение КРМ
Вкл. II компл. ГРМ	ДУ КРМ
Откл. II компл. ГРМ	I компл. РД включен
Вкл. I компл. КРМ	II компл. РД включен
Откл. I компл. КРМ	Нет резерва КРМ
Вкл. II компл. КРМ	Работа от аккумулятора ДКРМ
Откл. II компл. КРМ	Нет резерва РД
Вкл. светоограждение	Авария РД
Откл. светоограждение	Перегрев ДКРМ
Сброс аварии КРМ	Авария КРМ
Сброс аварии ГРМ	Отказ аккумулятора ДКРМ
Сброс аварии РД	Вскрытие ДКРМ
Откл. звук сигнал	Авария ТУ-ТС ДКРМ
Контроль индикаторов	I комплект ГРМ включен
	II комплект ГРМ включен
	Категория I ГРМ
	Категория II ГРМ
	Работа ТУ-ТС ГРМ
	Светоограждение ГРМ
	ДУ ГРМ
	Нет резерва ГРМ
	Работа от аккумулятора ГРМ
	Перегрев ГРМ
	Авария ГРМ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ЮУрГУ-Д. 11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

14

Продолжение таблицы 2

	Отказ аккумулятора ГРМ
	Вскрытие ГРМ
Сброс аварии КРМ	Авария КРМ

Выбор управляемого изделия производится путем установки тумблеров в необходимое положение (I или II комплект РД, КРМ, ГРМ). Дальнейшее управление осуществляется путем нажатия кнопки (напр. “Вкл РД”), что приводит к записи лог. “1” в соответствующий бит.

В обоих протоколах обмена имеются свободные биты для передачи команд управления, которые можно использовать для расширения функционала.

Согласно ТЗ, модернизированный приемопередатчик ДУ должен сохранить возможность передачи команд по ЛС ТЛС и RS-485, принимать 15 команд оператора с кнопок и 5 команд с тумблеров и выводить принятую информацию на единичные индикаторы в количестве 40 штук, при этом обязательно должна использоваться отечественная элементная база с меньшей закупочной стоимостью.

Проанализировав работу существующего изделия необходимо:

- изучить номенклатуру отечественной электронной промышленности и подобрать оптимальный вариант замены ПЛИС фирмы Altera;
- создать структурную схему устройства;
- разработать схему электрическую принципиальную;
- разработать блок схему программы;
- проработать расположение элементов на печатной плате.

2 Разработка функциональной схемы

2.1 Выбор альтернативы ПЛИС фирмы Altera

Одним из самых простых вариантов модернизации приемопередатчика ДУ – использование отечественного аналога ПЛИС Altera EPF10K30RI208-4N. Предприятие ВЗПП-С выпускает ПЛИС 5576XC1T в металлокерамическом корпусе. Однако стоимость отечественной микросхемы на момент поиска составляет около 35000 рублей, в то время стоимость как EPF10K30RI208-4N не превышает 15000 рублей. Из-за высокой стоимости данный вариант не оптимален. Согласно каталогу АО ВЗПП-С [3,с5] для конфигурирования ПЛИС 5576XC1T необходимо использовать ПЗУ 5576PC1У и дополнительный DC/DC преобразователь на 3.3 В что еще больше увеличивает стоимость.

Одним из вариантов решения задачи – замена ПЛИС на микроконтроллер. Предприятия НИИЭТ и Миландр выпускают большую номенклатуру микроконтроллеров. Рассмотрим 8 и 32 разрядные МК. В таблицах три и четыре приведены наиболее подходящие модели от обоих производителей.

Таблица 3 – 8-битные модели микроконтроллеров, производимые пр. НИИЭТ и Миландр

Название	Частота, МГц	Кол-во USART, шт	Кол-во програм. выводов, шт	Кол-во 16 разр. таймеров, шт	Кол-во 8 разр. таймеров, шт	Память программ, байт	Кол-во внеш. и внутр. источ.	Металлокерам. корпус	Стоимость, руб.
НИИЭТ 1887BE4У	16	1	32	1	2	64К	20	+	6500
НИИЭТ 1887BE7Т	16	2	53	2	2	128К	21	+	10000
Миландр 1886BE2У	33	2	50	1	2	64К	18	+	12400

Продолжение таблицы 3

Название	Частота, МГц	Кол-во USART, шт	Кол-во програм. выводов, шт	Кол-во 16 разр. таймеров, шт	Кол-во 8 разр. таймеров, шт	Память программ, байт	Кол-во внеш. и внутр. источ. прерываний	Металлокерам. корпус	Стоимость, руб.
Миландр 1886BE3У	33	1	28	1	0	64К	24	+	8600
Миландр 1886BE61У	24	2	32	2	0	64К	15	+	5600

Таблица 4 – 32-битные модели микроконтроллеров, производимые пр. НИИЭТ и Миландр

Название	Частота, МГц	Кол-во USART, шт	Кол-во програм. выводов, шт	Кол-во 32 разр. таймеров, шт	Кол-во 16 разр. таймеров, шт	Память программ, байт	Металлокерамический корпус	Стоимость, руб.
НИИЭТ 1921BK01T1	100	4	120	3	0	1М	+	52000
Миландр 1901BЦ1T	100	3	96	0	3	128К	+	35000

Использование 32 – разрядных МК не представляется возможным, т.к. приведет к увеличению стоимости приемопередатчика. Наиболее подходящие

варианты – 1887BE7T от НИИЭТ и 1886BE2У от Миландр. Для того, чтобы принять окончательное решение, необходимо сузить критерии поиска:

- наличие минимум двух аппаратных USART;
- максимальная производительность;
- наличие максимального кол-ва выводов, таймеров и прерываний;
- наименьшая стоимость.

Исходя из данных уточнений, используем МК 1887BE7T.

2.2 Описание микроконтроллера 1887BE7T

Микросхема 1887BE7T (см. рисунок 7) является функциональным аналогом ATmega128 и предназначена для использования в системах приема, передачи и обработки информации, встроенного управления и в автономных необслуживаемых аппаратах специального назначения.



Рисунок 7 – Микроконтроллер 1887BE7T предприятия НИИЭТ

ИС представляет собой 8-разрядный микроконтроллер AVR RISC-архитектуры. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл, микросхема достигает производительности 1 миллион операций в секунду

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

на 1 МГц, что позволяет оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия [4.с 6].

Функциональные возможности микросхемы:

8-разрядная RISC архитектура	
тактовая частота, МГц.....	16
встроенный двухцикловый умножитель, бит.....	8 x 8
память программ, байт.....	128К
объем внутреннего ОЗУ, байт.....	4К
объем встроенной энергонезависимой памяти данных, байт.....	4К
объем адресуемой внешней памяти, байт.....	64К
программируемые последовательные порты USART.....	2
последовательный периферийный интерфейс SPI с функцией внутрисхемного программирования.....	1
байт-ориентированный двухпроводной последовательный интерфейс TWI.....	1
8-битные таймеры/счетчики с отдельными предделителями и режимами сравнения.....	2
16-битные таймеры/счетчики с отдельными предделителями, режимами сравнения и режимами захвата.....	2
счетчик реального времени с отдельным генератором.....	1
8-разрядные каналы ШИМ.....	2
каналы ШИМ с программируемым разрешением от 2 до 16 бит.....	6
встроенный АЦП: разрядность преобразования, бит.....	10
количество каналов.....	8
программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором.....	1
встроенный аналоговый компаратор.....	1
количество программируемых линий ввода-вывода.....	53
количество внешних и внутренних источников прерываний.....	21

Производитель рекомендует использовать программные средства AVR Studio (Atmel Studio) и CodeVision, имеет собственное программно-аппаратное средство для программирования КФДЛ.301411.247 и макетно-отладочную плату КФДЛ.301411.243.

Для подключения кнопок, тумблеров и светодиодных индикаторов нам понадобится 61 вывод микроконтроллера, однако количество всех программируемых выводов МК не превышает 53, при этом нам понадобятся выводы для интерфейсов USART и ТЛС. Необходимо проанализировать методы объединения кнопок и светодиодов для экономии выводов МК.

2.3 Обзор методов уменьшения количества используемых выводов микроконтроллера для подключения большого количества кнопок и индикаторов

Существуют различные методы группировки кнопок и светодиодов для использования в случаях, когда невозможно выделить вывод МК для каждого устройства или потребителя. Сначала рассмотрим методы объединения кнопок, затем светодиодов.

Первый метод: соединение кнопок в общую шину с использованием диодов

При использовании данного метода кнопке присваивается свой цифровой код благодаря включению диодов в схему (см. рисунок 8). Количество кнопок, которые можно соединить таким способом вычисляется по формуле (1).

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		20

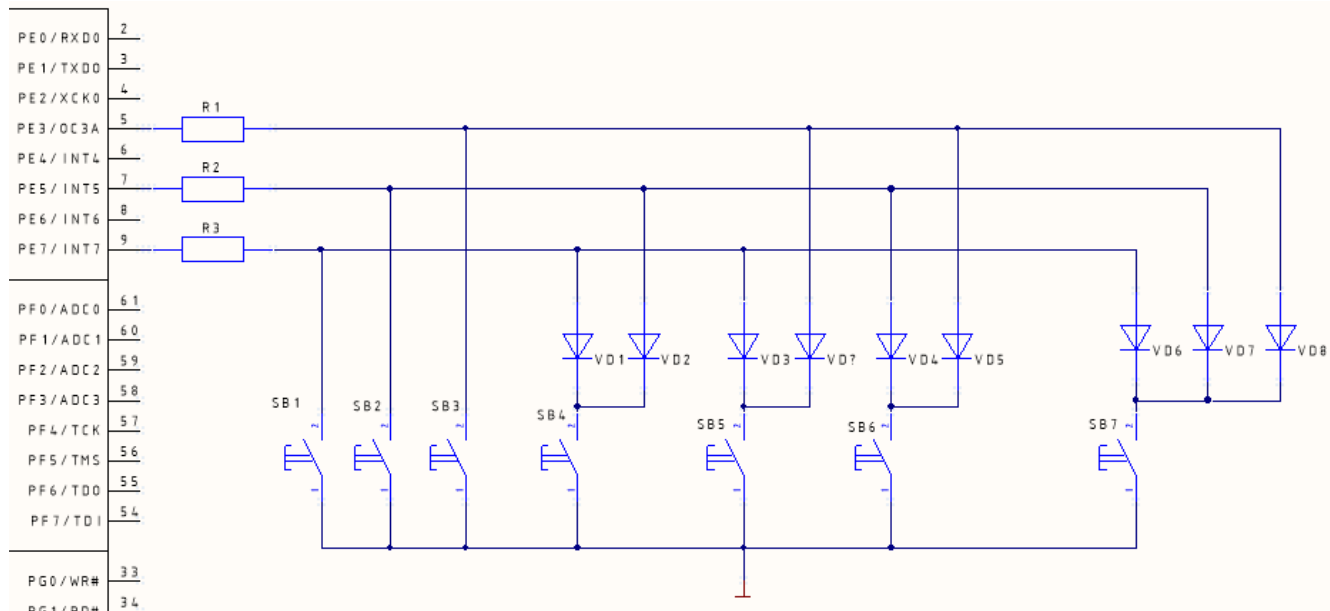


Рисунок 8 – Метод подключения кнопок с добавлением диодов

$$B = 2^n - 1, \quad (1)$$

где B – количество кнопок ,шт.

n – количество выводов микроконтроллера, шт.

Если использовать данный метод, нам понадобится минимум пять выходов микроконтроллера. В нем мы сможем подключить максимум 31 кнопку, однако для этого необходимо подключение 42 диодов. Основной плюс данной схемы в том, что требуется относительно малое количество выводов микроконтроллера, однако 42 диода усложняют трассировку печатной платы и код программы.

Второй метод: матричная клавиатура

Основная идея данного метода заключается в соединении кнопок по матричной схеме. Тем самым в матрице имеется некоторое количество строк и столбцов (см. рисунок 9).

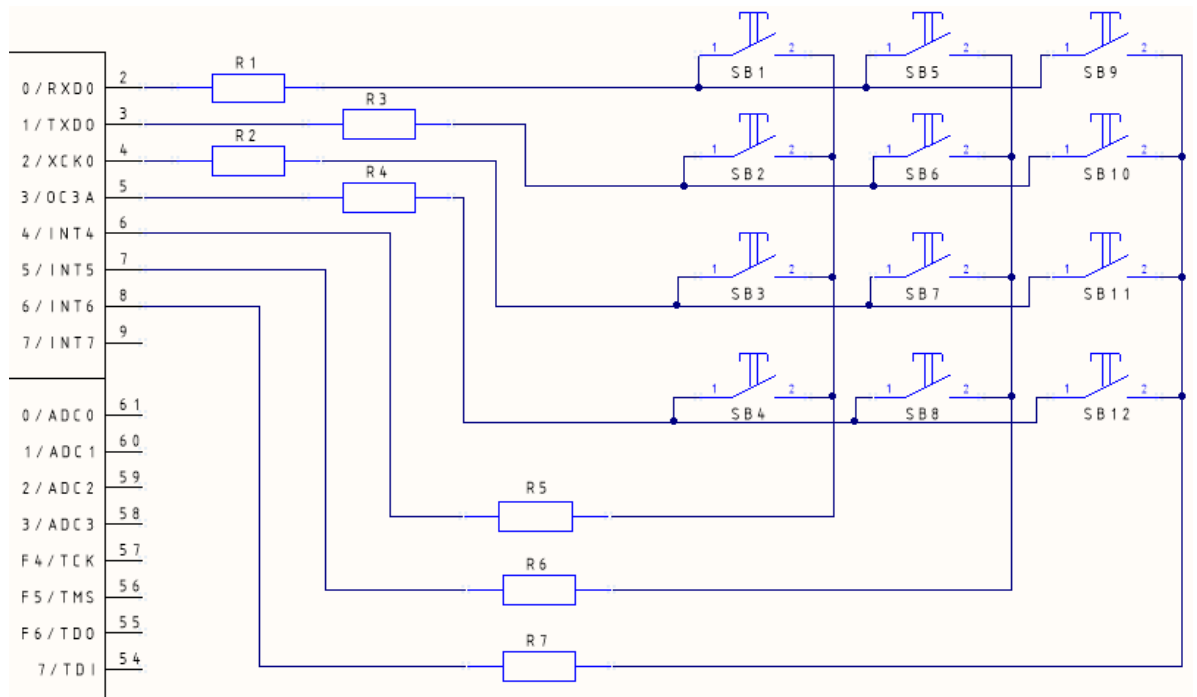


Рисунок 9 – Схема подключения кнопок в виде матрицы

Разберем на примере опрос кнопок по столбцам. Начальное состояние всех выводов – вход с включенным подтягивающим резистором. Устанавливаем вывод шесть МК в режим выхода и выставляем ноль. Нажатие кнопок SB1, SB2, SB3, SB4 будет замыкать со второго по пятый выводы МК на 0 В питания. Опрашиваем эти выводы и определяем нажатие кнопки. Устанавливаем седьмой вывод в режим выхода и выставляем ноль. Теперь нажатие кнопок SB5, SB6, SB7, SB8 будет замыкать со второго по пятый выводы МК на 0 В питания. Дальнейшие столбцы опрашиваем аналогично.

Для использования данного метода потребуется девять выводов микроконтроллера для работы 20 кнопок. Также потребуется установить девять резисторов. Данное техническое решение хорошо зарекомендовало себя в производящейся аппаратуре.

Третий метод: использование мультиплексора

Мультиплексор — устройство, имеющее несколько сигнальных входов, один или более управляющих входов и один выход. Мультиплексор позволяет

передавать сигнал с одного из входов на выход, при этом выбор желаемого входа осуществляется подачей соответствующей комбинации управляющих сигналов.

Существуют аналоговые и цифровые мультиплексоры. Аналоговые мультиплексоры электрически соединяют выбранный вход с выходом, цифровые же не образуют прямого электрического соединения между ними, а лишь повторяют логический уровень. По этой причине при использовании цифрового мультиплексора отпадает надобность в установке входного буфера, т.к мультиплексор будет развязывать цепь между кнопками и микроконтроллером.

Отечественные предприятия выпускают обширную линейку мультиплексоров, наиболее подходящие под наши цели приведены в таблице 5. Необходимо выбрать следуя критериям:

- наибольшее количество входов при наименьшем количестве выходов;
- военная приемка;
- выпускается на данный момент.

Таблица 5 – Модели мультиплексоров

Название	Количество входов-выходов	Тип
133КП1	5-16	ТТЛ
133КП5	4-8	ТТЛ
133КП7	4-8	ТТЛ
133ИД4	5-9	ТТЛ
530КП15	5-8	ТТЛ
530КП2	6-8	ТТЛ
530КП7	4-8	ТТЛ

Из всех представленных методов наиболее подходят второй и третий. Вторым методом используется на один вывод меньше, однако при его использовании отсутствует задел на будущие модернизации, так как не представляется возможным подключить дополнительные кнопки. Мультиплексор, используя 10

выводов, позволяет подключить 32 кнопки, что обеспечивает запас для будущего расширения функционала. В данном случае остановим свой выбор на мультиплексоре.

Светодиоды

Для подключения большого количества светодиодных индикаторов используются следующие методы:

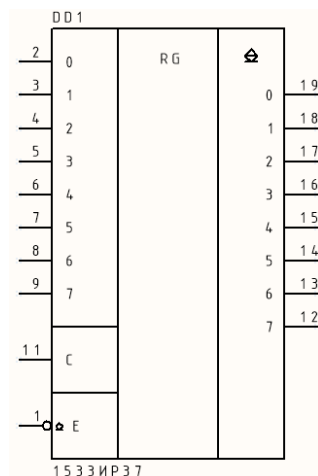
- статическая индикация (регистры хранения информации, сдвиговый регистр);
- динамическая индикация (демультиплексор).

Регистры хранения информации

Регистр – запоминающее устройство, предназначенное для временного хранения обрабатываемой или управляющей информации. Регистры хранения используются для приема, хранения и выдачи многоразрядного кода. Они представляют собой совокупность одноступенчатых триггеров (как правило, D -типа) с общим входом синхронизации. Иногда в регистре имеется также и общий вход асинхронной установки всех триггеров в " 0 ".

Отечественные предприятия выпускают микросхему 1553ИР37 (см.рисунок 10), согласно документации [5, с1] она представляет собой восьмиразрядный регистр хранения информации, тактируемый импульсом, с возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Запись информации в триггеры регистра происходит при подаче лог. "1" на вход С, в этом случае сигналы на выходах регистра повторяют входные. При подаче лог. "0" на вход С регистр переходит в режим хранения информации.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		24



а)

б)

а) УГО 1533ИР37

б) Корпус микросхемы 1533ИР37

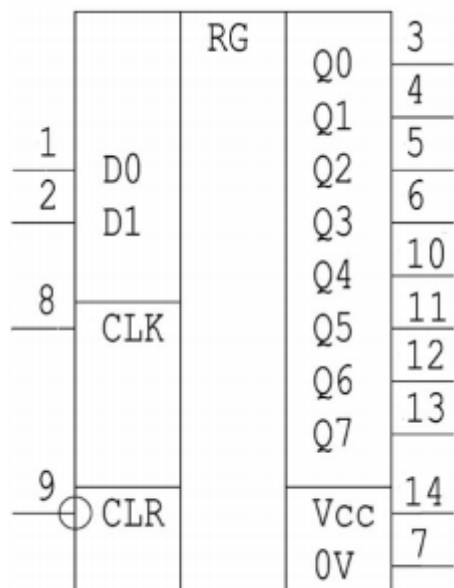
Рисунок 10

При использовании регистра хранения информации потребуется 13 выводов микроконтроллера, 5 микросхем для управления 40 светодиодными индикаторами. Обновление информации на индикаторах можно производить раз в 0.5 – 1 сек, что сэкономит ресурсы микроконтроллера.

Сдвиговый регистр

Данный тип регистров также предназначен для временного хранения информации, однако запись происходит по 1 биту. Рассмотрим пример на отечественном сдвиговом регистре 1564ИР8 (см. рисунок 11). Согласно технической документации [б. с1] всего подключается четыре вывода, CLK, CLR и D0, D1. Перед началом записи вывод CLK опускается в низкий логический уровень, затем на информационных выводах D0, D1 выставляются нужные биты и после этого на вывод CLK поступает сигнал высокого логического уровня. Эти действия повторяются пока не будет передан весь байт и после необходимо выставить высокий логический уровень на вывод CLR. В этот момент весь байт

будет передан на выходы регистра. Для передачи единицы, значение D0 и D1 должны быть выставлены в лог "1", для передачи нуля – один из выводов выставляется в лог "0".



а)

б)

а) УГО 1564ИР8

б) Корпус микросхемы 1564ИР8

Рисунок 11

При использовании сдвигового регистра потребуется 12 выводов микроконтроллера на пять микросхем для управления 40 светодиодными индикаторами.

Демультимплексор

Данный вид индикации относится к динамической, так как в один момент времени работает только один индикатор. Из-за свойств зрения, человек не способен заметить быстрое включение и выключение светодиода. Данный принцип очень похож на работу мультиплексора кроме того, что он предназначен для переключения сигнала с одного информационного входа на один из информационных выходов, что зеркально отличается от мультиплексора.

При выборе демультиплексора стоит учитывать величину тока потребления светодиодных индикаторов – от 5 до 20 мА. В статическом режиме работы ток потребления равен 8 мА, в динамическом 20 мА. В таблице шесть приведены модели отечественных демультиплексоров.

Таблица 6 – Модели демультиплексоров

Название	Кол-во вход.-выход	Тип	Макс. ток
530ИД14	6-8	ТТЛ	1 мА
530ИД7	6-8	ТТЛ	1 мА
533ИД19	4-16	ТТЛ	4 мА
533ИД3	4-16	ТТЛ	4 мА
533ИД4	4-16	ТТЛ	4 мА
5584ИД7	3-8	КМОП	25 мА

Единственный демультиплексор удовлетворяющий нашим требованиям – 5584ИД7 (см. рисунок 12)

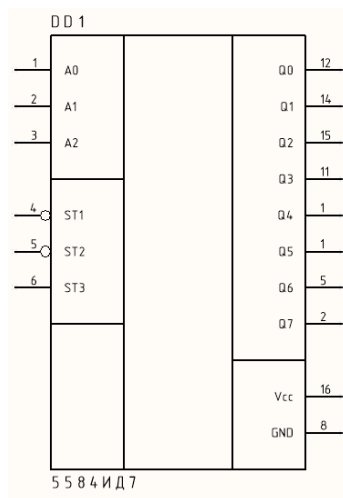


Рисунок 12 – УГО микросхемы 5584ИД7

Согласно технической документации [7. с1] при использовании данной микросхемы потребуется 15 выводов микроконтроллера для подключения 40 индикаторов. ST1-ST3 – входы разрешения. На выводы ST1, ST2 подается

логический “0”, на ST3 логической “1”. После этого на выводы А0-А2 подается необходимая комбинация с микроконтроллера.

Из трех представленных вариантов регистр хранения информации подходит для наших целей больше всего, так как за единицу времени записывается весь байт, что требует меньше времени и ресурсов микроконтроллера

Исходя из данного анализа в модернизированной схеме решено использовать мультиплексор (133КП1) и регистр хранения информации (1533ИР37). На основании данного выбора сделана функциональная схема (см. рисунок 13). Так как необходимо добавить возможность выбора номера комплекта для КРМ-М (I комплект КРМ-М, II комплект КРМ-М), а также типа используемой линии связи (RS-485, ТЛС), добавим в схему два тумблера.

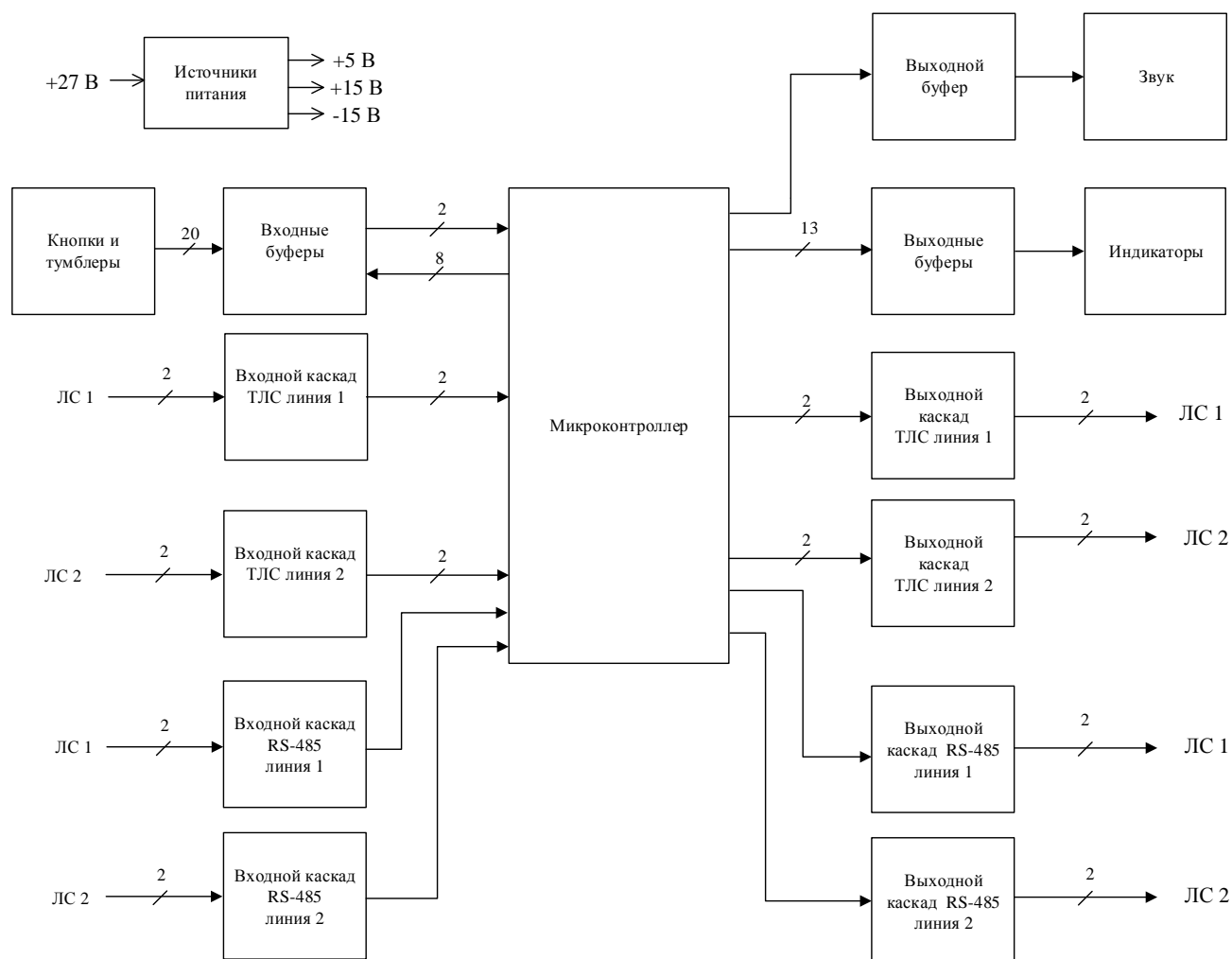


Рисунок 13 – Функциональная схема приемопередатчика ДУ с МК 1887BE7T

3 Схемотехнический раздел

Расчет номинала резисторов входного каскада ТЛС

Линия ТЛС прокладывается кабелем П-274 на расстояние до 5 км. В зависимости от длины линии изменяется ее сопротивление. Так как линия ТЛС представляет собой линию связи типа «токовая петля» сопротивление линии оказывает значительное влияние на качество передачи информации. Таким образом необходимо предусмотреть корректную работоспособность входных и выходных каскадов при различной длине линии.

Максимальное сопротивление R_l линии равно:

$$R_l = 2 \cdot l \cdot p = 2 \cdot 5 \text{ км} \cdot 65 \text{ Ом/км} = 650 \text{ Ом} \quad (2)$$

где l – длина линии,

p – удельное сопротивление П-274, равное 65 Ом/км.

Схема входного каскада представленная на рисунке 14.

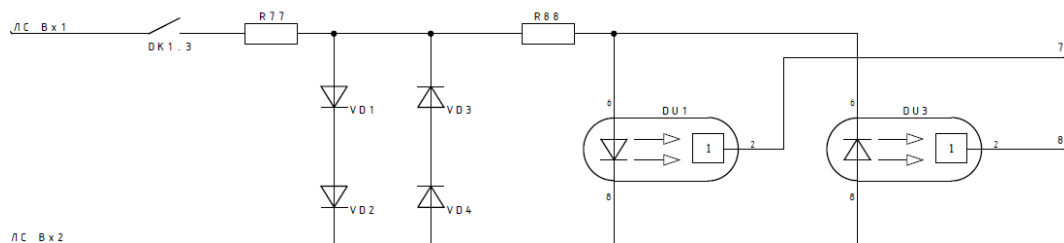


Рисунок 14 - Схема входного каскада ТЛС

Стабильный ток через управляющие светодиоды оптронов DU1, DU3 обеспечивается ограничителем на импульсных диодах VD1-VD4. Напряжение ограничения $U_{огр} = \pm 2 \text{ В}$, следовательно нет нужды производить настройку выходных каскадов передающего устройства, так как амплитуда сигнала не превысит $U_{огр}$.

Ограничивающий ток через светодиоды оптрона резистор R_{88} равен:

$$R_{88} = \frac{U_{\text{огр}} - U_{\text{упр}}}{I_{\text{упр}}} = \frac{2 \text{ В} - 1,2 \text{ В}}{12 \text{ мА}} = 67 \text{ Ом}, \quad (3)$$

где $U_{\text{упр}}$ – напряжение управления оптрона,

$I_{\text{упр}}$ – ток управления оптрона.

Мощность рассеиваемая на резисторе R_{88} в равна:

$$P_{R_{88}} = \frac{(U_{\text{огр}} - U_{\text{упр}})^2}{R_{88}} = \frac{(2 \text{ В} - 1,2 \text{ В})^2}{67 \text{ Ом}} \approx 0,01 \text{ Вт}, \quad (4)$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 68 Ом 0,125 Вт.

Резистор R_{77} ограничивает ток через диоды VD1-VD4, т.е. ток линии.

Рассчитаем R_{77} при $R_l = 0$:

$$R_{77} = \frac{U_c - U_{\text{огр}}}{I_{d\text{max}} + I_{\text{упр}}} = \frac{15 \text{ В} - 2 \text{ В}}{100 \text{ мА} + 12 \text{ мА}} \approx 120 \text{ Ом}, \quad (5)$$

где $I_{d\text{max}}$ – максимальный постоянный ток через диоды VD1-VD4.

Мощность рассеиваемая на резисторе R_{77} в момент передачи равна:

$$P_{R_{77}} = \frac{(U_c - U_{\text{огр}})^2}{R_{77}} = \frac{(15 \text{ В} - 2 \text{ В})^2}{120 \text{ Ом}} \approx 1,4 \text{ Вт}, \quad (6)$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 120 Ом 2 Вт.

Проверим обеспечивает ли резистор R_{77} необходимый ток в линии для управления оптрона при $R_l = 650 \text{ Ом}$:

$$I_l = \frac{U_c - U_{\text{огр}}}{R_l + R_{77}} = \frac{15 \text{ В} - 2 \text{ В}}{650 \text{ Ом} + 120 \text{ Ом}} \approx 17 \text{ мА}, \quad (7)$$

Ток в линии больше тока управления, следовательно R_{77} обеспечивает необходимый ток.

Расчет номинала резисторов выходного каскада ТЛС

Для передачи информации по ТЛС, необходима схема которая позволит генерировать биполярный балансный трехуровневый код (см. рисунок 15). Сигнал управления поступает с микроконтроллера на МОП-реле. Это необходимо для

гальванической развязки цепей, т.к для генерирования биполярного кода используется DC/DC преобразователи ± 15 В. Всего в одном каскаде используется два реле, для создания положительного и отрицательного полупериода (см.рисунок 15). Они подключены к базе транзистора, тем самым управляя его коллектором. Транзисторы работают в ключевом режиме.

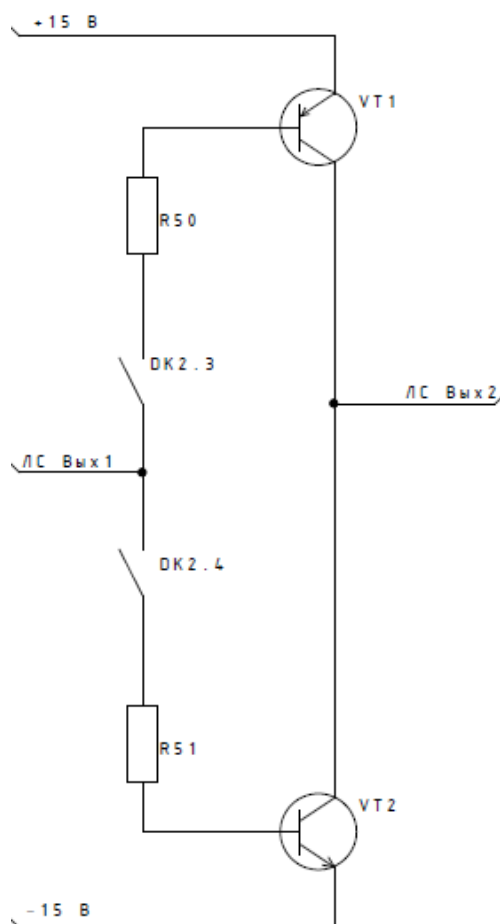


Рисунок 15 - Схема выходного каскада ТЛС

Резисторы R_{50} и R_{51} ограничивают величину токов I_b баз транзисторов VT1 и VT2 до величины максимального коммутируемого тока $I_{коммакс}$ МОП-реле [8].

Рассчитаем R_{50} и R_{51} при условии что $I_b = 0,8 \cdot I_{коммакс}$

$$R_{50} = R_{51} = \frac{U_c - U_{бэ}}{I_b} = \frac{15 \text{ В} - 0,7 \text{ В}}{0,1 \text{ А} \cdot 0,8} \approx 200 \text{ Ом}, \quad (8)$$

где $U_{бэ}$ – напряжение база эмиттер при $I_b = 80$ мА.

Мощность выделяемая на резисторе R_1 и R_2 равна:

$$P_{R_{50}} = P_{R_{51}} = \frac{(U_c - U_{\text{бэ}})^2}{R_1} = \frac{(15 \text{ В} - 0,7 \text{ В})^2}{200 \text{ Ом}} \approx 1 \text{ Вт}, \quad (9)$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 200 Ом 1 Вт.

Расчет схемы включения светодиодов

Для расчета номиналов резисторов воспользуемся информацией о электрических параметрах красных, желтых и зеленых светодиодов (см. таблицу 7).

Таблица 7 – Электрические параметры светодиодов 3Л336

Модель	Постоянное прямое напряжение $U_{\text{пр}}$, В	Режим измерения $I_{\text{пр}}$, мА
3Л336 К-К/ПО (Красный)	2,0	8
3Л336 Ж-Ж/ПО (Желтый)	2,8	8
3Л336 И-Л/ПО (Зеленый)	2,8	8

Рассчитаем номинал резистора для красного светодиода

Найдем падение напряжения на резисторе по формуле (2).

$$U_p = U_{\text{п}} - U_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где, U_p – падение напряжения на резисторе, В;

$U_{\text{п}}$ – напряжение питания, В;

$U_{\text{пр}}$ – падение напряжения на светодиоде, В;

Тогда

$$U_p = 5 - 2 = 3 \text{ В.}$$

По закону Ома (3) определим сопротивление резистора, требуемое для обеспечения заданного тока. Падение напряжения на резисторе $U = U_p = 3 \text{ В}$, требуемый ток $I = 8 \text{ мА}$. Тогда

$$R = \frac{3}{0.008} = 375 \text{ Ом.} \quad (3)$$

Найдем мощность, рассеиваемую на резисторе по формуле (4) при $U = 3 \text{ В}$. Тогда

$$P = U \cdot I = 3 \cdot 0,008 = 24 \text{ мВт.} \quad (4)$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 390 Ом, 0.1 Вт

Аналогичным образом произведем расчет для желтого и зеленого светодиода.

Найдем падение напряжения на резисторе по формуле (5)

$$U_p = 5 - 2,8 = 2.2 \text{ В.} \quad (5)$$

Сопротивление резистора по формуле (6)

$$R = \frac{2.2}{8 \cdot 10^{-3}} = 275 \text{ Ом.} \quad (6)$$

Мощность резистора найдем по формуле (7)

$$P = U \cdot I = 2,2 \cdot 0,008 = 18 \text{ мВт.} \quad (7)$$

Используем резистор со стандартным значением сопротивления 300 Ом, 0.125 Вт.

Для контроля наличия или отсутствия питания каскадов ЛС, 4 зеленых светодиода подключаются непосредственно к выводам DC/DC преобразователей. Ам-

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		33

плитуда напряжения плюс 15 В и минус 15 В. Для корректной работы необходимо подобрать соответствующий резистор.

Найдем падение напряжения на резисторе по формуле (8)

$$U_p = 15 - 2,8 = 12.2 \text{ В.} \quad (8)$$

Сопротивление резистора по формуле (9)

$$R = \frac{12.2}{0.008} = 1525 \text{ Ом.} \quad (9)$$

Мощность резистора найдем по формуле (10)

$$P = U \cdot I = 12,2 \cdot 0.008 = 0.097 \text{ Вт.} \quad (10)$$

Возьмем ближайший по номиналу резистор 1.8 кОм, 0.125 Вт.

Помимо резисторов для светодиодов, также необходимо предусмотреть резисторы для кнопок и тумблеров. Они необходимы для предотвращения ложных срабатываний. Без использования резистора микроконтроллер на выводе будет считывать то лог.“0”, то лог.“1”, когда кнопка будет разомкнута. Используем резисторы номиналом 1 кОм, 0.1 Вт.

Согласование ТТЛ и КМОП уровней

Микросхема мультиплексора 133КП1 основывается на технологии ТТЛ, в то время как микроконтроллер 1887ВЕ7Т основывается на КМОП технологии, что влечет за собой различные уровни для лог. “0” и “1”.

Для того чтобы убедиться в этом проанализируем электрические параметры мультиплексора (см. таблицу 8) и микросхемы (см. таблицу 9).

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

Таблица 8 – Электрические характеристики микросхемы 133КП1

Название	Напряжение, В
Минимальное входное напряжение высокого уровня $V_{ih\ min}$	2
Максимальное входное напряжение низкого уровня $V_{il\ max}$	0,8
Минимальное выходное напряжение высокого уровня $V_{oh\ min}$	2,4
Минимальное выходное напряжение низкого уровня $V_{ol\ max}$	0,4

Таблица 9 – Электрические характеристики микроконтроллера 1887BE7T

Название	Напряжение, В
Минимальное входное напряжение высокого уровня $V_{ih\ min}$	3
Максимальное входное напряжение низкого уровня $V_{il\ max}$	1
Минимальное выходное напряжение высокого уровня $V_{oh\ min}$	3,8
Минимальное выходное напряжение низкого уровня $V_{ol\ max}$	0,7

Из данных в таблице следует, что команды микроконтроллера будут интерпретированы микросхемой верно, но не наоборот. Амплитуды 2,4 В не достаточно для установки лог. “1” микроконтроллера. Для устранения данного эффекта установим подтягивающий резистор номиналом 10 кОм.

Программирование микроконтроллера

Программирование микроконтроллера 1887BE7T будет осуществляться с помощью интерфейса JTAG, для этого производителем был создан специальный переходник КДФЛ.441461.009, способный обеспечить корректную работу при программировании и отладки с помощью JTAGICE, JTAGICE MkII. В случае использования JTAGICE 3 в использовании данного переходника нет необходимости.

Для работы с КДФЛ.441461.009 на плате приемопередатчика ДУ необходимо разместить разъем для программирования СНП347-10ВП32-В, на рисунке 16 представлено его описание.

TCK	1	2	GND
TDO	3	4	VTG
TMS	5	6	RST
VTG	7	8	
TDI	9	10	GND

Рисунок 16 – Описание разъема СНП347-10ВП32-В для подключения к отлаживаемому микроконтроллеру

Схема тактирования микроконтроллера

Для тактирования микроконтроллера воспользуемся готовой схемой из документации (см. рисунок 17). Согласно ей, необходимо использовать кварцевый резонатор от 0,4 до 16 МГц и два конденсатора от 12 до 22 нФ. Для наилучшего быстродействия необходимо использовать максимальную частоту работы МК. При работе на частоте 16 МГц необходимо записать единицу в конфигурационный бит СКОРТ.

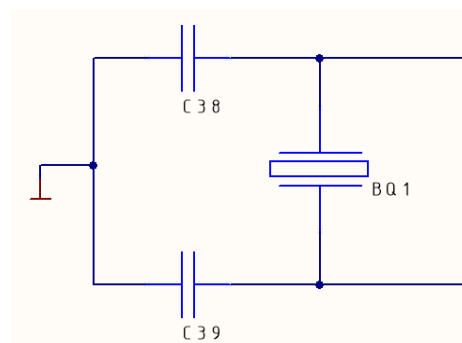


Рисунок 17 – Подключение кварцевого резонатора

Расчет мощности DC/DC преобразователя

При модернизации схемы электрической принципиальной были заменены многие элементы, питающиеся от шины плюс 5 В. Необходимо рассчитать потребляемую мощность новой схемы. Список элементов представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики потребления элементов по шине плюс 5 В

Название	Потр. ток, мА	Кол-во, шт	Итог. погр. ток, мА	Мощн., мВт
1887BE7T	50	1	50	250
133КП1	68	2	136	680
1533ИР37	27	5	135	675
2601ИН1П	200	2	400	2000
293КП4А	20	4	80	400
1533ЛП5	7	2	14	70
249ЛП5	100	4	400	2000
3Л336 кр.	8	8	64	320
3Л336 ж.	8	7	56	280
3Л336 з.	8	21	168	840
Итого			1503	7515

Исходя из полученных значений, используем тот же DC/DC преобразователь что и в действующей схеме.

Все остальные элементы схемы действующего приемопередатчика перенесены в модернизированную без изменений, т.к. хорошо зарекомендовали себя в процессе работы.

4 Компоновка элементов на печатной плате

В данном разделе рассматривается расположение элементов на печатной плате.

При расстановке элементов с необходимо свести к минимуму длину дорожек, взаимное влияние радиоэлементов друг на друга и т.п. С другой стороны, необходимо учесть удобное и логическое размещение элементов управления для комфортной работы оператора. Чтобы выполнить все условия разместим элементы на двух печатных платах.

Первая (верхняя) плата - двухсторонняя, с одной стороны располагаются кнопки и индикаторы (см. рисунок 18), с противоположной – мультиплексоры и демультимплексоры (см. рисунок 19). Тумблеры МТ1В предназначены для объемного монтажа и занимают относительно большую площадь, разместим их в нижнем правом углу и выделим необходимое место под их размещение с помощью выреза на плате.

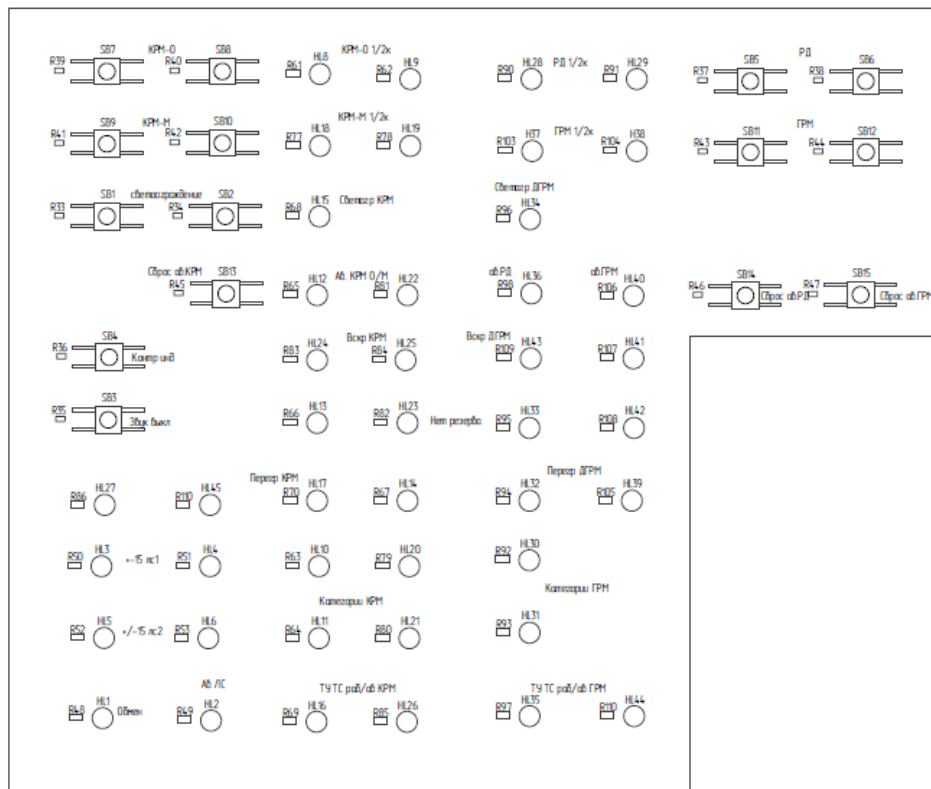


Рисунок 18 – Расположение элементов на первой плате (лицевая сторона)

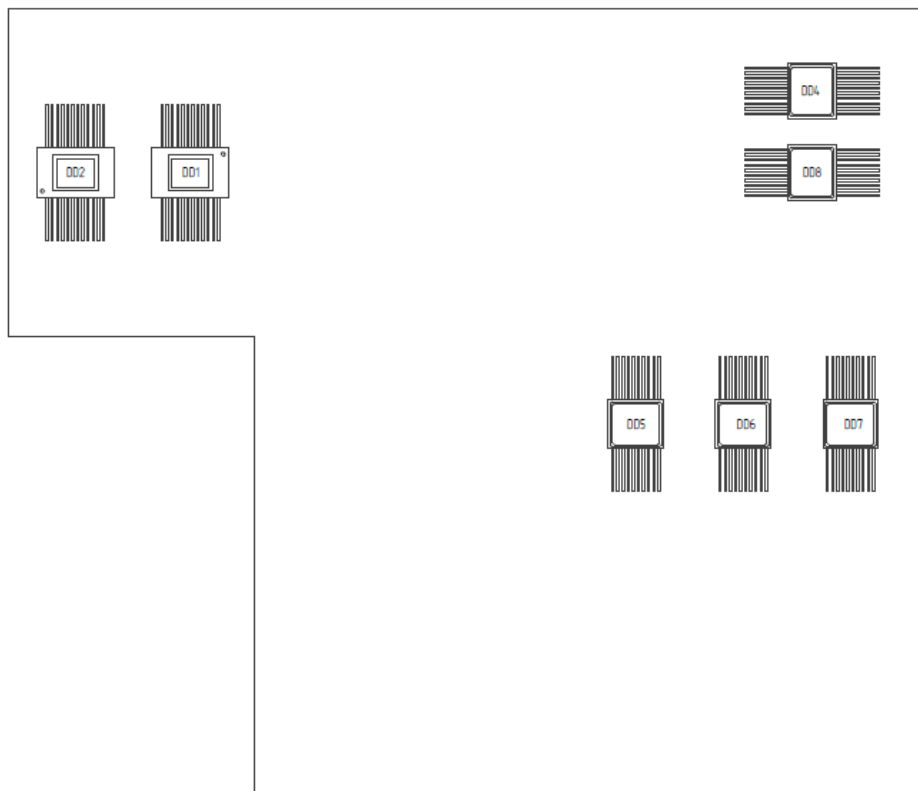


Рисунок 19 – Расположение элементов на первой плате (противоположная сторона)

Вторая (нижняя) плата односторонняя. На ней располагаются остальные радиоэлементы. Все элементы, связанные с относительно большим напряжением питания располагаются возле разъема для минимальной длины проводников. К ним относятся DC/DC преобразователи, транзисторы выходного каскада ТЛС. Также возле разъема разместим приемопередатчик интерфейса RS-485. Все взаимосвязанные элементы, питающиеся плюс 5 В разместим неподалеку друг от друга с учетом удобства трассировки (см. рисунок 20).

Платы соединяются друг с другом с помощью шлейфа. Это не самый лучший способ с точки зрения удобства монтажа, однако по надежности он превосходит соединений с использованием разъемов.

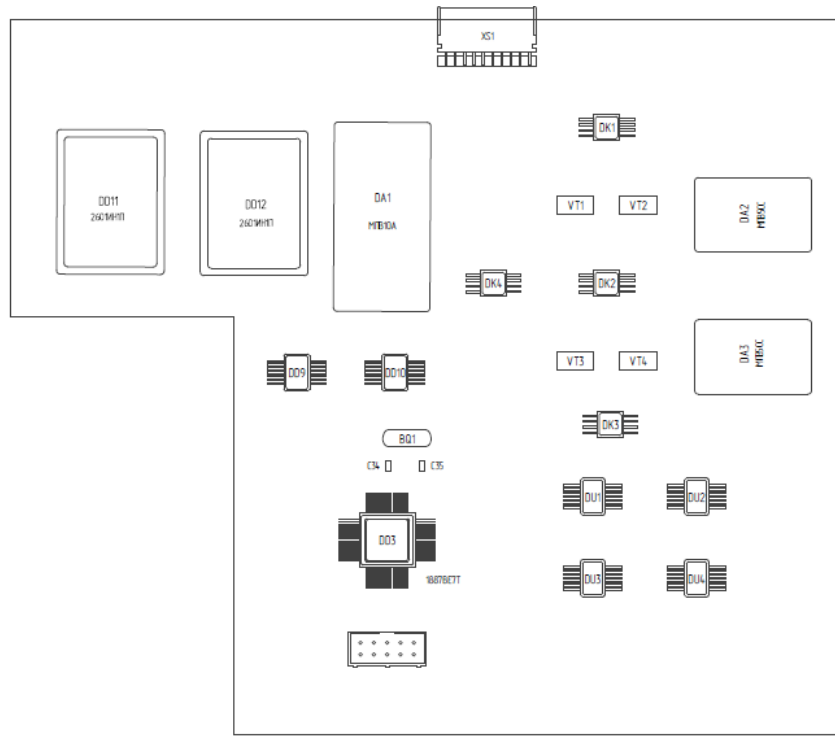


Рисунок 20 – Расположение элементов на второй плате

5 Алгоритм работы программы

Блок схема программы изображена на рисунке 21, она необходима для описания логики работы устройства. В начале программы необходимо назначить частоту работы микроконтроллера, произвести инициализацию массивов данных, таймеров-счетчиков, внешних прерывания, двух интерфейсов USART.

Обработка полученной информации от устройство ввода

Приемопередатчик ДУ имеет 15 кнопок и 5 тумблеров, следовательно, за один цикл работы программы необходимо 20 раз произвести считывание их состояний. В начале программы необходимо объявить переменную типа `unsigned char`, в которую будет сохраняться номер последней нажатой кнопки и массив данных, который будет хранить состояния кнопок и тумблеров. Использование данного типа переменной обусловлен его малым занимаемым местом в памяти (8бит). В данном примере назовем ее `k`. Начальное значение переменной – единица.

Блок схема обработки полученной информации с кнопок и тумблеров представлена на рисунке 22. Данная подпрограмма реализуется с помощью конструкции `switch`. В начале выполнения подпрограммы происходит проверка соответствия переменной `k` с значениями директив. При совпадении происходит проверка состояния кнопки и сохранение результата в массив с адресом `h`. Далее необходимо инкрементировать переменную `k` (для проверки следующей кнопки) и адреса `h` (для сохранения результата следующего считывания состояния кнопки в другую ячейку массива). После этого возобновляется проверка соответствия переменной `k` с значениями директив и так как ее значение инкрементировалось на единицу, проверяется состояние следующей по счету кнопки. После проверки состояния крайней, в переменную `k` записывается единица, чтобы следующую проверку состояний начать с первой кнопки, а также адрес выставляется на начальное значение чтобы сохранить значение в первую ячейку при следующей проверке. После этого программа приступает к следующему этапу работы.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		41

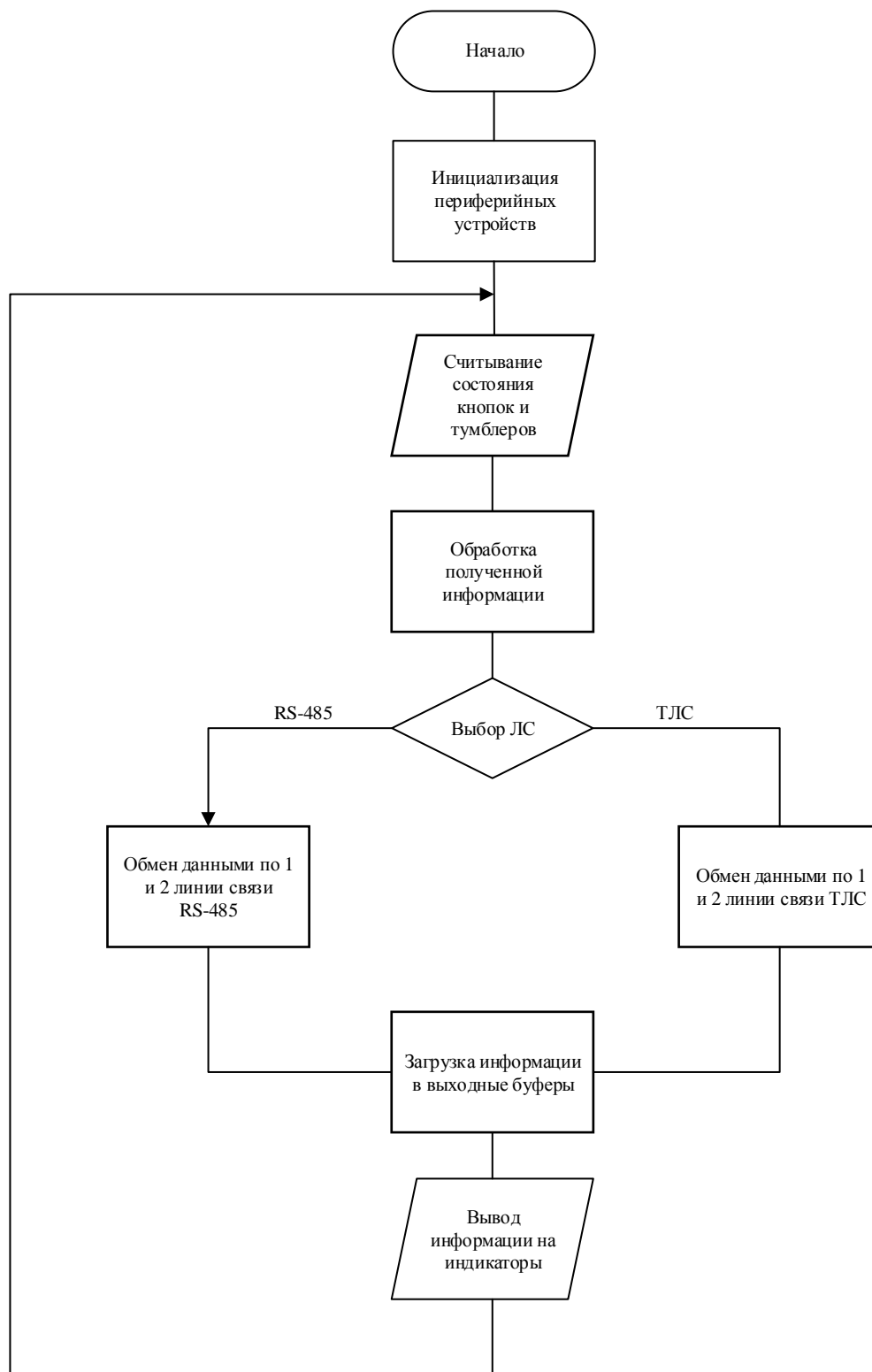


Рисунок 21 – Блок схема работы программы

Так как приемопередатчик не может одновременно работать по интерфейсам RS-485 и ТЛС, необходимо с помощью тумблера выбрать необходимую линию связи. Исходя из значения ячейки массива выполняется алгоритм передачи/приема данных про одной из ЛС.

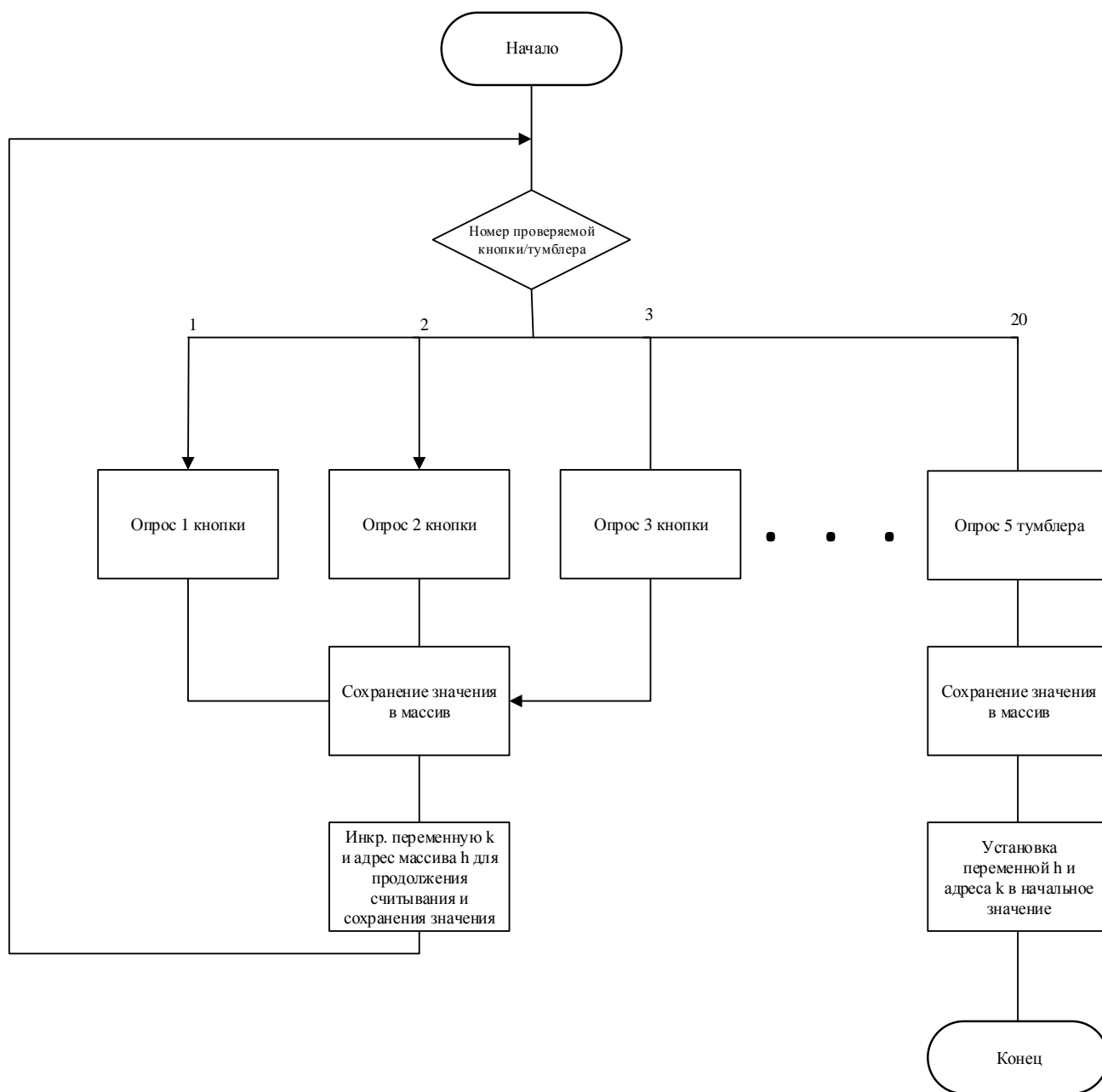


Рисунок 22 – Блок схема обработки полученной информации с кнопок и тумблеров

ТЛС

ТЛС представляет из себя двухпроводную линию связи типа ТБ-0.5 в которой используется временное разделение сигналов на передачу и прием. Цикл обмена: передача сообщения – пауза – прием сообщения – пауза. Формат сообщения при приеме/передаче – 32 бита (включая биты служебной и полезной информации). Кодировка осуществляется модифицированным логическим биполярным трехуровневым кодом.

При расширении функционала устройства неизбежно увеличится количество передаваемой (вкл. КРМ-М, откл. КРМ-М) и принимаемой информации (I компл. КРМ-М вкл, II компл. КРМ-М вкл, нет резерва КРМ-М, категория I КРМ-М, категория II КРМ-М, авария КРМ-М). На данный момент протоколы используют 32 бита полезной информации, что достаточно для работы модернизированного устройства. При передаче и приеме сообщений горит индикатор "Обмен".

Передача информации по интерфейсу ТЛС

Для передачи информации по ТЛС необходимо генерировать биполярный балансный трехуровневый код. Схема преобразования сигнала из однополярного в биполярный описана в параграфе "Описание приемопередатчика ДУ серийного устройства". На вход схемы преобразования необходимо подать два импульса определенной длительности и последовательности. Благодаря режиму Fast-PWM таймеров 1887BE7T есть возможность реализовать последовательную генерацию импульсов. Для работы с КРМ используем таймер 1 (OC3A, OC3B), с ДГРМ таймер 3 (OC1A, OC1B). Так как алгоритмы передачи сигналов идентичные для обоих маяков, дальнейшее описание будет приведено только для КРМ.

В начале программы необходимо инициализировать таймер/счетчик 1 и 3 настроить их на режим работы Fast-PWM, включить два канала (А и Б), выбрать необходимые предделители и разрешить прерывания. За один цикл обмена необходимо передать 32 бита. В начале каждого генерирования бита производится проверка количества отправленных импульсов (см. рисунок 23). В

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		44

конец передачи каждого импульса происходит инкрементирование переменной i . Если $i < 32$, то подпрограмма продолжит работу, если $i=32$, то подпрограмма сохранит в переменную i единицу и закончит свою работу. При $i < 32$ следующим шагом является проверка, какой импульс нужно отправить (лог “1” или “0”). При передаче единицы первым генерируется импульс канала А, вторым Б и наоборот при передаче нуля. Далее происходит запись значения длительности в регистр сравнения таймера ОСнА, запись единицы в переменную m и после этого таймер начинает счет выставляя при этом лог.“1” на вывод микроконтроллера PB5. Как только счет таймера дойдет до значения, установленного в регистре (ОСнА, ОСнВ) произойдет переход на прерывание.

Для работы используются два прерывания с помощью флагов (ОСFnА и ОСFnВ). В качестве примера рассмотрим генерирование лог. “1”. При переходе на выполнение прерывания с помощью флага А (см. рисунок 24) выполняется проверка чему равна переменная q . Это необходимо для определения этапа передачи сигнала. Для простоты объяснения можно разделить передачу сигнала на два этапа – середина и конец. Зная какой этап завершился, легко определить, что необходимо делать дальше (сгенерировать второй импульс или закончить его передачу). Если $q=1$, то передача сигнала завершена только на половину и необходимо сгенерировать второй импульс, но уже на выходе PB6. Для этого необходимо записать в длительность сигнала в регистр ОСнВ. Через некоторый промежуток времени значения счетчика таймера и регистра ОСнВ будут равны, что вызовет прерывание с помощью флага ОСFnВ (см.рисунок 23). В нем также проверяется чему равна переменная q , однако логика работы инвертирована относительно предыдущего случая. Если $q=1$, то выполняется процедура завершения передачи импульса и подпрограмма переходит на начало.

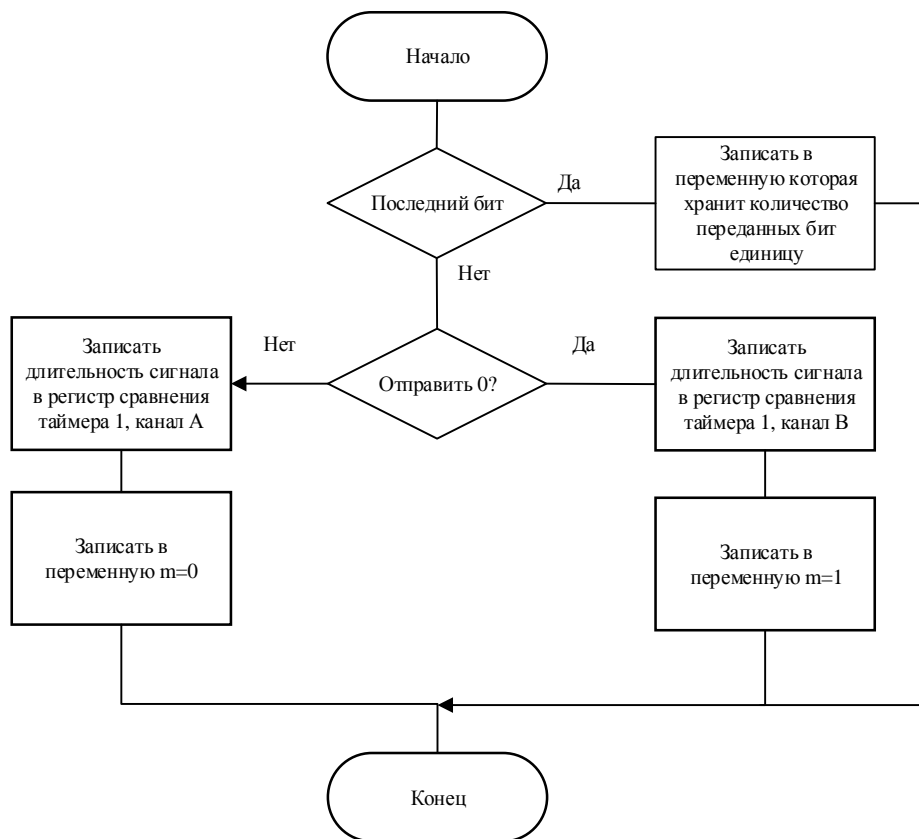


Рисунок 23 – Блок схема передачи по ТЛС

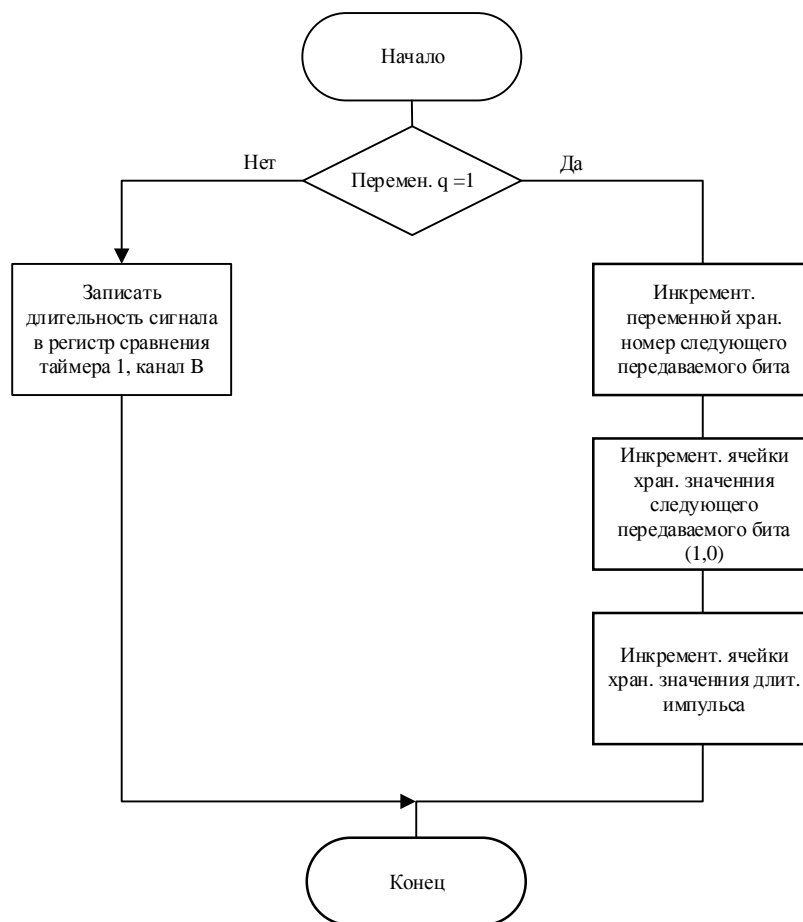


Рисунок 24- Блок схема обработки прерывания по флагу OCFnA

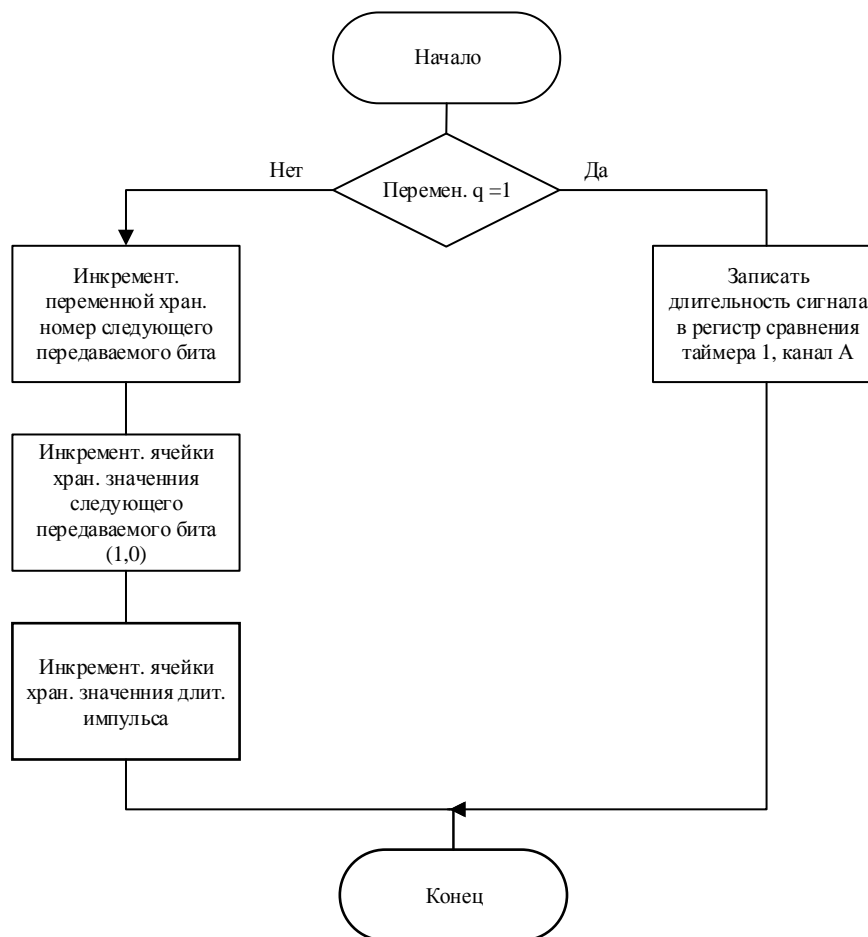


Рисунок 25- Блок схема обработки прерывания по флагу OSFnB

ТЛС прием

Микроконтроллер 1887BE7T имеет возможность вызывать прерывания по изменению уровня на выводах 6,7,8,9, 25,26,27,28 (INT0-INT7).

Для приема сигналов с КРМ используем выводы 25,26 (INT0, INT1), с ДГРМ 7,8 (INT5, INT6). Так как алгоритмы приема сигналов идентичные для обоих маяков, дальнейшее описание будет приведено только для КРМ.

Алгоритм приема сигнала ТЛС реализуется в основном цикле и двух обработчиках прерываний (INT0_vect, INT1_vect).

В основном цикле приема сигнала (см. рисунок 26) разрешается внешние прерывания и после будет производиться проверка количества принятых импульсов. После принятия 32 бит произойдет очистка счетчика принятых бит.

В обработчике прерываний реализуется алгоритм, с помощью которого определяется длительность и значение бита. При изменении логического уровня с “0” на “1” (точка А на рисунке 27) происходит переход на выполнение подпрограммы прерывания INT0 (см. рисунок 28). В начале производится проверка этапа передачи сигнала (середина или конец). Исходя из результатов проверки произойдет либо сброс значения таймера, сохранение единицы в переменную pint0 и выход из обработки прерывания, либо дальнейшее ее выполнение. При последнем варианте производится сохранение значения в ячейку массива, инкрементирование количества принятых байт и запись в переменную pint0 нуля.

Изменение логического уровня с “0” на “1” (точка В на рисунке 27) вызовет обработчик прерываний INT1 (см. рисунок 29), в котором выполняются аналогичные действия INT0.

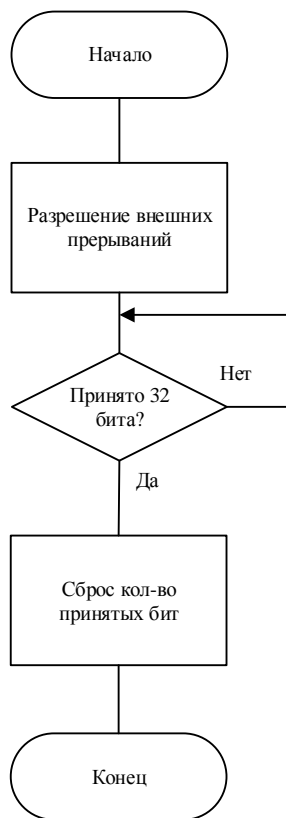


Рисунок 26 – Блок схема алгоритма приема сигналов по ТЛС, основной цикл

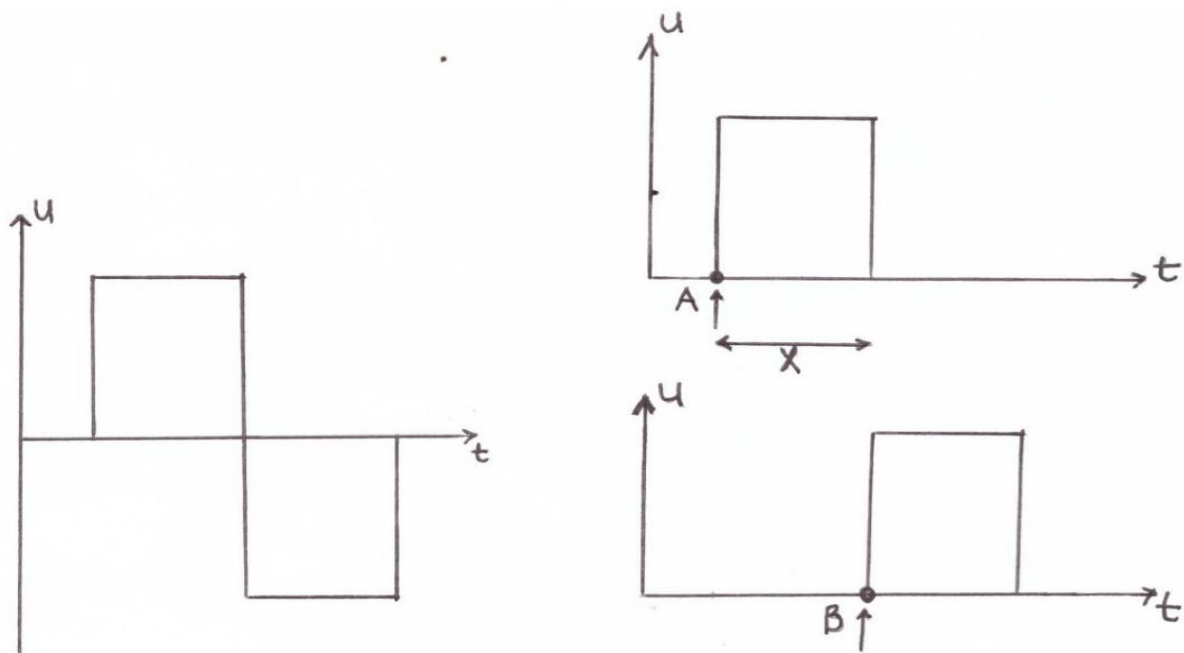


Рисунок 27 – Преобразование биполярного сигнала в однополярный

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

49

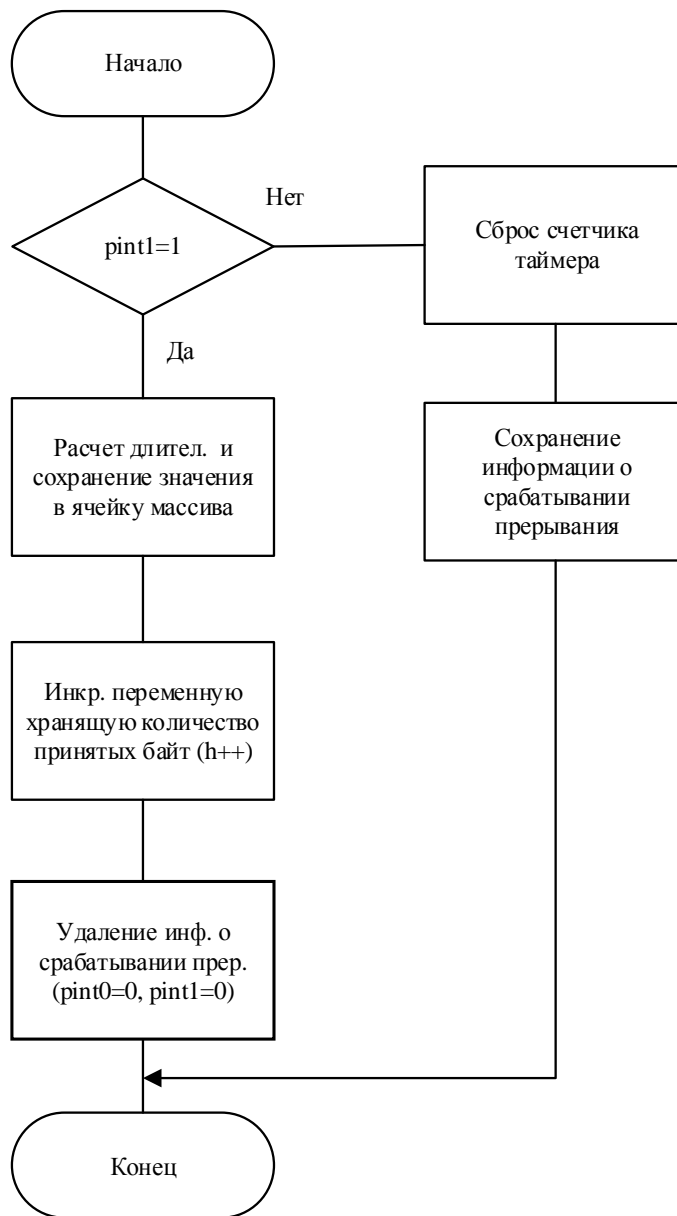


Рисунок 28 – Блок схема обработки прерывания INT0

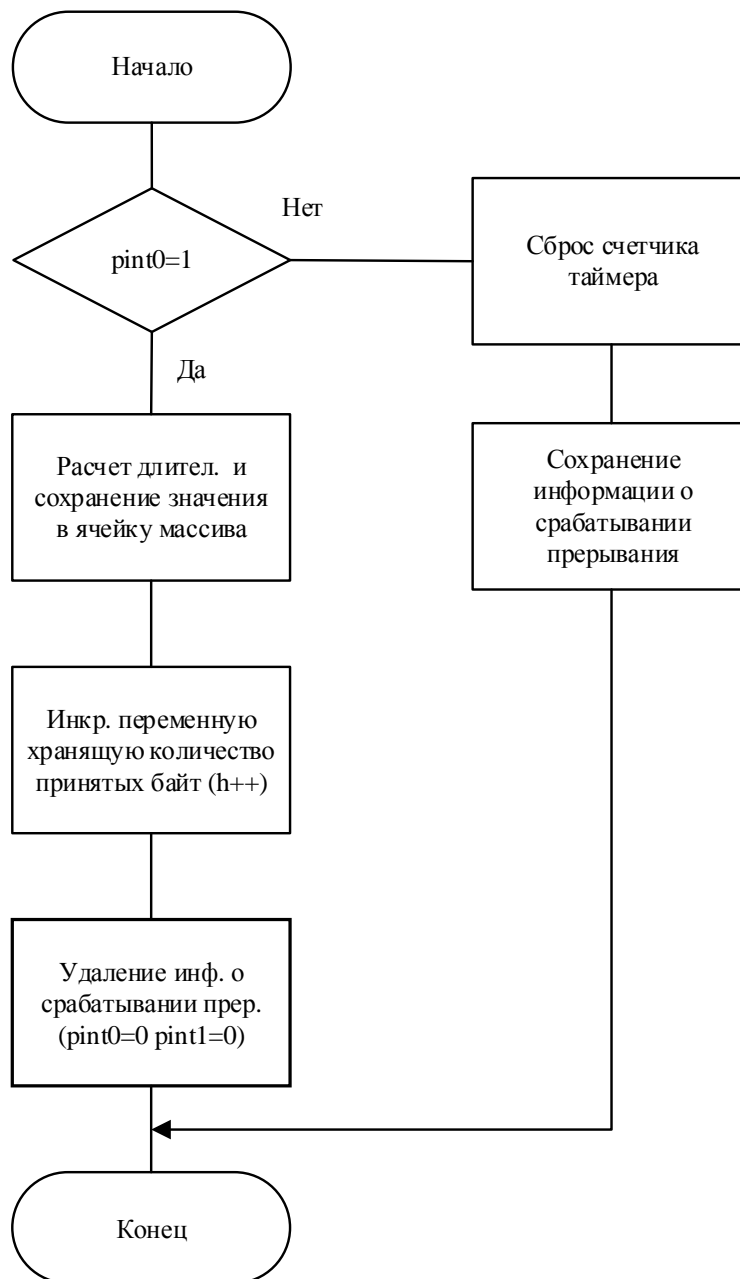


Рисунок 29 – Блок схема обработки прерывания INT1

Передача по RS-485

В микроконтроллере 1887BE7T аппаратно реализованы 2 интерфейса USART. Благодаря этому прием и передача данных не используют ресурсов АЛУ, за исключением считывания и записи данных в специальный регистр. Формат сообщения при приеме/передаче данных – 6 байт. Первый и шестой байты служебные, со второго по пятый – информационные.

Согласно литературе [9, с163] для настройки USART используются регистры UCSR1A, UCSR1B, UCSR1C, UCSR2A, UCSR2B, UCSR2C. Необходимо произвести одинаковые настройки для приемников и передатчика.

Передача данных

Для передачи байта необходимо загрузить его в регистр UDRn (n заменяется на номер USART), все остальное выполнится в автоматическом режиме. Так как нам необходимо передать 6 байт, нужно дождаться выполнения предыдущей передачи и только потом приступить к передаче следующего байта (см. рисунок 30). Регистр UDRE указывает на готовность буфера передатчика к приему новых данных. Если $UDRE = 1$, то буфер свободен и следовательно, готов к записи. После передачи переменная *u* инкрементируется и цикл передачи повторится. После передачи последнего байта произойдет запись единицы в переменную *u* и выход из подпрограммы.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		52

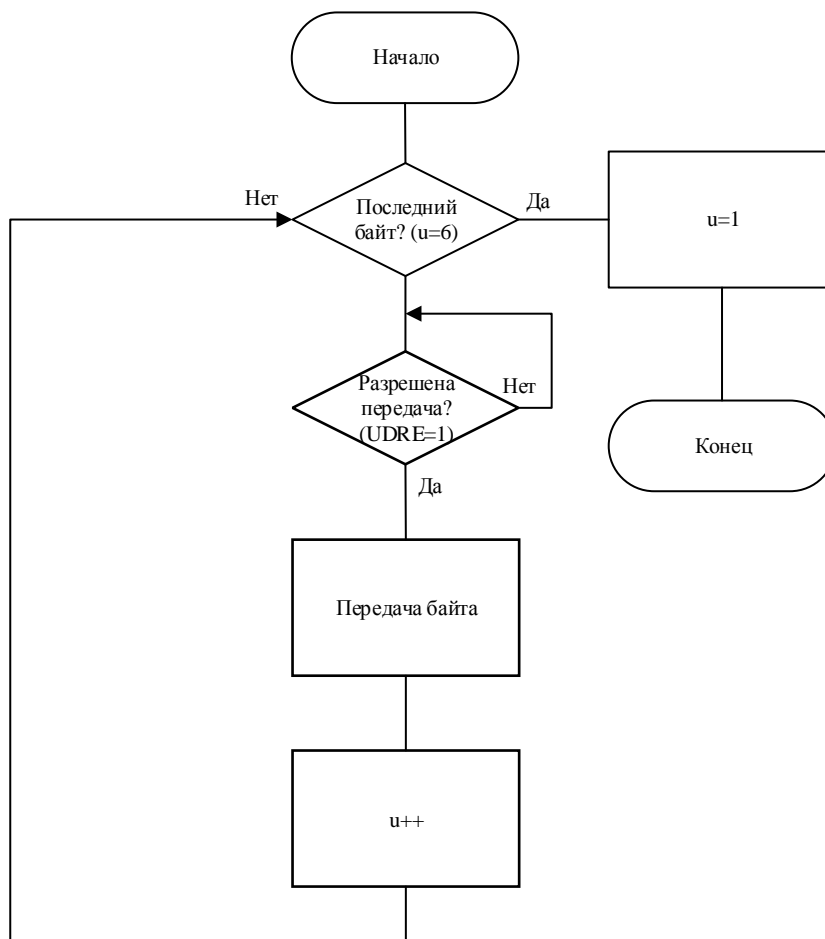


Рисунок 30 – Блок схема передачи данных по интерфейсу RS-485

Прием данных

Приемник начинает прием данных после обнаружения стартового бита другого устройства. Каждый бит помещается в сдвиговый регистр приемника, пока не будет получен первый стоповый бит, второй стоповый бит приемник игнорирует. После получения первого стопового бита, то есть когда целый последовательный кадр будет находиться в сдвиговом регистре приемника, содержимое сдвигового регистра поместится в приемный буфер. Приемный буфер считывается при чтении регистра UDR.

Рассмотрим блок схему, изображенную на рисунке 31. Так как необходимо принять 6 байт, используется цикл, благодаря которому сохранение бита из регистра UDR производится в различные ячейки массива. При переходе на подпрограмму производится проверка какой по счету байт принят. После этого

происходит сохранение по заранее определенному адресу, инкрементируется номер ячейки массива ($f++$) и переменной ($m++$), которая хранит номер последнего байта. При сохранении крайнего байта в адрес ячейки и переменной m записывается единица.

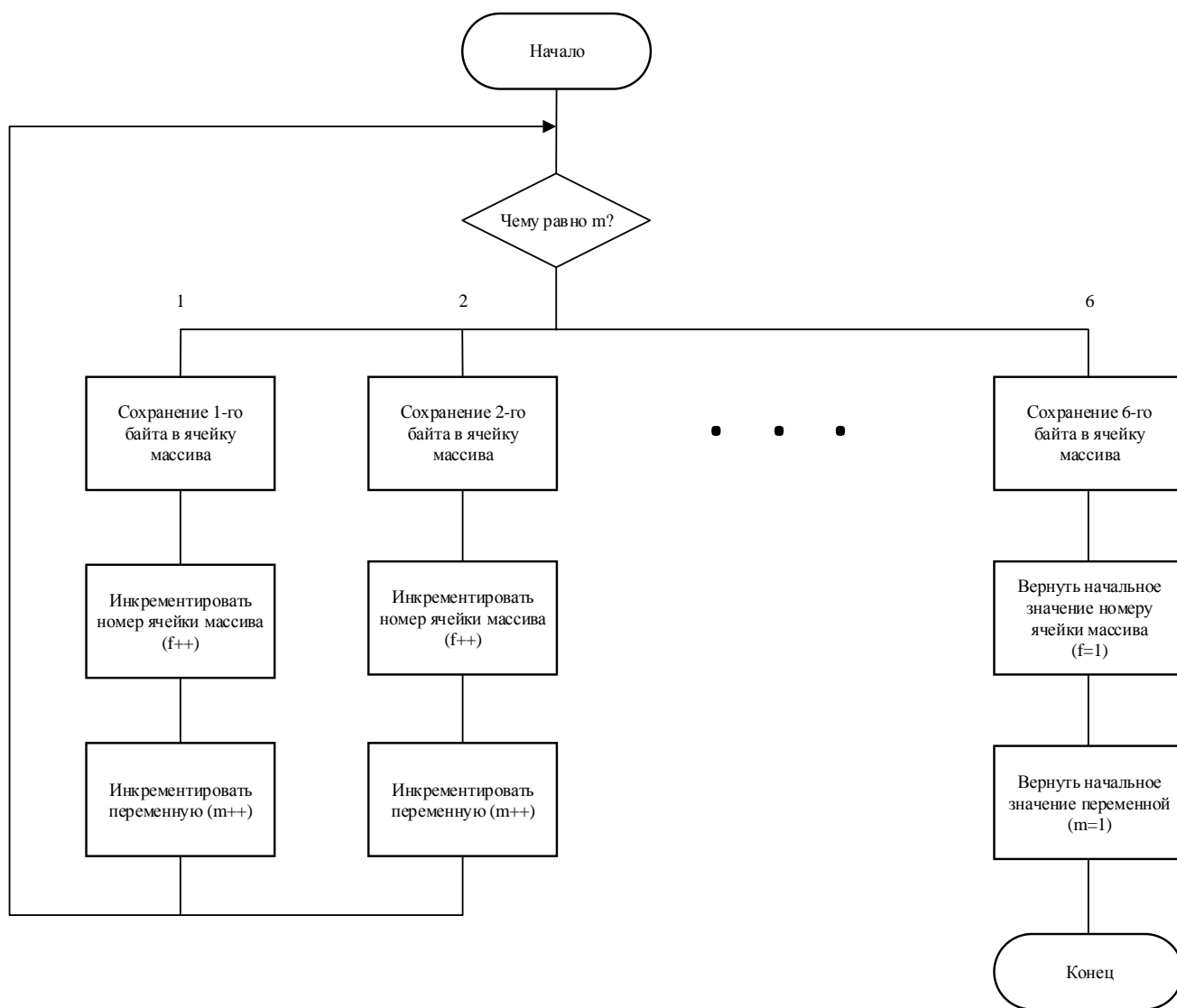


Рисунок 31 – Блок схема приема данных по интерфейсу RS-485

Вывод информации на индикаторы

При стандартной схеме подключения светодиодов необходимо задействовать 40 выводов микроконтроллера. В данной ситуации такое подключение невозможно по описанным ранее причинам. Для управления большим

количеством светодиодов решено использовать 5 регистров хранения информации 1533ИР37.

Информационные входы (12-19) всех микросхем 1533ИР37 подключаются параллельно друг другу. Тактовый вход (11) каждой микросхемы подключается к своему выводу микроконтроллера и перед началом передачи байта необходимо подать на него лог. "1". При использовании регистра хранения информации необходимо выполнять несколько условий:

- время опережения установки информации по D входам относительно фронта импульса на входе С не должна быть меньше 15 нс;
- длительность импульса должна быть не меньше 14 нс;
- частота следования импульсов по входу С не более 35 МГц.

Исходя из частоты работы микроконтроллера минимальное время одного такта - 63 нс, что удовлетворяет требованиям.

Блок схема работы подпрограммы изображена на рисунке 32. После того, как установлена лог. "1" на входе С, начинается параллельная передача одного байта на вход микросхемы регистра и после передачи устанавливается лог. "0" на входе С. Данный байт сохранится в регистре до следующего цикла записи.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

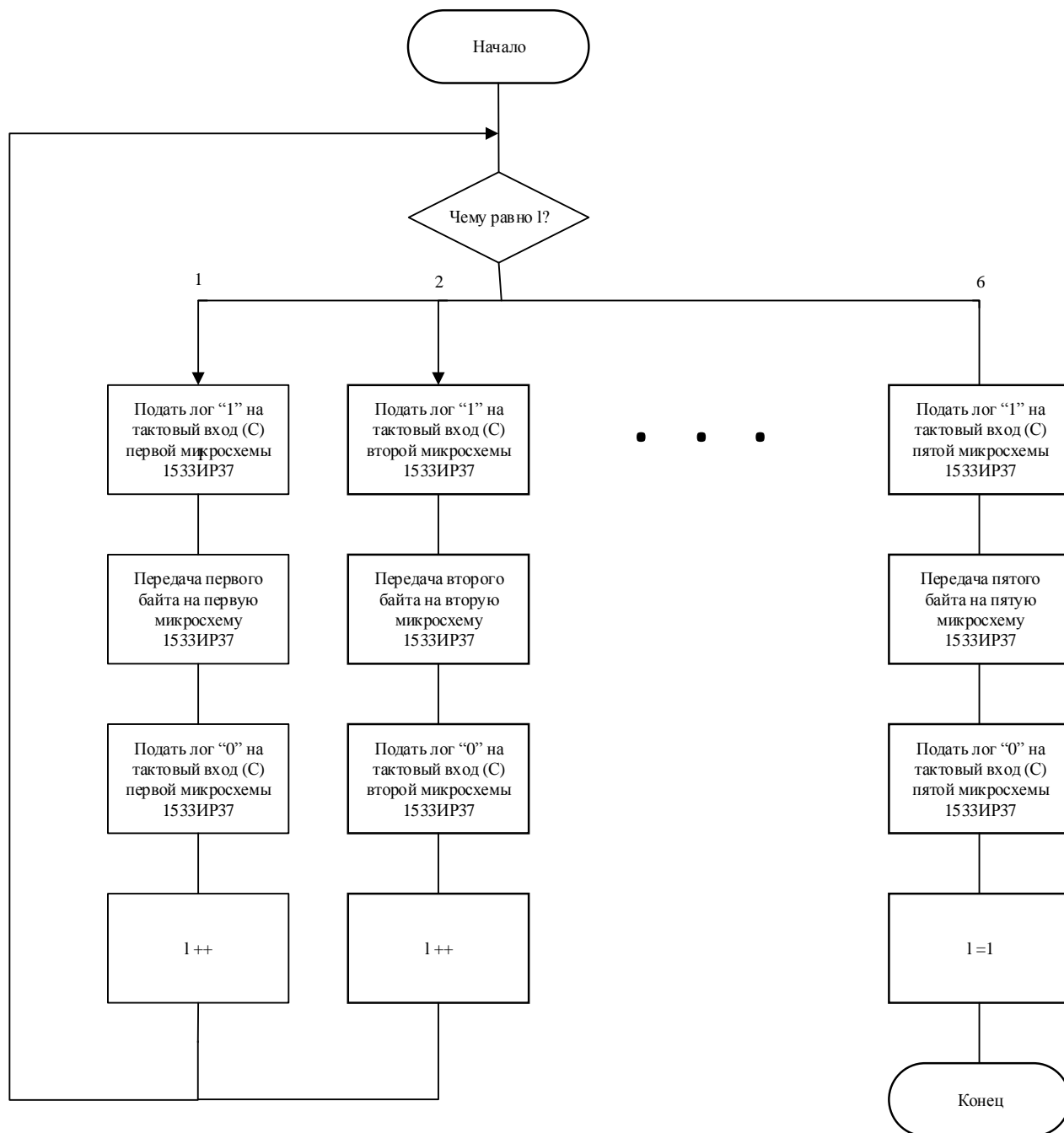


Рисунок 32 – Блок схема подпрограммы отображения информации

5 Организационно-экономический раздел

5.1 Сетевое планирование

Сетевой график – инструмент, предназначенный для планирования и управления работами. С его помощью можно определить сроки завершения проекта, найти способы сокращения длительности работ, контролировать ход работы и т.п.

Согласно методическим указаниям [10.с 5] для начала необходимо определить какие действия нам необходимо произвести, чтобы максимально быстро, качественно и за минимальную стоимость выполнить проект, затем определим сколько нам потребуется дней на выполнение каждой работы. Зная это, составим сетевой график для наглядного отображения информации. С помощью формул определим недостающие значения и занесем всю полученную информацию в таблицу 10.

Ожидаемая продолжительность работы определяется по формуле (12)

$$t_{ij \text{ож}} = 0.6 \cdot t_{ij \text{мин}} + 0.4 \cdot t_{ij \text{макс}}. \quad (12)$$

Найдем среднеквадратическое отклонения продолжительности (13)

$$\delta_{ij} = 0.2 \cdot (t_{ij \text{макс}} + t_{ij \text{мин}}). \quad (13)$$

Дисперсию определим по формуле (14)

$$D_{ij} = 0,04 \cdot (t_{ij \text{макс}} - t_{ij \text{мин}})^2. \quad (14)$$

Для успешного завершения данного проекта необходимо привлечь трех человек (руководитель, инженер, лаборант) и правильно управлять их работой. В некоторых событиях необходима кооперация между работниками, что наглядно

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

отображено в таблице 11. Необходимо учитывать, что излишнее количество человек, участвующих в проекте, увеличивает финальную стоимость изделия.

Таблица 11 – Перечень, параметры и вероятностные характеристики работ

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн.			Исполнители, чл.			Среднеквадр. отклонение, дн	Дисперсия, дн ²
		мин.	макс.	ожд.	рук.	инж.	лаб.		
0,1	Получение и утверждение ТЗ	5,0	10,0	7,0	0	1,0	0	1,0	1,0
1,2	Анализ ТЗ	2,0	4,0	2,8	0	1,0	0	0,4	0,16
1,3	Подбор и изучение литературы	2,0	4,0	2,8	0	1,0	0	0,4	0,16
1,4	Разработка сетевого графика	2,0	4,0	2,8	1,0	0	0	0,4	0,16
2,4	Поиск решений для реализации задачи	7,0	30,0	16,2	1,0	1,0	0	4,6	21,16
3,4	Изучение технической документации	2,0	3,0	2,4	0	1,0	0	0,2	0,04
4,5	Разработка ПО	20,0	30,0	24,0	0	1,0	0	2,0	4,0
4,7	Подбор литературы по разделу БЖД	1,0	2,0	1,4	0	1,0	0	0,2	0,04
4,6	Разработка структурной схемы	2,0	4,0	2,8	0	1,0	0	0,4	0,16
5,8	Отладка ПО	2,0	4,0	2,8	0	1,0	0	0,4	0,16
7,10	Написание раздела БЖД	5,0	7,0	5,8	0	1,0	1,0	0,4	0,16

Продолжение таблицы 11

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чл.			Среднеквадр. отклонение, дн	Дисперсия, дн ²
		мин.	макс.	ожид.	рук.	инж.	лаб.		
6,9	Разработка функциональной схемы	1,0	2,0	1,4	1,0	1,0	0	0,2	0,04
9,10	Разработка принципиальной схемы	10,0	15,0	12,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0
8,10	Тестирование и оптимизация ПО	1,0	2,0	1,4	1,0	1,0	1,0	0,2	0,04
10,11	Анализ рынка электронных компонентов	1,0	2,0	1,4	0	1,0	0	0,2	0,04
10,12	Сборка устройства	2,0	4,0	2,8	0	0	1,0	0,4	0,16
11,13	Закупка радиоэлементов	7,0	14,0	9,8	0	1,0	1,0	1,4	1,96
12,13	Тестирование готового устройства	1,0	2,0	1,4	1,0	1,0	1,0	0,2	0,04
13,14	Оформление ПЗ	25,0	30,0	27,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0
14,15	Сдача проекта	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0

Исходя из этого построим сетевой график (см.рисунок 30).

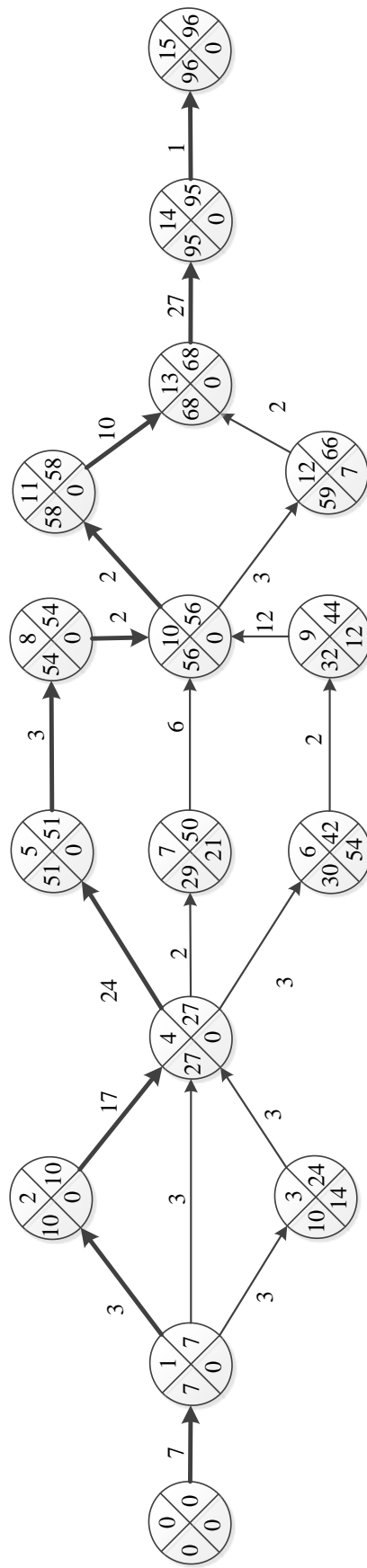


Рисунок 33 – Сетевой график работ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Ранний срок свершения исходного (нулевого) события СГ принимается равным нулю. Ранний срок свершения данного промежуточного события рассчитывается путём сравнения сумм, состоящих из раннего срока свершения события, непосредственно предшествующего данному и длительности работы. Так как данное событие не может свершиться, пока не закончится последняя из непосредственно предшествующих ему работ, очевидно, что в качестве раннего срока свершения события принимается максимальная из сравниваемых сумм.

Рассчитанный таким способом ранний срок свершения завершающего события всего СГ принимается в качестве его же позднего срока свершения. Это означает, что завершающее событие СГ никаким резервом времени не располагает.

Поздний срок свершения данного промежуточного события определяется при просмотре СГ в обратном направлении. Для этого сопоставляются разности между поздним сроком свершения события, непосредственно следующего за данным, и продолжительности работы, соединяющей соответствующее событие с данным. Так как ни одна из непосредственно следующих за данным событием работ не может начаться, пока не свершится само данное событие, очевидно, его поздний срок свершения равен минимуму из подсчитанных разностей.

Правильность расчёта поздних сроков свершения событий СГ подтверждается получением нулевого позднего срока свершения исходного события.

Резерв времени образуется у тех событий, для которых поздний срок свершения больше раннего, и он равен их разности. Если же эти сроки равны, событие резервом времени не располагает и, следовательно, лежит на критическом пути (см. таблицу 12).

Таблица 12 – Параметры событий сетевого графика

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	Ранний	Поздний	
0	0	0	0
1	7	7	0
2	10	10	0

Продолжение таблицы 12

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	Ранний	Поздний	
3	10	24	14
4	27	27	0
5	51	51	0
6	30	42	54
7	29	50	21
8	54	54	0
9	32	44	12
10	56	56	0
11	58	58	0
12	59	66	7
13	68	68	0
14	95	95	0
15	96	96	0

5.2 Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы $T_{рнi j}$ совпадает с ранним сроком свершения её начального события.

Поздний срок начала работы $T_{пнi j}$ можно получить, если из позднего срока свершения её конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность.

Ранний срок окончания работы $T_{роi j}$ образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события.

Поздний срок окончания работы $T_{рпi j}$ совпадает с поздним сроком свершения её конечного события.

Для всех работ критического пути, как не имеющих резервов времени, ранний срок начала совпадает с поздним сроком начала, а ранний срок окончания – с поздним сроком окончания. Работы, не лежащие на критическом пути, обладают

резервами времени. Полный резерв времени работы R_{pij} образуется вычитанием из позднего срока свершения её конечного события раннего срока свершения её начального события и её ожидаемой продолжительности. Результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Резервы времени				Коэффициент напряженности
		Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода	Свободный	
0,1	7	0	0	7				7
1,2	3	7	7	10				10
1,3	3	7	7	10				24
1,4	3	7	7	27				27
2,4	17	27	27	27				27
3,4	3	10	24	27				27
4,5	24	27	27	51				51
4,7	2	27	27	29				50
4,6	3	27	27	30				42
5,8	3	51	51	54				54
7,10	6	29	50	56				56
6,9	2	30	42	32				44
9,10	12	32	44	56				56
8,10	2	54	54	56				56
10,11	2	56	56	58				58
10,12	3	56	56	59				66
11,13	10	58	58	68				68
12,13	2	59	66	68				68

Количество событий $n_c = 16$. Количество работ $n_p = 20$.

Коэффициент сложности СГ, равный отношению количества работ к количеству событий в СГ: $K_c = 1,25$. Критический путь $L_{кр} = 96$ дней.

Определим размер оклада для работников (см. таблицу 14).

Таблица 14 – Должностные оклады персонала НИИ и КБ

Категория работников	Месячный должностной оклад руб./ мес.
Руководитель	30000
Инженер	15000
Лаборант	8000

Среднедневная заработная плата одного инженера рассчитывается делением среднемесячной заработной платы одного инженера (основной и дополнительной) на среднее число рабочих дней в месяце, установленное в законодательном порядке. Остальные статьи затрат рассчитываются по соотношениям, приведённым в таблице 15. Результаты расчётов вносятся в таблицу 16.

Таблица 15 – Статьи затрат на проведение НИР

Наименование	Соотношение затрат
Основная заработная плата	15000
Дополнительная заработная плата	1800
Единый социальный налог	4368
Стоимость материалов и покупных изделий	7500
Накладные расходы	9750
Командировочные расходы	3000
Контрагентские услуги сторонних организаций	5250
Стоимость оборудования и приборов	7500
Итого	54168

Таблица 16 - Трудоемкость и сметная стоимость работ

Код работы	Продолжительность, дн	Категория персонала, чел.			Приведенная численность, инж.	Приведенная трудоемкость, инж	Среднедневная заработная плата инженера, руб/дн	Среднедневные прочие затраты, руб/дн	Стоимость одного ИНЖ-дня, руб/дн	Сметная стоимость работы, руб.
		Руководитель	Инженер	Лаборант						
0,1	7,0	0	1,0	0	1,0	7,0	763,0	1780,0	2544,0	17810,0
1,2	3,0	0	1,0	0	1,0	3,0	763,0	1780,0	2554,0	7632,0
1,3	3,0	0	1,0	0	1,0	3,0	763,0	1780,0	2554,0	7632,0
1,4	3,0	1	0	0	2,0	6,0	1527,0	1780,0	2554,0	7632,0
2,4	17,0	1	1,0	0	3,0	51,0	2291,0	1780,0	2554,0	129700,0
3,4	3,0	0	1,0	0	1,0	3,0	763,0	1780,0	2544,0	7632,0
4,5	24,0	0	1,0	0	1,0	24,0	736,0	1780,0	2544,0	61060,0
4,7	2,0	0	1,0	0	1,0	2,0	763,0	1780,0	2544	5088,0
4,6	3,0	0	1,0	0	1,0	3,0	763,0	1780,0	2544,0	7632,0
5,8	3,0	0	1,0	0	1,0	3,0	763,0	1780,0	2544,0	7632,0
7,10	6,0	0	1,0	1,0	1,5	9,2	1171,0	1780,0	2544,0	23400,0
6,9	2,0	1	1,0	0	3,0	6,0	2291,0	1780,0	2544,0	1526,0
9,10	12,0	1	1,0	0	3,0	36,0	2291,0	1780,0	2544,0	9158,0
8,10	2,0	1	1,0	1,0	3,5	7,0	2291,0	1780,0	2544,0	1798,0
10,11	2,0	0	1,0	0	1,0	2,0	763,0	1780,0	2544,0	5088,0
10,12	3,0	0	0,0	1,0	0,5	1,6	407,0	1780,0	2544,0	4070,0

Продолжение таблицы 16

Код работы	Продолжительность, дн	Категория персонала, чел			Приведенная численность, инж.	Приведенная трудоемкость, инж	Среднедневная заработная плата инженера, руб/дн	Среднедневные прочие затраты, руб/дн	Стоимость одного ИНЖ-дня, руб/дн	Сметная стоимость работы, руб.
		Руководитель	Инженер	Лаборант						
11,13	6,0	0	1,0	1,0	1,5	9,2	1171,0	1780,0	2544,0	23400,0
12,13	2,0	1,0	1,0	1,0	3,5	7,0	2291,0	1780,0	2544,0	1798,0
13,14	27,0	1,0	1,0	0	3,0	81,0	2291,0	1780,0	2544,0	2061,0
14,15	1,0	1,0	1,0	0	3,0	3,0	2291,0	1780,0	2544,0	7632,0

5.3 Расчет экономического эффекта

Одним из основных требований в ТЗ является снижение стоимости изготовления продукции, следовательно, необходимо определить, как изменится стоимость производства изделия. Технология и стоимость изготовления печатной платы, монтажа радиоэлементов остается прежней, однако радиоэлементы, применяемые в плате изменились. Необходимо вычислить стоимость радиоэлементов на новой плате и сравнить с действующим изделием (см. таблицы 17,18)

Таблица 17 – Список радиоэлементов в действующем изделии

Наименование товара	Количество	Цена 1 шт, р	Цена общая, р
Резонатор К1-4ДС-20000К	1	300	300
Приемопередатчик RS-485 2601ИН1П	2	13192	26384
Индикатор единичный 3Л341	43	480	20640
Резистор С2-33	42	2	84
Тумблер МТ1 В	3	448	1344
ПЛИС EPF10K30RI208-4N Altera	1	18000	18000
1554ЛН1ТБМ	1	1500	1500
1533АП5	6	1475	8850
Блок Б19К-2-1кОм	5	56	280
530ЛН2	12	802	9624
EPC2LI20N Altera	1	1000	1000
293КП4А	4	500	2000
249ЛП5	4	650	2600
Резистор Р1-12	45	30	1380
Диод 2Д522Б	4	50	200
СПЗ-19а	4	110	440
Транзистор 2Т818В2	2	350	700
Транзистор 2Т819В2	2	350	700
Вилка СНП347-10ВП32-В	1	1000	1000
Розетка СНП260-135РП32	1	1000	1000
Итого			97726

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ

Лист

67

Таблица 18 – Список радиоэлементов в модернизированном изделии

Наименование товара	Количество	Цена 1 шт, р	Цена,общ,р
Резонатор К1-4ДС-16000К	1	300	300
Приемопередатчик RS-485 2601ИН1П	2	13192	26384
Индикатор единичный 3Л336	45	34	1530
Резистор Р1-12	111	2	222
Тумблер МТ1 В	5	448	2240
Кнопка малогабаритная ВКн-1	15	150	1950
Конденсатор К10-84В	32	16	512
Конденсатор К53-68В	5	60	300
Модуль питания МПВ10А	1	1500	1500
Модуль питания МПВ5СС	2	1500	3000
1887ВЕ7Т	1	10000	10000
133КП1	2	500	1000
1533ИР37	5	1000	5000
1533ЛП5	3	500	1500
249ЛП5	4	400	1600
249КП13АР	3	2500	7500
249КП5Р	1	1000	1000
Диод 2Д522Б	8	50	400
Резистор Р1-12	98	18	2000
Транзистор 2Т818В2	2	350	700
Транзистор 2Т819В2	2	350	700
Вилка СНП347-10ВП32-В	1	1000	1000
Розетка СНП260-20РП32	1	500	500
Итого			70838

В результате модернизации платы расширен функционал устройства и снижена стоимость изготовления, экономический эффект составляет 24188 рублей.

Срок окупаемости затрат на проектирование вычислим по формуле (13)

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{нир}}}{C_{\text{м}}}, \quad (13)$$

где, $C_{\text{нир}}$ – Затраты на проведение НИР, р

$C_{\text{н}}$ – Стоимость элементов модернизированного устройства, р

$$T_{\text{ок}} = \frac{55158}{24188} = 2.05.$$

Исходя из полученного значения приходим к выводу что проект эффективен.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В данной дипломной работе описывается проектирование платы приемопередатчика ДУ и важной частью этой работы является организация защиты персонала от воздействия вредных факторов. В данной главе будут рассмотрены вопросы соблюдения норм безопасности при эксплуатации устройства.

Приемопередатчик ТУ-ТС представляет собой печатную плату, необходимую для обработки информации принятой с радиолокаторов и выдачи ее оператору, а также передачи команд оператора на радиомаяки. Изделие располагается в помещении, где обеспечивается температура от 10 до 50 градусов. Максимальное удаление помещения от радиомаяков составляет 5 км.

Согласно методическим указаниям [11. с8] для начала необходимо определить какие бывают вредные и опасные факторы и какие из них угрожают персоналу при использовании данной платы. По характеру воздействия на человека опасности делятся на 4 группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

К физическим опасным и вредным производственным факторам относятся:

- повышенная или пониженная температура воздуха в рабочей зоне;
- недостаточная освещенность в рабочей зоне.

Повышенная температура воздуха в рабочей зоне может привести к быстрой утомляемости работника, перегреву организма и большому потоотделению что в свою очередь приведет к снижению внимания и может оказаться причиной

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

несчастливого случая. Пониженная температура может вызвать местное и общее охлаждение организма и стать причиной ряда простудных заболеваний.

Отсутствие или недостаточная освещенность в рабочей зоне, проходах и проездах вызывает снижение внимания работника, быстрое утомление глаз, ухудшение зрения что в последствии может привести к несчастным случаям.

Психофизические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

- физические перегрузки;
- нервно-психологические перегрузки.

К статическим физическим перегрузкам относятся продолжительная работа с дисплеями что может привести к неприятными ощущениям в глазах (боли, сухость, повышенная слезоточивость), ухудшению зрения, головным болям и потерей концентрации.

К нервно-психологическим перегрузкам относятся:

- монотонность труда;
- эмоциональная перегрузка.

Монотонность приводит к развитию психического пересыщения. У рабочего появляется раздражение, отвращение к работе, агрессия.

Эмоциональная перегрузка вызывает головные боли, раздражительность, снижает концентрацию, а также способствует развитию психосоматических расстройств.

Химические и биологические факторы при работе с устройством отсутствуют и не рассматриваются в данной главе.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71

6.2 Описание условий эксплуатации проектируемого устройства

Плата “Приемопередатчик ТУ-ТС” является частью приемопередающего устройства. Все радиокомпоненты, используемые в устройстве, подобраны в соответствии с температурным режимом, что обеспечивает безопасную работу для персонала и окружающей среды. В процессе работы нагрев устройства практически отсутствует, охлаждение обеспечивается вентиляционными отверстиями в корпусе.

6.3 Электробезопасность

Плата “Приемопередатчик ДУ” по способу защиты человека от поражения электрическим током относится к III классу.

Плата “Приемопередатчик ТУ-ТС” имеет питание плюс 5 В, принимаемые и передаваемые сигналы обладают амплитудой плюс 15 В и минус 15В, следовательно, плата работает на сверхнизком безопасном напряжении.

Изделие не является источником шума, вибрации, электромагнитных полей, теплового, оптического, рентгеновского излучения.

Электрическая схема исключает возможность его самопроизвольного включения и отключения. Расположение и соединение частей изделия выполнены с учетом удобства и безопасности наблюдения за изделием при выполнении сборочных работ, проведении осмотра, испытаний и обслуживания.

Ввод проводов в корпус приемопередатчика осуществляется через детали, сделанных из изоляционных материалов. Конструкция и материал вводных устройств исключает возможность случайного прикосновения к токоведущим частям, электрических перекрытий, а также замыкания проводников на корпус и накоротко.

Конструкция изделия исключает возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей. Конструкция штепсельных розеток и вилок для напряжений свыше 42 В, отличается от конструкции розеток и вилок для

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		72

напряжений 42 В и менее. Штепсельные разъемы имеют маркировку, позволяющую определить те части разъемов, которые подлежат соединению между собой. Ответные части одного и того же разъема имеют одинаковую маркировку. Маркировка проводников выполнена на обоих концах проводника в соответствии с нормативно-технической документацией. Некоторые проводники (проводники соединения общего провода, различные номиналы питания и т.д.) выделены цветовой окраской, уникального цвета.

Оболочки изделия соединены с основными частями изделия в единую конструкцию, закрывают опасную зону и снимаются только при помощи инструмента.

6.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность устройства определяется в соответствии ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования». Проектируемое электронное изделие должно быть сконструировано и изготовлено таким образом, что оно не представляет пожарной опасности в нормальных условиях эксплуатации и при аварийных режимах. При нормальной и аварийной работе устройства ни один из элементов конструкции не превышает температуру выше допустимых значений, установленных ГОСТ 12.2.006 «Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогичного общего применения. Общие требования и методы испытаний»

В помещении, где эксплуатируются установки под напряжением, для тушения пожара должны применяться вещества не проводящие электрический ток. К таким веществам относятся: углекислый газ, азот, песок, негорючие порошковые материалы. В качестве первичных средств тушения пожара применяются огнетушители ОУ-2 и ОП-5. Их количество определяется исходя из площади помещения.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате дипломного проектирования был разработан модернизированный приемопередатчик ДУ, в котором был реализован переход с иностранной элементной базы на отечественную, расширен функционал и снижена стоимость используемых радиокомпонентов.

В процессе работы над дипломом были рассмотрены различные радиокомпоненты и выбраны наиболее подходящие решения для достижения поставленных целей и возможности дальнейшего расширения функционала. Разработана функциональная, электрическая принципиальная схемы и проработано расположение элементов на печатных платах. Были произведены необходимые расчеты для стабильной и правильной работы устройства, разработан алгоритм работы программы. Дальнейшим этапом развития является написание кода для микроконтроллера и его отработка на опытном образце.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		74

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назначение и задачи, решаемые инструментальными системами посадки [Электронный ресурс].
URL: www.studepedia.org/index.php?vol=1&post=40366
2. Datasheet EPF10K30RI208-4N [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/612/dsf10k-1299404.pdf>
3. Каталог АО ВЗПП-С [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vzpps.ru/production/catalog.pdf>
4. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. URL: https://niiet.ru/wp-content/uploads/1.2.2.0_1887BE7T_Сложность-5.pdf
5. Datasheet 1533ИР37 [Электронный ресурс].
URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/1533ir37.pdf>
6. Datasheet 1564ИР8 [Электронный ресурс]. URL: <https://okbexiton.ru/pdf/mc1564ir8.pdf>
7. Datasheet 5584ИД7 [Электронный ресурс]. URL: https://integral.by/sites/default/files/5584_ID7.pdf
8. Работа транзистора в ключевом режиме [Электронный ресурс]. URL: <http://electrik.info/main/school/709-rabota-tranzistora-v-klyuchevom-rezhime.html>
9. Применение микроконтроллеров AVR: схемы алгоритмы программы/ Баранов В.Н – издательский дом “ДОДЭКА-XXI”, 2006- 288 с.
10. Сетевые методы планирования и управления: Методические указания к курсовому проекту/составители: Л.А Баев, С.Ю Лелекова, Н.С. Дзензелюк.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.-24с.
11. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской.- Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007.- 166с.

					<i>ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.527.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		75