

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Инфокоммуникационные технологии»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

_____/_____/

« ____ » _____ 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/Даровских С.Н./

« ____ » _____ 2016 г.

**«Система контроля и управления передатчика вторичного канала
диспетчерского радиолокатора»**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ-Д.11.05.01.2017.297.00 ПЗ ВКП**

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

_____/И.С. Окраинская/

« ____ » _____ 2016 г.

Руководитель проекта

начальник КБ-22

АО ЧРЗ «Полет»

_____/С.Г. Подкорытов/

« ____ » _____ 2016 г.

Организационно - экономический
раздел

_____/Р.Ш. Закиров/

« ____ » _____ 2016 г.

Автор проекта

студент группы КЭ-665

_____/В.Э. Юмабаев/

« ____ » _____ 2016 г.

Нормоконтролер

_____/В.Д. Спицына/

« ____ » _____ 2016 г.

АННОТАЦИЯ

Юмабаев В. Э. Система контроля и управления передатчика вторичного канала. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭК, 2016. Пояснительная записка выполнена на 100 листах, содержит 19 иллюстраций и 10 таблиц. Список литературы содержит 23 наименования. Графический материал состоит из 5 листов формата А1.

Дипломный проект посвящен разработке системы контроля и управления передатчика вторичного канала диспетчерского радиолокатора с применением цифровой обработки сигналов и программного обеспечения для микросхемы фирмы Altera. Разрабатываемое устройство является перспективным в рамках приема, обработки и формирования сигналов автоматического управления ПРД ВК.

После анализа технического задания была определена структурная схема, структура программного обеспечения. В результате чего разработана схема электрическая принципиальная и реализованы алгоритмы программы управления и контроля ПРД ВК.

В пояснительной записке содержится экономическое обоснование проведения работ, выполнено сетевое планирование. В разделе безопасности жизнедеятельности проанализированы условия эксплуатации спроектированного устройства.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.297.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Юмабаев В.Э.			<i>Система контроля и управления передатчика вторичного канала пояснительная записка</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		Подкрытов С.Г.				Д	3	100
<i>Рецензент</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра ИКТ</i>		
<i>Н.контр.</i>		Спицына В.Д.						
<i>Утв.</i>		Даровских С. Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Анализ технического задания.....	8
1.1 Основные понятия	8
1.2 Содержание работы	15
2 Разработка аппаратной части	17
2.1 Общий принцип работы	17
2.2 Подбор элементной базы	19
2.2.1 Программируемая логарифмическая интегральная схема	19
2.2.2 Генератор тактовых импульсов.....	21
2.2.3 Конфигурационная память	22
2.2.4 Аналоговый компаратор	24
2.2.5 Аналоговый мультиплексор	27
2.2.6 Драйвер RS-232.....	29
2.2.7 Оптронная развязка	31
2.2.8 Триггер.....	32
2.2.9 Мультивибратор	32
2.2.10 Микроконтроллер	34
2.2.11 Согласующий драйвер	35
2.2.12 Обеспечение схемы электропитанием	36
2.3 Формирование сигнала "Сброс"	36
2.4 Формирование сигнала "Тест"	37
2.5 Формирование сигналов индикации.....	37
2.6 Алгоритм работы передатчика в различных режимах.....	38
2.6.1 Включение передатчика ВК	38
2.6.2 Работа передатчика ВК в режиме Авария.....	39
2.6.3 Работа передатчика ВК в режиме МУ	39
2.6.4 Работа передатчика ВК в режиме Ремонт.....	40
2.6.5 Работа передатчика ВК в режиме ДУ или ЦУ	41

3	Разработка программного обеспечения	43
3.1	Програмное обеспечение ПЛИС	43
3.2	Структура программы для ПЛИС	44
3.3	Основной блок	45
3.4	Блок формирования тактовых частот и сброса	46
3.5	Блок выбора режима работы	47
3.6	Блок индикации.....	48
3.7	Блок контроля и обмена	50
3.8	Описание входных и выходных информационных сигналов	51
4	Конструкторская часть	54
5	Безопасность жизнедеятельности	56
5.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	56
5.2	Анализ условий эксплуатации проектируемого устройства.....	58
5.3	Соответствие проектируемой системы требованиям безопасности	59
6	Организационно-экономический раздел	61
6.1	Технико-экономическое обоснование	61
6.2	Сетевое планирование.....	62
6.2.1	Элементы сетевого графика	62
6.2.2	Перечень и параметры работ сетевого графика	63
6.2.3	Расчет параметров событий сетевого графика	65
6.2.4	Расчет параметров работ сетевого графика	67
6.3	Технико-экономические расчеты.....	70
6.3.1	Расчет стоимостных параметров сетевого графика	70
6.3.2	Расчет затрат на разработку, внедрение и применение проекта.....	72
6.3.3	Расчет величины экономического эффекта и окупаемости проекта	73
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	76
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	Приложение А. Код программы для ПЛИС.....	78

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АОРЛ-1АС– аэродромный обзорный радиолокатор;
ВК– вторичный канал;
ВУ – верхние углы;
ВУМ – выходной усилитель мощности;
ВЧ – высокочастотная часть;
ДИ – длинный импульс;
КДП– Контрольно- диспетчерский пункт;
НЧ – низкочастотная часть;
ОЗУ– Оперативное запоминающее устройство;
ПЗУ– Постоянное запоминающее устройство ;
ПК– первичный канал;
ПЛИС– Программируемая логическая интегральная схема;
ПРД ВК – передатчик вторичного канала;
ПТЭ– правила технической эксплуатации;
ПУПЧ – предварительный усилитель промежуточной частоты;
ПУМ – предварительный усилитель мощности;
ПЧ– промежуточная частота;
РЛС – радиолокационная станция;
СКиУ – система контроля и управления;
МК – микроконтроллер.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущая интенсивность полетов и увеличение числа гражданских рейсов воздушного транспорта требуют более широкого внедрения радиоэлектронных средств, для обеспечения управления воздушным движением, навигации и посадки.

Безопасность и регулярность полетов самолетов в значительной степени зависит от выполнения требований ИКАО, предъявляемых к оборудованию, обеспечивающему необходимые параметры. С этой целью для контроля местоположения самолета на трассе, применяются наземные радиолокационные станции (РЛС).

При проектировании РЛС в целом и отдельных модулей встает задача выбора параметров и режимов работы, проверка работоспособности и отладка разрабатываемого изделия.

Темой данного дипломного проекта является разработка системы контроля и управления, предназначенной для формирования команд управления передатчиком вторичного канала, контроля его работоспособности и индикации состояния.

1 Анализ технического задания

1.1 Основные понятия

Прежде чем описывать работу и назначение системы контроля и управления, в дальнейшем СКИУ, введем основные понятия и определения, необходимые для знакомства с данной предметной областью и понимания основных идей, заложенных при разработке.

Радиолокация – это область радиотехники, обеспечивающая радиолокационное наблюдение различных объектов, т.е. их обнаружение, измерение координат и параметров движения, а также выявление некоторых структурных или физических свойств путем использования отраженных или переизлученных объектами радиоволн либо их собственного радиоизлучения.

Радиотехнические устройства радиолокационного наблюдения называются радиолокационными станциями (РЛС). Сами же объекты радиолокационного наблюдения именуются радиолокационными целями.

Аэродромный обзорный радиолокатор "АОРЛ-1АС" (далее по тексту – АОРЛ), с вторичным каналом режимов "УВД" и "RBS" предназначен для работы в качестве источника радиолокационной информации для существующих и перспективных систем управления воздушным движением в аэродромной зоне и основного средства по вторичному каналу в зоне районных центров системы УВД. Аэродромная зона – воздушное пространство установленных размеров для обеспечения полетов и постоянного размещения воздушных судов. Для АОРЛ-1АС максимальная дальность обнаружения при $S=5 \text{ м}^2$, $P_{\text{обн}} = 0,8$, $P_{\text{лт}} = 10^{-6}$ составляет 160 км, для ВК $P_{\text{обн}} = 0,9$, $P_{\text{лт}} = 10^{-6}$ – 400 км.

АОРЛ обеспечивает:

- прием, обработку и преобразование радиолокационной информации, получаемой по первичному и вторичному каналам;

- трансляцию радиолокационной информации по двум широкополосным, кабельным линиям и цифровую информацию в кодированном виде по телефонным проводам на КДП на расстояние до 3 км;

- отображение на экране контрольного монитора АПОИ "ПРИОР" аналоговой и цифровой координатной информации первичного канала, а также отображение цифровой координатной и полетной информации в режиме асинхронной работы ПК и ВК, либо аналоговой и цифровой координатной и дополнительной информации вторичного канала в режиме синхронной работы ПК и ВК;

- дистанционное управление работой и отображение состояния на выносной аппаратуре командно-диспетчерского пункта по проводам.

Выносная аппаратура КДП на расстоянии до 3 км обеспечивает:

- дистанционное управление;
- получение информации о состоянии АОРЛ;
- выдачу служебных сообщений для обмена информацией с аппаратурой отображения;
- сопряжение с системами отображения информации: "Комета-2М", "НОРД", КСА УВД "Альфа", "КАРМ ДРУ", "КОРИНФ".

По своему функциональному назначению АОРЛ состоит из:

- антенно-фидерного тракта;
- вторичного радиолокационного канала с запросом на частоте 1030 МГц и приемом на частотах 740 и 1090 МГц;
- первичного радиолокационного канала (ПРК) с общими для всех радиолокационных каналов схемами контроля, управления и трансляции.

Антенно-фидерный тракт включает в себя совмещенную антенну ПК и ВК, а также фидерный тракт для передачи излучаемых импульсов в антенну и передачи принимаемых сигналов в аппаратуру обработки.

Вторичный канал является аэродромно-обзорным и предназначен для обнаружения самолетов, оборудованных ответчиками (работающими как в

отечественном, так и в международном диапазонах), а также для получения от воздушного судна дополнительной полетной информации (бортового номера, высоты полета, остатка топлива).

Первичный радиолокационный канал является аэродромно-обзорным. Он выдает радиолокационную информацию обо всех воздушных судах, находящихся в зоне действия АОРЛ независимо от наличия на борту самолетных ответчиков.

В составе АОРЛ работает аппаратура автоматического управления. Она выполняет следующие функции:

- обеспечивает последовательное включение и отключение составных частей АОРЛ;
- производит автоматический непрерывный контроль за состоянием аппаратуры АОРЛ и ее работоспособностью с выдачей и отображением сигналов неисправностей и аварий;
- обеспечивает аварийное отключение аппаратуры при выходе из строя с запоминанием состояния "Авария" вышедшего из строя устройства;
- поддерживает необходимый температурный режим в аппаратной и агрегатной при различных условиях окружающей среды.

В каждом функционально законченном устройстве имеются цепи управления и контроля, которые связаны с аппаратурой автоматического управления. Аппаратура автоматического управления на основе полученных данных автоматически принимают решение на выработку сигналов "Норма", "Ухудшение" или "Авария". Эти сигналы через устройство сопряжения с автоматикой поступают на КДП.

Под неисправностью АОРЛ понимается такое состояние изделия, при котором затрудняется его эксплуатация, но основные параметры находятся в пределах требований. Критерии неисправности следующие:

- выход из строя одного из комплектов изделия, при этом работа продолжается на другом комплекте АОРЛ;

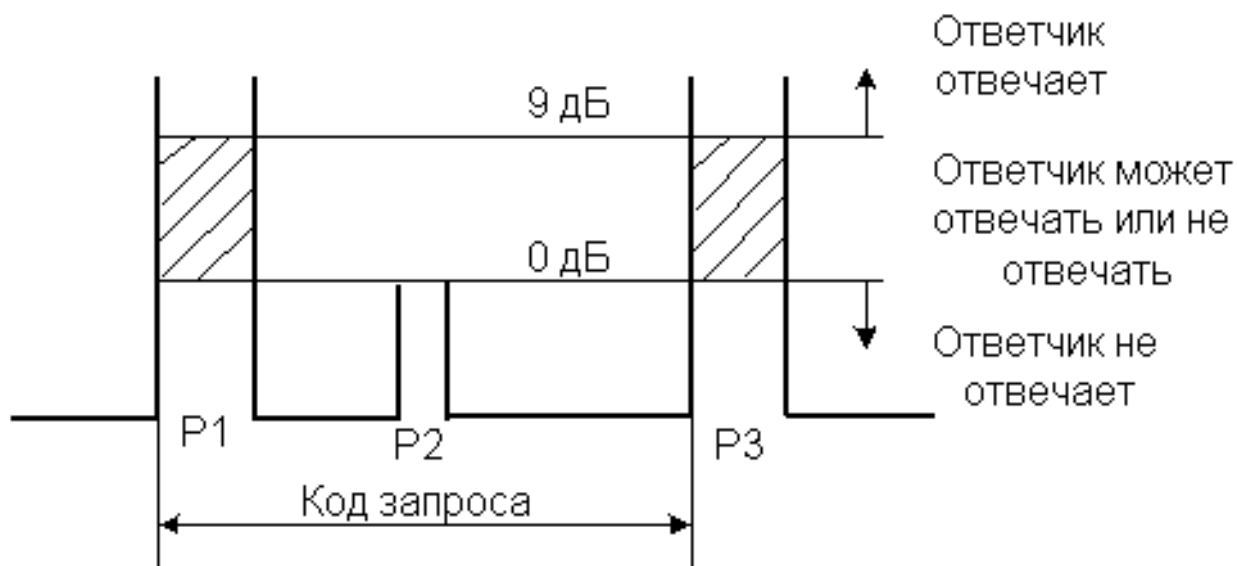
- выход из строя вспомогательных устройств, пульта управления, при этом работа АОРЛ продолжается.

Под отказом понимается выход из строя: либо первичного канала обоих комплектов, либо вторичного канала обоих комплектов, либо разноименных каналов в двух комплектах, при этом радиолокационная и дополнительная информация на экранах диспетчера отсутствует более 12 секунд.

АОРЛ состоит из аппаратной, агрегатной, антенной системы, аппаратуры КДП.

Разрабатываемая система управляет и контролирует работу передатчика вторичного канала (ВК), в который излучает группы до 4-х импульсов в узком луче и одиночные импульсы всенаправленно. Мощность импульсов ВК на выходе канала подавления передатчика - не менее 1,3 кВт. ВК имеет два независимых комплекта аппаратуры, которые работают как в синхронных, так и при асинхронных запусках излучений относительно ПК.

Сигнал запроса диспетчерского радиолокатора состоит из импульсов запроса P1 и P3 и импульса подавления P2 (см. рисунок 1).



P1, P3 - импульсы запроса; P2 - импульс подавления

Рисунок 1 – Временная структура сигналов запроса радиолокатора ВК

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

Импульс подавления P2 должен излучаться после импульса P1. Интервал между импульсами P1 и P3 определяет код запроса в соответствии с рисунками 1 и 2 и таблицей 1.

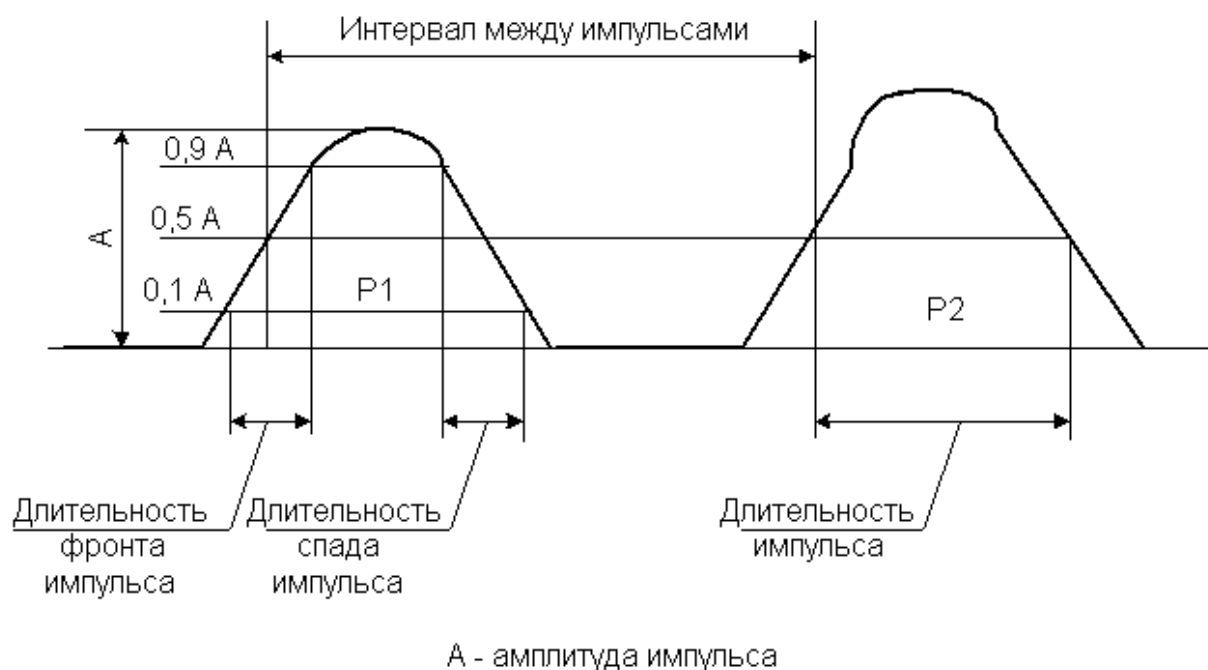


Рисунок 2 – Форма и характеристика импульсов сигналов запроса радиолокатора ВК

Таблица 1 – Интервалы между импульсами в зависимости от кода запроса

Код запроса	Интервал между импульсами P1 и P3, мкс (пред.откл. $\pm 0,2$)
A	8,0
C	21,0
ЗК1	9,4
ЗК2	14,0
ЗК3	23,0

Интервал между импульсами P1 и P2, измеренный на уровне 0,5 А по фронтам импульсов, должен быть $(2,00 \pm 0,15)$ мкс. Длительность импульсов P1, P2 и P3, измеренная на уровне 0,5 А на фронте и спаде импульсов, должна быть $(0,8 \pm 0,1)$ мкс. Длительность фронта импульсов P1, P2 и P3 – от 0,05 до 0,10 мкс, длительность спада – от 0,05 до 0,20 мкс. Длительность фронта и спада импульсов измеряют между 0,1 А и 0,9 А соответствующих импульсов.

Шкаф аппаратуры вторичного канала предназначен для генерирования высокочастотного сигнала международного частотного диапазона и приема ответного сигнала самолетных ответчиков отечественного и международного диапазонов, усиления их, детектирования и подавления сигналов, принятых боковыми лепестками диаграммы направленности антенны.

Аппаратура вторичного канала предназначена для декодирования, определения координат ВС и обработки дополнительной информации, поступающей с бортов самолетов, оборудованных радиолокационными ответчиками, работающими в режимах "УВД" и "RBS".

Аппаратура синхронизации и сопряжения предназначена для формирования импульсных сигналов запусков, стробирования, бланкирования и формирования тактовых последовательностей, синхронизирующих работу аппаратуры АОРЛ.

Пульт управления предназначен для визуального наблюдения воздушной обстановки в зоне действия АОРЛ с целью контроля функционирования его радиолокационных каналов, отображения технического состояния (ТС), для включения, отключения и управления работой АОРЛ в режимах местного управления РЛС (ЦУ и МУ) с панели управления РЛС.

Щит распределительный агрегатной (ЩРА) предназначен для распределения электроэнергии по составным частям АОРЛ и по составным частям агрегатной.

Щит аппаратной (ЩА) предназначен для распределения электроэнергии по составным частям аппаратной.

Опора предназначена для вращения антенн АОРЛ приводом вращения, передачи сигналов с неподвижной части во вращающуюся часть токосъемником и трехканальным блоком вращательных переходов, а также для установки датчика углового положения антенны.

Антенно-фидерный тракт предназначен для передачи импульсной мощности передатчиков по фидерам до антенных облучателей, формирования диаграмм направленности первичного и вторичного каналов, приема сигнала отраженного от цели и ответного сигнала самолетного ответчика, передачу и разделение принятых сигналов высокой частоты по приемникам АОРЛ с минимальными потерями.

Аппаратура жизнеобеспечения предназначена для создания условий по эксплуатации аппаратуры АОРЛ (кондиционирование, обдув, обогрев, охранная и пожарная сигнализации, светоограждение). Аппаратура обогрева и кондиционирования обеспечивает температурный режим внутри контейнеров от 278 К до 313 К (от плюс 5С до плюс 40С) при температуре окружающей среды от 223 К до 323 К (от минус 50 °С до плюс 50 °С).

В АОРЛ имеется система обнаружения неисправностей функционально законченных устройств:

- передатчиков ПК;
- приемников ПК;
- передатчиков ВК;
- приемников ВК;
- устройств обработки видеосигналов;
- устройств синхронизации;
- централизованных источников питания;
- привода вращения.

Состояние данных функционально законченных устройств отображается на панели РЛС и передних панелях щитов, шкафов и блоков при помощи световой сигнализации.

Сигналы состояния функционально законченных узлов каждого комплекта (Норма, Авария, Ухудшение) поступают на соответствующее устройство управления РЛС.

Устройства управления РЛС, расположенные в щите аппаратной,

обрабатывают и выдают сигналы состояния функционально законченных узлов для индикации на панели РЛС и КДП.

1.2 Содержание работы

Целью данного дипломного проекта является разработка аппаратной и программной частей системы контроля и управления. Данная система предназначена для:

- приема и исполнения управляющих сигналов от органов управления, расположенных на передней панели ПРД ВК;
- формирования алгоритма работы и управления ПРД ВК в разных режимах:
 - 1) режим "Местное Управление", далее МУ;
 - 2) режим "Центральное Управление", далее ЦУ;
 - 3) режим "Дистанционное Управление", далее ДУ;
 - 4) режим "Ремонт" по заданному алгоритму;
- контроля и измерения параметров узлов, входящих в ПРД ВК,
- обработки параметров входящих узлов с последующей работой ПРД ВК по заданному алгоритму;
- приема и исполнения внешних управляющих сигналов ПРД ВК от аппаратуры удалённого доступа;
- формирования и выдачи сигналов состояния ПРД ВК на аппаратуру удалённого доступа.

На вход системы контроля и управления поступают команды управления с лицевой панели передатчика, а также с панели управления РЛС.

Для выполнения технического задания нам потребуется рассмотреть несколько вопросов:

- разработать структурную схему;
- разработать принципиальную электрическую схему;
- подобрать варианты элементной базы;

– написать программное обеспечение для устройства.

Первоначально необходимо рассмотреть принцип работы ПРД ВК, какие узлы входят в его состав, разобраться какие сигналы мы должны принимать и выдавать. Далее разрабатываем принцип работы и структурную схему нашего устройства. Следующим шагом является составление принципиальной схемы и подбор элементов. Система контроля и управления ПРД ВК должна быть разработана на современной элементной базе. Разрабатываемая элементная база СКиУ должна не только отвечать показателю стоимости и качеству элементов, но также должна иметь потенциал для дальнейшего расширения функционала, так как большинство функций выполняется на ПЛИС и микроконтроллере. Так же не стоит забывать про возможность использования элементов, которые уже применяются на предприятии Челябинского радиозавода "Полет".

Далее необходимо написать программное обеспечение (далее ПО) для ПЛИС. Разработка ПО ведется в среде Quartus II v9.1sp2 Web Edition. Quartus II является стандартным средством разработки для ПЛИС производства компании Altera, применяющихся на заводе. Для написания программы для ПЛИС — язык VHDL.

На данный момент Челябинский радиозавод (далее ЧРЗ) "Полет" использует стандартный размер печатных плат в соответствии с европейскими стандартами размеров конструктивных элементов. Поэтому плата должна иметь размеры 220,5 мм (длина) на 233,35 мм (высота) в соответствии с отечественными стандартами, которые аналогичны европейскому стандарту ИЕС 297-3, такими как ГОСТ 10317-79. Применение европейских стандартов, прежде всего, необходимо, так как различные устройства в АОРЛ располагаются в покупных шкафах фирмы "SHROF". Это обусловило требования к размерам печатной платы разрабатываемого устройства.

2 Разработка аппаратной части

На структурной схеме ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.297.00 Э1 можно выделить следующие функциональные блоки:

- блок логической обработки сигналов, выполняющий опрос входных и формирование выходных команд, выполненный на ПЛИС;
- микроконтроллер, формирующий сигналы индикации и осуществляющий обмен информацией с местным терминалом;
- конфигурационное постоянное запоминающее устройство, для хранения рабочих настроек ПЛИС;
- персональный компьютер, для работы с местным терминалом;
- органы передатчика вторичного канала (устройство запуска, устройство управления, выходной усилитель мощности, предварительный усилитель мощности);
- органы управления радиолокатором,
- индикаторы, для отображения информации;
- согласующие драйверы.

2.1 Общий принцип работы изделия

После анализа технического задания были выделены следующие функции, которые должно выполнять данное устройство:

- производить включение и отключение передатчика путём подачи сигналов "логический ноль" и "логическая единица" на устройство включения ВК в местном и дистанционном режимах;
- производить включение и отключение излучения передатчика путём подачи сигналов "логический ноль" и "логическая единица" на устройство запуска;
- включать первый или второй комплект в режимах МУ и ДУ;

- прежде, чем включить комплект, необходимо убедиться, что излучение выключено. Излучение необходимо включать только после подачи напряжения на модули передатчика ВК, убедившись, что нет аварий по питающим напряжениям. Излучение включается путём подачи сигнала "логический 0" на устройство запуска;
- включать режим "Ремонт", при этом передатчик работает в режиме МУ, при авариях не отключается, но индикация аварий производится;
- отключать передатчик в случае аварии в режимах МУ и ДУ. При этом сначала выключается излучение, потом снимается напряжение с модулей;
- измерять по подаваемым сигналам огибающих запроса или подавления мощность и выдавать значения мощностей на двухразрядный семисегментный индикатор, при этом диапазон мощностей запроса от 0,00 до 0,99 кВт, подавления от 0,0 до 3,0 кВт, при аварии передатчика на индикаторе вместо мощности должен отображаться порядковый номер аварии;
- анализировать по сигналам огибающей, падающей и отражённой мощность ПУМа (производить подсчет КСВН, длительности и скважности, а также мощности ПУМа) и принимать решение об аварийной ситуации;
- при включении режима "Ремонт" игнорировать сигналы с ДУ;
- при работе в режиме ДУ игнорировать сигналы "Вкл" и "Откл" и "Переключ. комплекта" с панели управления передатчика ВК;
- транслировать на дистанцию сигналы "Норма", "Авария", "Авария Резерва" и "Авария ВК";
- транслировать через порт RS-232 информацию на центральный процессор РЛС (по согласованному протоколу);

2.2 Подбор элементной базы

2.2.1 Программируемая логическая интегральная схема

Основные функции "Системы контроля и управления ПРД ВК" — обработка и формирования сигналов — являются наиболее требовательными к быстродействию ввиду наличия строгих временных критериев для сигналов. Поэтому эти функции возложены на программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС). ПЛИС обеспечивают быстродействие, непрерывность работы (ввиду отсутствия понятия прерываний) и в целом большую надежность работы вследствие того, что логика работы ПЛИС строго детерминирована.

В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством проектирования логической структуры с использованием специальных языков проектирования (также называемых языками описания архитектуры) или в виде принципиальной схемы. Процесс проектирования ПЛИС состоит из следующих этапов:

- задание принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры: Verilog, VHDL и др;
- логический синтез с помощью программ-синтезаторов;
- разводка и размещение с помощью специальных программ;
- создание загрузочного файла прошивки;
- программирование загрузочного файла прошивки в ПЛИС.

Как правило, проектирование ПЛИС производится в специализированных интегрированных средах разработки, которые помимо перечисленных выше функций, позволяют производить симуляцию программ в ходе проектирования.

В системе контроля и управления ПРД ВК используется ПЛИС EPF10K20RI208-4N фирмы Altera (микросхема DD10), которая относится к типу FPGA(Field-ProgrammableGateArray) — программируемая пользователем вентиляльная матрица (см. рисунок 3). ППВМ могут быть модифицированы практически в любой момент в процессе их использования. Они состоят из конфигурируемых логических блоков, подобных переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили). В цифровых схемах такие переключатели реализуют базовые двоичные операции AND, NAND, OR, NOR и XOR. В большинстве современных микропроцессоров функции логических блоков фиксированы и не могут модифицироваться. Принципиальное отличие ППВМ состоит в том, что и функции блоков, и конфигурация соединений между ними могут меняться с помощью специальных сигналов, посылаемых схеме. Данная микросхема полностью подходит для выполнения всех требуемых операций по обработке и формированию сигналов. Невысокая стоимость микросхемы и успешное применение в разных изделиях на заводе делает ее идеальным вариантом для использования в системе контроля и управления ПРД ВК.



Рисунок 3 — Внешний вид EPF10K20RI208-4N

Основные характеристики ПЛИС EPF10K20RI208-4N [1]:

- семейство: FLEX 10K;
- количество логических элементов: 1152;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.297.00 ПЗ

Лист

20

- количество блоков логических массивов: 144;
- количество встроенных блоков памяти: 6;
- максимальное количество вентиляторов: 63000;
- количество входов/выходов 147;
- общий объем памяти: 12288 бит;
- максимальная тактовая частота: 125 МГц;
- рабочее напряжение питания: 4.5...5.5 В;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- вид монтажа: SMD/SMT.

2.2.2 Генератор тактовых импульсов

Для работоспособности ПЛИС необходим генератор тактовых импульсов – это кварцевый генератор O50-J075-B-5.0-2-T1-LF фирмы Jauch (см. рисунок 4).



Рисунок 4 — Внешний вид генератора J075-B-5.0-2-T1-LF

Основные характеристики микросхемы O 50-J075-B-5.0-2-T1-LF [2]:

- частота тактирования: $50 \pm 0,1$ МГц;
- температурная нестабильность от минус 10 до плюс 85 °С: ± 50 Гц;
- максимальная рабочая температура: плюс 125 °С;
- минимальная рабочая температура: минус 55 °С;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- напряжение питания: +4,5...5,5 В;
- потребляемый ток: 30 ... 40 мА.

2.2.3 Конфигурационная память

Логическая структура ПЛИС сохраняется в энергонезависимой статической памяти с произвольным доступом (SRAM). Процесс загрузки логической структуры в ПЛИС называется конфигурацией. Конфигурация ПЛИС может осуществляться по трем различным схемам: AS (*ActiveSerial*, активное последовательное программирование), PS (*PassiveSerial*, пассивное последовательное программирование) и JTAG (один из стандартных интерфейсов).

В качестве режима конфигурирования ПЛИС выбран пассивный последовательный JTAG (в качестве резервного). В пассивном последовательном режиме конфигурирования (PS-конфигурировании) с помощью загрузочного кабеля главный контроллер загружает данные из внешнего запоминающего устройства в микросхему ПЛИС FLEX 10K через кабель ByteBlasterMV. После этого устройство может начинать работать самостоятельно при подаче питания. Для начала конфигурирования в этом режиме загрузочное устройство обеспечивает изменение уровня сигнала от "0" в "1" на выводе nCONFIG. Программирующая аппаратура затем побитно передает конфигурационные данные на вывод DATA0 микросхемы ПЛИС. Данные синхронно принимаются конфигурируемой микросхемой до момента перехода вывода CONF_DONE в состояние "1".

Для микросхемы EPF10K20RI208-4N фирмы Altera рекомендуется использовать конфигурационную память: EPC1, EPC2, EPC16. По рекомендации производителя будем использовать конфигурационную память EPC2LI20N. Данная микросхема хорошо зарекомендовала себя на предприятии АО ЧРЗ "Полет", успешно применяется во многих изделиях.



Рисунок 5 — Внешний вид EPC2LI20N



Рисунок 6 — Внешний вид программатора USB Blaster

Основные характеристики микросхемы EPC2LI20N [1]:

- тип памяти: флэш;
- объем памяти: 1,695 Мбит;
- рабочая частота: 10 МГц;
- диапазон напряжения питания: 3,3 В / 5 В;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- количество входов/выходов: 20;
- рабочий диапазон температуры: от минус 40 °С до плюс 85 °С;
- ток питания: 50 мА;
- вид монтажа: SMD/SMT.

Прошивка ПЛИС может осуществляться любыми стандартными средствами, поддерживающими режимы PS или JTAG, например, программатором USBBlaster.

2.2.4 Аналоговый компаратор

Чтобы с помощью ПЛИС можно было измерить длительность и скважность аналоговых импульсных сигналов, нужно сформировать из них импульсы с ТТЛ уровнями. Для данного преобразования используется компаратор AD8564ARZ фирмы AnalogDevices. На схеме элементы DA17, DA20-DA23.

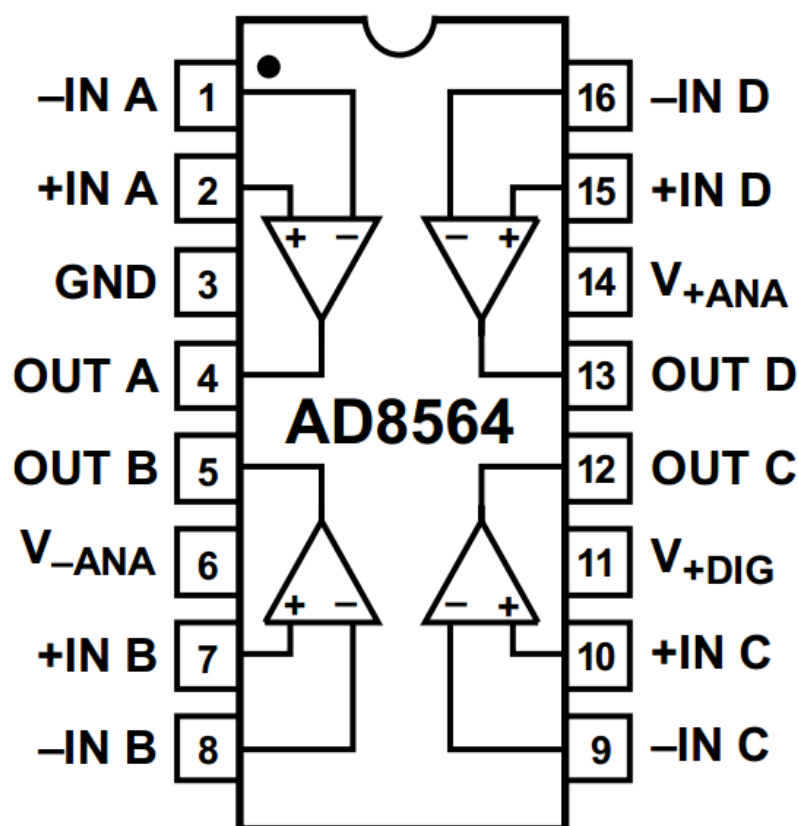


Рисунок 7 — Внешний вид компаратора AD8564ARZ

Основные характеристики микросхемы AD8564ARZ [3]:

- тип микросхемы: аналоговый компаратор;
- количество каналов: 4;
- выходной ток на канал: 4 мА;
- рабочее напряжение питания: 5 В;
- задержка на срабатывание: 8 нс;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 125 °С;
- усиление по напряжению: 69 дБ;
- коэффициент подавления синфазного сигнала: 85 дБ;
- коэффициент подавления помех по питанию: 80 дБ;
- корпус: SOIC-16;
- вид монтажа: SMD/SMT;
- тип выхода: CMOS/TTL.

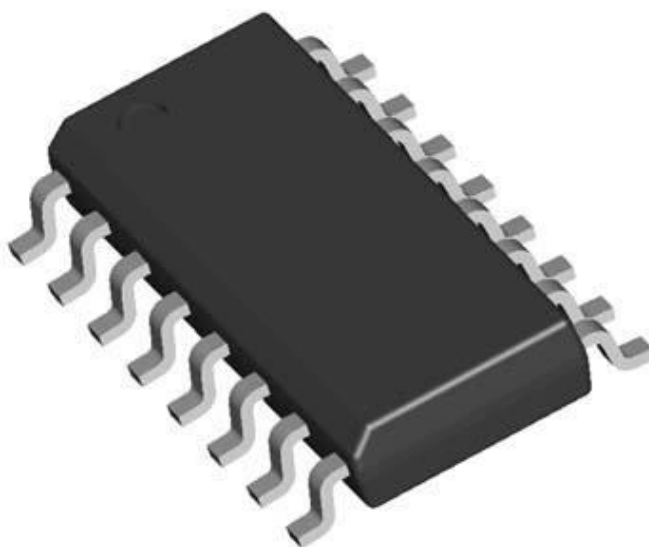


Рисунок 8 — Внешний вид компаратора AD8564ARZ

Для исключения возможного дребезга, будем использовать рекомендуемую изготовителем схему включения с гистерезисом (см. рисунок 9).

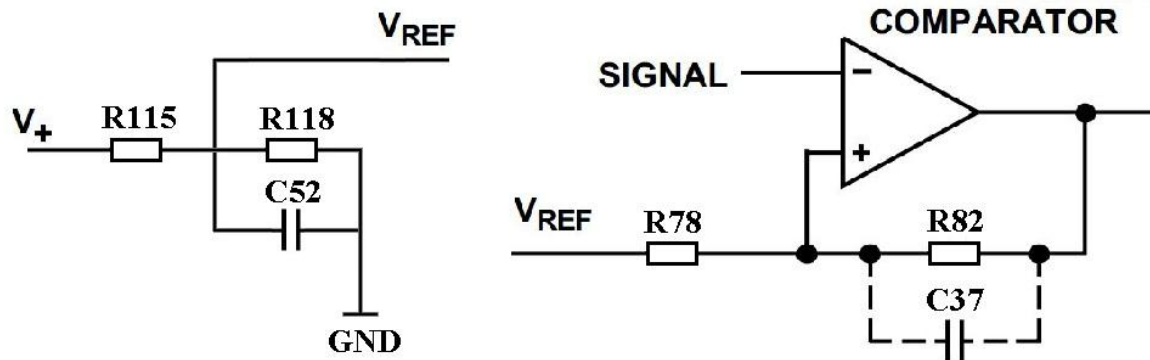


Рисунок 9 — Схема включения компаратора AD8564ARZ с гистерезисом

Для сигналов огибающих запроса и подавления (ВУМ, ПУМ) необходимо установить пороги срабатывания верхнего и нижнего уровней. С помощью схемы делителя, при помощи элементов R_{115} , R_{118} и R_{116} , R_{119} на схеме, сформируем два сигнала с опорным напряжением 1,7 В.

$$V_{REF} = V_+ \left(\frac{R_{115}}{R_{115} + R_{118}} \right), \quad (1)$$

где V_{REF} – опорное напряжение,

V_+ – напряжение питания компаратора,

R_{115} и R_{118} – значения резисторов.

Выберем номинал для резисторов R_{115} , R_{116} – 510 Ом, погрешностью $\pm 5\%$ (ряд E24), для резисторов R_{118} , R_{119} – 1 кОм, погрешностью $\pm 5\%$ (ряд E24).

Компаратор имеет четыре входа, значит, на одну микросхему AD8564ARZ нам понадобится восемь резисторов и четыре конденсатора. С помощью формул (2, 3), указанных изготовителем в документации к компаратору [3], подберем необходимое сопротивление для резисторов. По рекомендации производителя будем использовать конденсаторы емкостью 150 пФ.

$$V_{HI} = (V_+ - 1 - V_{REF}) \frac{R_{78}}{R_{78} + R_{82}} V_{REF}, \quad (2)$$

где V_{HI} – значение порога срабатывания высокого уровня,
 V_+ – напряжение питания.

$$V_{LO} = V_{REF} \left(1 - \frac{R_{78}}{R_{78} + R_{82}} \right), \quad (3)$$

где V_{LO} – значение порога срабатывания низкого уровня.

Уровень срабатывания компаратора высокого порога равен 1,9 В, а низкого порога – 1,5 В. Выберем номинал для резистора R_{78} – 309 Ом (погрешность $\pm 2\%$, ряд E38), для резистора R_{82} – 4,7 кОм (погрешность $\pm 5\%$, ряд E24).

В нашей схеме такие преобразователи собраны на следующих элементах: микросхема DA17, резисторы $R_{78} \dots R_{81}$ и $R_{82} \dots R_{85}$, конденсаторы $C_{25} \dots C_{28}$; микросхема DA20, резисторы $R_{118} \dots R_{121}$ и $R_{122} \dots R_{125}$, конденсаторы $C_{34} \dots C_{37}$; микросхема DA23, резисторы $R_{129} \dots R_{132}$ и $R_{137} \dots R_{140}$, конденсаторы $C_{42} \dots C_{45}$; микросхема DA24, резисторы $R_{141} \dots R_{144}$ и $R_{145} \dots R_{148}$, конденсаторы $C_{53} \dots C_{56}$; микросхема DA26, резисторы $R_{149} \dots R_{152}$ и $R_{153} \dots R_{156}$, конденсаторы $C_{62} \dots C_{65}$.

2.2.5 Аналоговый мультиплексор

Так как плата рассчитана на измерение амплитуды большого количества сигналов с аналоговых входов, на плате установлен высокоэффективный аналоговый мультиплексор ADG408BRZ фирмы Analog Devices (микросхемы DA18, DA19). Переключение каналов производит микроконтроллер.

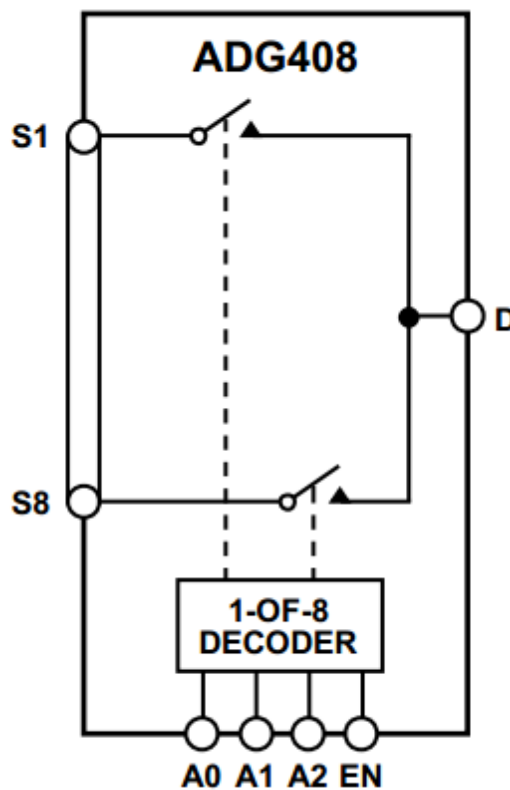


Рисунок 10 — Функциональная схема ADG408BRZ

Основные характеристики микросхемы ADG408BRZ [3]:

- тип микросхемы: мультиплексор;
- количество каналов: 8;
- выходной ток: 100 мА;
- максимальное сопротивление во включенном состоянии: 100 Ом;
- рабочее напряжение питания: 5В;
- максимальное время отключения: 60 нс;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- корпус: SOIC-16;
- вид монтажа: SMD/SMT.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 11 — Внешний вид мультиплексора ADG408BRZ

2.2.6 Драйвер RS-232

Обмен между СКиУ и местным терминалом осуществляется по протоколу RS-232, соответственно на плате установлена микросхема драйвера AD7306ARZ фирмы AnalogDevices, для преобразования уровней сигнала (микросхема DA24, конденсаторы C70, C71, C77, C78).

Основные характеристики микросхемы ADG408BRZ [3]:

- тип микросхемы: трансивер–драйвер RS-232/422/485;
- количество драйверов: 3;
- количество приемников: 2;
- скорость передачи: 100 Кб/с;
- ток потребления микросхемы: 15 мА;
- рабочее напряжение питания: 5 В;
- минимальное напряжение питания: 4,75 В;
- максимальное напряжение питания: 5,25 В;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- корпус: SOIC-24;
- вид монтажа: SMD/SMT.

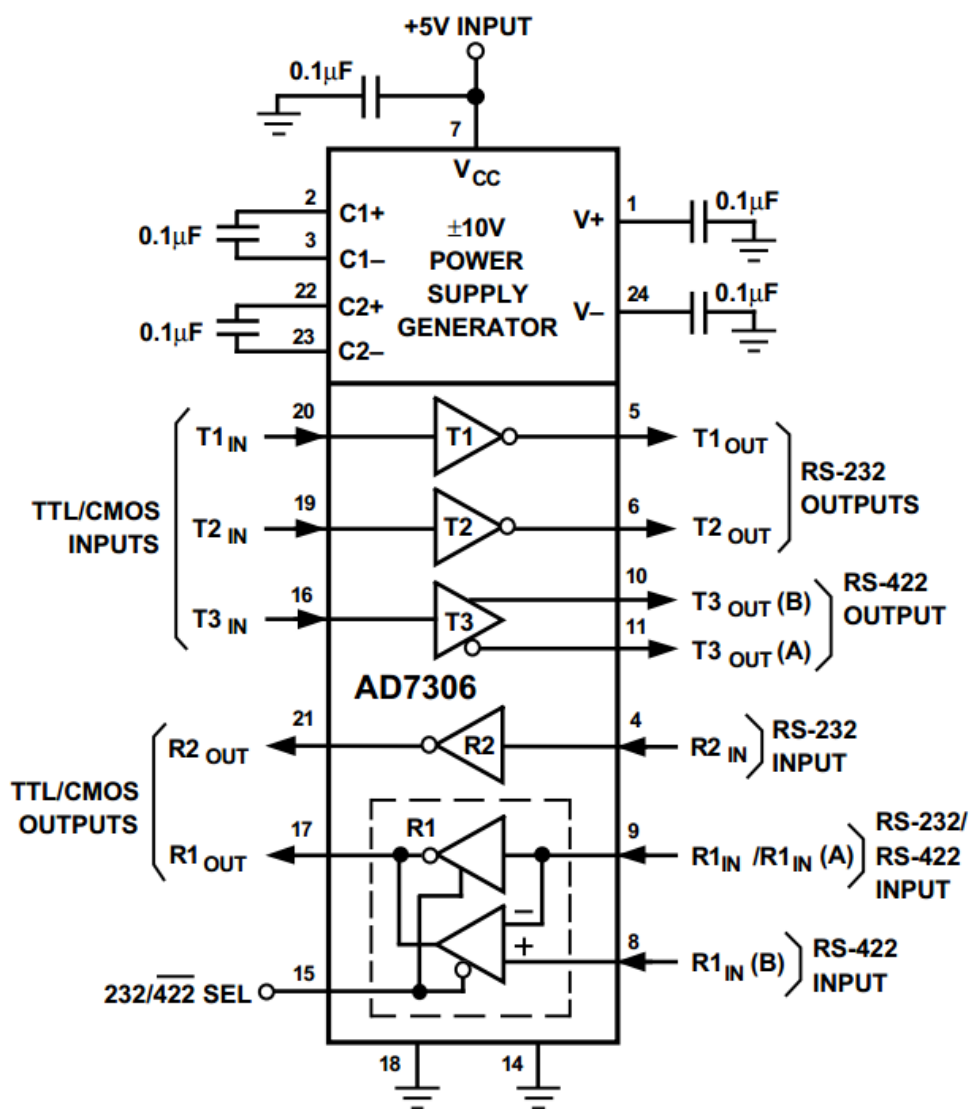


Рисунок 12 — Функциональная схема AD7306ARZ

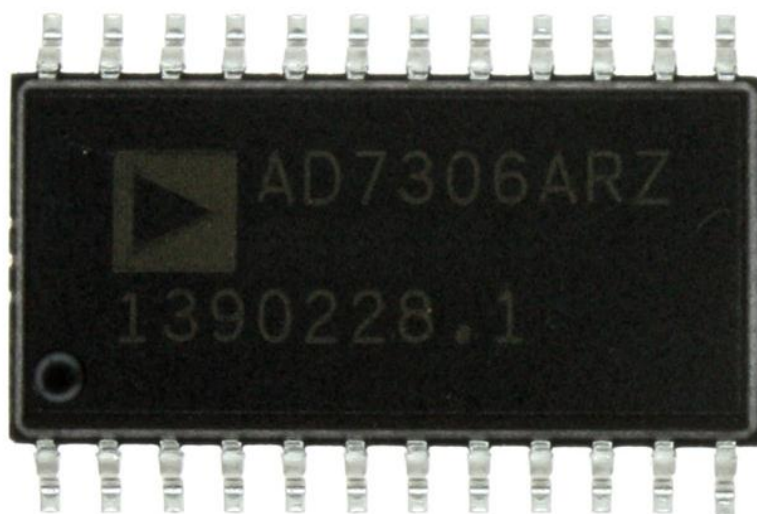


Рисунок 13 — Внешний вид трансивера AD7306ARZ

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2.7 Оптронная развязка

Для защиты входов ПЛИС на плате применена микросхема опторазвязки входных сигналов HCPL-063N фирмы HP (микросхемы DA-DA7, DA8-DA13, резисторы R11-R22, R24-R35).

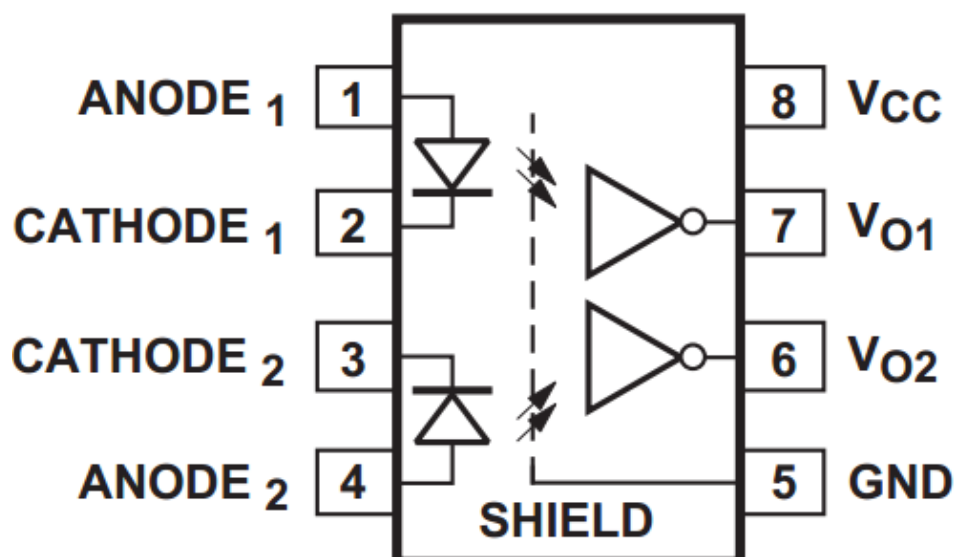


Рисунок 13 — Функциональная схема ADG408BRZ

Основные характеристики микросхемы ADG408BRZ [4]:

- тип микросхемы: оптрон;
- количество каналов: 2;
- скорость передачи: 10 Мб/с;
- максимальное импульсное напряжение: 5кВ/мкс;
- напряжение изоляции: 3,75 кВ;
- выходной ток на канал: 50 мА;
- время включения: 42 нс;
- время выключения: 12 нс;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- корпус: SOIC-8;
- вид монтажа: SMD.

2.2.8 Триггер

Для защиты выходов ПЛИС по сигналам индикации на плате установлены в качестве буферов микросхемы триггеров IN74AC14D фирмы Integral (на схеме элементы DD1-DD5). Каждая микросхема имеет шесть триггеров Шмитта-инверторов.



Рисунок 14 — Внешний вид триггера IN74AC14D

Основные характеристики микросхемы IN74AC14D [5]:

- тип микросхемы: триггер;
- диапазон напряжения питания: 2...6 В;
- выходной ток: 24 мА;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- тип выхода: CMOS, NMOS, TTL;
- корпус: SOIC-14;
- вид монтажа: SMD.

2.2.9 Мультивибратор

Для защиты ПЛИС от помех при старте работы применяется микросхема с двумя моностабильными мультивибраторами с повторным запуском и сбросом. Под действием запускающего импульса мультивибратор на некоторое время переходит в неустойчивое состояние.

Затем возвращается в устойчивое состояние до прихода очередного запускающего импульса. Период времени неустойчивого состояния определяется внешними резисторами R65 и R66, номинал которых 10 кОм, погрешность $\pm 5\%$ (ряд E24).



Рисунок 15 — Внешний вид мультивибратора IN74HC123AD

Основные характеристики микросхемы IN74HC123AD [5]:

- тип микросхемы: моностабильный мультивибратор;
- диапазон напряжения: 3-6 В;
- входной ток: 1 мА;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;
- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- тип выхода: CMOS, NMOS, TTL;
- корпус: SOIC-16;
- вид монтажа: SMD.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2.10 Микроконтроллер

Для контроля амплитуды импульсных сигналов, формирования сигналов индикации и осуществления обмена информацией с местным терминалом необходим микроконтроллер.

Основная цель выбрать не дорогой микроконтроллер (чтобы снизить общую стоимость системы), но в то же время удовлетворяющий спецификации системы, т.е. требованиям по производительности, надежности, условиям применения, а так же уже применяемый в изделии ПРД ВК. Выбран микроконтроллер ATmega128 фирмы Atmel.



Рисунок 16 — Внешний вид микроконтроллера ATmega128

Основные характеристики микроконтроллера ATmega128 [6]:

- тип микросхемы: микроконтроллер;
- диапазон напряжения: 4,5 ... 5,5 В;
- тактовая частота: 16 МГц;
- объем ROM-памяти: 128 Кбайт;
- объем RAM-памяти: 4 Кбайт;
- внутренний АЦП, количество каналов: 8x10;
- минимальная рабочая температура: минус 40 °С;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- максимальная рабочая температура: плюс 85 °С;
- корпус: TQFP-64;
- вид монтажа: SMD.

2.2.11 Согласующий драйвер

Микросхема ULN2003AETDRQ1 — это сборка из семи независимых транзисторных пар Дарлингтона в одном корпусе. Пара Дарлингтона — каскад из двух биполярных транзисторов.

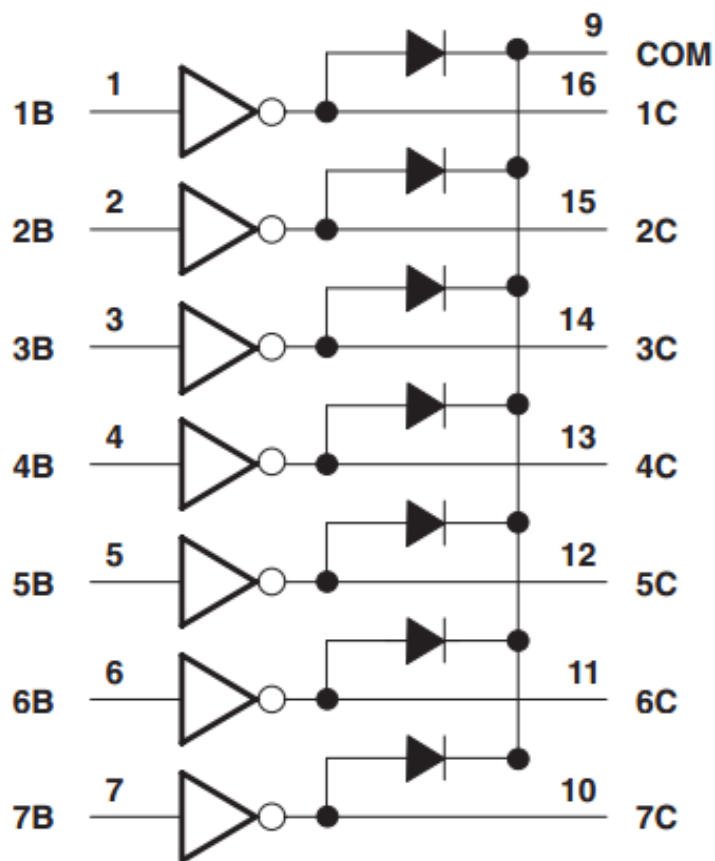


Рисунок 17 — Функциональная схема ULN2003AETDRQ1

Данная микросхема позволяет с помощью слабого тока микроконтроллера управлять мощными нагрузками с током до 500 мА и напряжением до 50 В на канал. Для каждого каскада в чипе установлен возвратный диод, что позволяет подключать индуктивные нагрузки. При необходимости

каналы можно объединить, чтобы получить больший предельно допустимый ток.

Основные характеристики микросхемы ULQ2003ATDRQ1 [7]:

- управляющее напряжение: 5 В;
- максимальное выходное напряжение: 50 В;
- максимальный выходной ток: 500 мА на канал.

2.2.12 Обеспечение схемы электропитанием

Для питания всех микросхем необходимо напряжение плюс 5 В. В качестве преобразователя постоянного напряжения плюс 27 В в постоянное напряжение +5 В выбран модуль питания МПВ10А фирмы "ИРБИС" [8]. Серия МП.10 модулей питания представляет собой высокоэффективные 10 Вт преобразователи изготовленные с использованием технологии поверхностного монтажа на импортной элементной базе. Малые габариты и вес, низкий профиль, гальваническая развязка, высокая стабильность выходного напряжения, защита от перегрузки и короткого замыкания делают модуль незаменимым в системе распределенного питания. Высокий коэффициент полезного действия 80%. Внешнее выключение. Защита от перегрузки и короткого замыкания. Металлический корпус. Гальваническая развязка входных и выходных цепей 500 В. От минус 40 °С до плюс 50 °С температура окружающей среды. Нарботка на отказ 30000 часов. Точность установки выходного напряжения $\pm 2\%$.

Пульсации выходного напряжения не превышают 150 мВ.

2.3 Формирования сигнала "Сброс"

Сигнал сброс будет обеспечивать задержку старта конфигурации ПЛИС при включении питания или нажатии на кнопку SB1 "СБРОС". Задержка старта конфигурации необходима для успешного цикла конфигурации после запуска преобразователя напряжения, и должна

составлять не менее 10 мс. Схема формирования сигнала "СБРОС" реализована на элементах: SB1, C33, R64, DD6.4, DD6.6, VD25.

2.4 Формирования сигнала "Тест"

Сигнал ТЕСТ будет включать или отключать режим тестового самоконтроля СКИУ. Данный сигнал формируется при помощи кнопки SB2, резистора R63 и микросхемы DD6.5.

2.5 Формирование сигналов индикации

Схема индикации, построенная на элементах DD6.1, DD6.2, DD6.3, R67-R69, HL1-HL3 позволяет контролировать следующие сигналы:

- "ТК", индицирует режим тестового контроля;
- "РАБОТА", индицирует включение СКИУ;
- "НОРМА", индицирует нормальное прохождение тестового самоконтроля;

Рассчитаем значение сопротивлений R67-R69, которые ограничивают прямой ток через светодиоды L1154GD 25мА [9] по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{\text{п}} - U_{\text{пн}}}{I_{\text{пн}}} = \frac{5 \text{ В} - 2,2 \text{ В}}{0,025 \text{ мА}} = 112 \text{ Ом}, \quad (4)$$

где $U_{\text{пн}}$ – падение напряжения на диоде и $I_{\text{пн}}$ – прямой ток диода [13].

Выберем номинал для резисторов R67-R69 - 110 Ом, погрешность $\pm 5\%$ (ряд E24).

2.6 Алгоритм работы передатчика в разных режимах

2.6.1 Включения передатчика ВК

При подачи аэродромной сети 380В, 50Гц на систему контроля и управления, далее СКиУ, должно подаваться дежурное напряжение 27В, все светодиоды и индикаторы должны быть выключены.

При включении режима МУ, на панели управления РЛС, на панели управления ПРД ВК загораются светодиоды "МУ" и "1 комплект" или "2 комплект" в зависимости от положения переключателя выбора комплекта на панели управления ПРД ВК.

Контроль аварий и параметров при этом отключен, управление передатчиком осуществляется с панели управления ВК.

При нажатии кнопки "ВКЛ ПРД" на панели управления ВК на СКиУ должен прийти кратковременный ((0,5...1) с) сигнал уровнем "логический ноль". В зависимости от положения переключателя комплекта с СКиУ на устройство включения ВК, далее УВВК, должен подаваться сигнал уровнем "логическая единица" для включения первого комплекта, либо "логический ноль" для включения второго комплекта. Далее с задержкой одна секунда с СКиУ на УВВК должен подаваться сигнал включения уровнем "логический ноль". Затем с задержкой одна секунда должен подаваться сигнал уровнем "логический ноль" на устройство запуска для включения излучения. После этого с задержкой одна секунда должен включиться контроль аварий передатчика ВК, и измерение мощности канала запроса либо канала подавления. Выбор измерения мощности должен производиться нажатием кнопки на панели управления ВК. Если при этом аварии отсутствуют и мощность находится в пределах нормы, должен загореться светодиод "НОРМА", на двухразрядном индикаторе высвечивается значение мощности.

2.6.2 Работа передатчика ВК в режиме "Авария"

При возникновении, например, аварии запуска, сигнал аварии уровня "логический ноль" должен поступать с устройства запуска работающего комплекта. СКиУ в этом случае должна подавать сигнал уровнем "логическая единица" на УВВК на цепь отключения вместо имеющегося там до аварии сигнала уровнем "логический ноль". УВВК должен отключить сеть 220 В от модулей питания передатчика, после чего должен загореться светодиод "Авария запуска" и эта авария должна запомниться до прихода сигнала "Сброс аварии", который приходит с кнопки, расположенной на панели управления ВК. Светодиод "НОРМА" гаснет и по светодиоду аварии и по светодиоду "1 комплект" или "2 комплект" определяется отказавшее устройство.

Необходимо предусмотреть приоритет аварий. Например, при аварии возбудителя также последуют аварийные ситуации по мощностям ПУМ, мощностям запроса и подавления. В этом случае должен загораться светодиод только первопричиной аварии.

Повторное включение передатчика ВК должно быть возможно только после сброса аварии.

2.6.3 Работа передатчика ВК в режиме МУ

Для того чтобы включить передатчик ВК в местном режиме на панели управления РЛС предварительно должен быть выбран местный режим. На панели управления передатчика ВК должен быть выбран комплект передатчика ВК, при этом горит светодиод "1 комплект" или "2 комплект".

При нажатии кнопки "Вкл" на панели управления передатчика ВК кратковременно появится сигнал ((0,5...1) с) "логический ноль" на СКиУ. С системы контроля и управления сигнал уровнем "логический ноль" – постоянного на все время работы передатчика – должен подаваться на устройство включения (УВВК). При этом 220 В через УВВК подается на панель пита-

ния ВУМ и на панель питания ПУМ и устройство запуска. После этого с задержкой примерно одна секунда должно подаваться разрешение на излучение с СКИУ в виде сигнала уровнем "логический ноль" на устройство запуска первого или второго комплекта, в зависимости от того, какой комплект выбран на панели управления РЛС. Далее с задержкой примерно одна секунда, включается контроль всех параметров передатчика и при отсутствии аварии загорается сигнал "Норма". Происходит измерение мощности каналов запроса либо подавления в зависимости от положения кнопки "Мощность з/п". Сигнал "Норма" транслируется на дистанцию.

Отключение передатчика производится кратковременным нажатием (порядка 1 с) на кнопку "Откл" на панели управления передатчика ВК. При появлении любой аварии первоначально на Устройство Запуска с СКИУ должен подаваться сигнал запрета излучения уровнем "логическая единица", затем с СКИУ на УВВК должен подаваться сигнал уровнем "логическая единица" для снятия 220 В, сигнал "Норма" на панели управления гаснет и загорается светодиод "АВАРИЯ". Номер соответствующей аварии при этом должен высвечиваться на двухразрядном светодиодном индикаторе (взамен мощности). На дистанцию подается сигнал "Авария". В этом состоянии передатчик находится до нажатия кнопки "Сброс аварии". Сигнал "Ухудшение" появляется при отказе одного усилителя ВУМ. Сигнал "Ухудшение" не должен приводить к отключению передатчика ВК, при этом сигнал "Норма" также не гаснет.

2.6.4 Работа передатчика ВК в режиме Ремонт

При нажатии кнопки с фиксацией "Ремонт" на панели управления ВК, на СКИУ должен подаваться сигнал уровнем "логический ноль", вследствие чего должен загореться светодиод "РЕМОНТ" и светодиод "МУ" (если передатчик ВК находился в режиме ДУ). То есть передатчик должен переходить в режим МУ и управляться со своего пульта. Если передатчик ВК был вы-

ключен, то включение и отключение передатчика ВК должно происходить, как в МУ. При возникновении аварийных ситуаций логика работы должна быть точно такая же, как в режиме МУ за исключением следующего: при возникновении аварийных ситуаций должны загораться соответствующие светодиоды, но сигнал на УВВК на отключение уровнем "логическая единица" не должен подаваться. Следует учесть, что в режиме Ремонт управление передатчика ВК с дистанции должно быть заблокировано.

2.6.5 Работа передатчика ВК в режиме ДУ или ЦУ.

На панели управления РЛС предварительно должен быть выбран режим ДУ или ЦУ и соответствующий комплект. На СКиУ должны приходить сигналы с дистанции в режиме ДУ или МУ уровнем "логический ноль" для ДУ. Сигнал выбора комплекта уровнем "логическая единица" — первый комплект и "логическая единица" — второй комплект также должен приходить на СКиУ. Далее при нажатии кнопки "BIGI" на панели управления РЛС на СКиУ должен прийти кратковременный ((0,5...1) с) сигнал уровнем "логический ноль". СКиУ в свою очередь должен выдать сигнал выбора комплекта, а затем сигнал включения на УВВК. Далее Передатчик ВК должен включиться и через одну секунду должен запуститься контроль параметров и аварий. При отсутствии аварий на панели управления ВК должен гореть светодиод "НОРМА", на дистанцию этот сигнал транслируется уровнем "логическая единица".

При возникновении аварии СКиУ должен выдавать сигнал на отключение на УВВК и взамен сигнала "Норма" на дистанцию подавать сигнал "Авария" уровнем "логический ноль". После чего светодиод "НОРМА" должен погаснуть на устройстве управления передатчика ВК и загореться светодиод соответствующей аварии. На дистанцию также должен выдаваться сигнал "Нет резерва".

Если с дистанции приходит сигнал на переключение комплекта, СКиУ должен выдать сигнал на переключение комплекта на УВВК и повторно выдать сигнал на включение передатчика ВК и через одну секунду начинается контроль аварий. При отсутствии аварий на пульте управления передатчика ВК должен загореться светодиод "НОРМА" и на дистанцию транслируется сигнал "Норма".

Если в этом случае происходит отказ резервного комплекта, должно произойти отключение передатчика, на дистанцию должны транслироваться сигналы "Авария" и "Авария ВК".

В случае аварии ПУМ любого комплекта по КСВН переход на резервный комплект должен быть запрещён и должен выдаваться сигнал "Авария ВК".

Сигналы аварий возбуждителя и запуска должны приходиться на СКиУ уровнем "логический ноль", контроль работы модулей ПУМ, а также измерение мощностей по каналам запроса и подавления должно производиться по огибающим с параметрами: длительность импульса 0,8 мкс, амплитуда от 3 до 5 В.

3 Разработка программного обеспечения

3.1 Программное обеспечение ПЛИС

Разработка ПО для ПЛИС будет выполняться в САПР QuartusII версии 11.1, который является основной средой проектирования и отладки проектов на СБИС ПЛ фирмы Altera. Данный программный пакет представляет собой полную, многоплатформенную среду проектирования, легко адаптируемую к требованиям конкретного проекта. Это комплексная среда для разработки систем на программируемом кристалле (SOPC). Пакет Quartus II включает в себя все утилиты, необходимые для работы с микросхемами FPGA. На рисунке 29 показаны основные этапы проектирования в среде Quartus II.



Рисунок 18 - Процесс проектирования в Quartus

Процесс проектирования состоит из следующих основных шагов:

а) Создание проекта – разрабатываемые схемы описываются с помощью языка описания устройств при помощи различных языков (в нашем случае VHDL).

б) Синтез – инструмент синтеза КАД синтезирует схему в список соединений, который определяет логические элементы (ЛЭ), необходимые для реализации схемы, а также соединения между этими ЛЭ;

в) Размещение и трассировка – инструмент компоновки КАД определяет размещение ЛЭ, описанных в списке соединений, в выбранном чипе FPGA, он также определяет цепи разводки и создаёт необходимые соединения между ЛЭ;

г) Моделирование - синтезированные цепи тестируются на функциональную корректность, при этом не учитываются временные характеристики схемы;

д) Временной анализ – служит для определения временной задержки распространения сигнала в различных путях, необходим для определения ожидаемых характеристик схемы;

е) Программирование и конфигурирование - финальный шаг проектирования, когда написанная и протестированная конфигурация прошивается во FLASH память и тем самым переносится на реальное устройство.

3.2 Структура программы для ПЛИС

В системе контроля и управления ПЛИС играет важную роль, так как помимо самого процесса обработки сигналов на неё возлагается задача формирования новых сигналов. По этой причине программа будет состоять из нескольких блоков, каждый из которых выполняет определенную функцию. На плакате ЮУрГУ – Д.11.05.01.297.2017. 00 Д7 изображена структура программного кода для ПЛИС, состоящая из четырех блоков.

3.3 Основной блок

Основной программный модуль состоит из следующих блоков:

- блок формирования тактовых частот и сброса;
- блоки индикации;
- блок контроля и обмена;
- блок выбора режима работы.

В основной программный блок ПЛИС подводятся следующие сигналы:

- clk – входной тактовый сигнал частотой 50 МГц;
- mode[2..0] – сигнал выбора режима. Это три режима ДУ, МУ, Ремонт. Соответственно – 0, 1, 2;
- button – сигнал, формируемый кнопкой "Тест" на передней панели;
- smc_failure – сигнал "Work" микроконтроллера;
- smc_ack – сигнал "Done" микроконтроллера;
- input_line[15..0] – входные информационные сигналы ПЛИС;
- input_bidir_line[7..0] – входные информационные сигналы ПЛИС;
- smc_ale – сигнал "ale" микроконтроллера;
- smc_nrd – сигнал "nrd" микроконтроллера;
- smc_nwr – сигнал "nwr" микроконтроллера;
- input_control_line[17..0] – входные информационные сигналы ПЛИС;

Сигналы с выхода основного блока ПЛИС:

- clk_enable – управление тактовым генератором, 1 – Вкл, 0 – Выкл;
- smc_control – формирование сигнала "controle" для микроконтроллера;
- display_data – отображение значения сигнала "data";
- display_clk – отображение значения сигнала "clk";
- smc_clk – формирование сигнала тактовой частоты для

- микроконтроллера;
- display_strobe – отображение значения сигнала "strobe";
- front_panel_led[2..0] – сигналы управления светодиодами на передней панели;
- display_2x7_segment[15..0] – формирование сигналов для управления семисегментного индикатора;
- smc_interrupt – формирование сигнала "запрос/подавление";
- output_line[7..0] – выходные информационные сигналы ПЛИС;
- output_bidir_line[7..0] – выходные информационные сигналы ПЛИС;
- display_led[7..0] – выходные сигналы управления светодиодами ("Авария", "ДУ", "МУ" и др., которые идут на панель ПРД ВК);
- smc_ad_bus[7..0] – информационные сигналы для микроконтроллера.

На вход ПЛИС подаются различные информационные сигналы для последующей обработки, а также тактовый сигнал внутреннего генератора с частотой 50 МГц. На выходе микросхемы, как и задано в техническом задании, формируются информационные сигналы для микроконтроллера, органов управления радиолокатором, а так же сигналы управления светодиодами и индикаторами. Разберем блоки и внутренние сигналы ПЛИС более подробно.

3.4 Блок формирования тактовых частот и сброса

На вход поступает сигнал clk, тактовой частоты 50 МГц. После чего данный блок формирует сигналы тактовой частоты для всех остальных блоков ПЛИС. Так же данный блок формирует тактовый сигнал для микроконтроллера.

Выходные сигналы:

- clk2 – выходной тактовый сигнал, который подается на блок

контроля и обмена;

- clk_control – формирование выходного сигнала для блока выбора режима работы;
- clk_enable – формирование сигнала управление тактовым генератором, 1 – Вкл, 0 – Выкл;
- clk_indication – формирование сигнала для блока индикации;
- clk_scan – формирование сигнала "scan" для блока контроля и обмена и блока выбора режима работы;
- reset – формирование сигнала "Сброс";
- smc_clk – формирование сигнала тактовой частоты для микроконтроллера;

3.5 Блок выбора режима работы

На вход данного блока поступают сигналы с органов управления радиолокатора. Далее формируются различные режимы работы, сопровождающиеся индикацией: ДУ, ЦУ, МУ, Ремонт,

В режиме ДУ управление происходит с помощью ПЭВМ дистанционного терминала из состава выносной аппаратуры (основное управление) или панели дистанционного управления блока ПУиС (резервное управление). В случае резервного управления все состояния радиолокатора отображаются при помощи световой индикации, а при основном – непосредственно на самой ПЭВМ. Режим ЦУ аналогичен режиму ДУ, но управление осуществляется с панели управления или клавиатуры местного терминала. При МУ можно включать, выключать и управлять режимами работы непосредственно с главной панели Шкафа АВК. При режиме ремонт блокируется режим ДУ, после чего устранение неполадок и тест аппаратуры происходит только в режиме МУ.

Входные сигналы:

- clk – входной тактовый сигнал;

- clk_scan– входной тактовый сигнал с блока формирования тактовой частоты и сброса;
- distance– сигнал "ДУ";
- distanceradiationoff– сигнал отключения излучения ДУ в ПРД ВК;
- distancetransmitteroff – сигнал отключения режима ДУ для ПРД ВК;
- distancetransmitteron – сигнал включения режима ДУ для ПРД ВК;
- power_indication_mode– сигнал мощность запроса/подавления;
- power_malfunction– сигнал "Сбой питания";
- repair– сигнал "Ремонт";
- reset– сигнал "Сброс";
- resetfailure – сигнал "Сброс аварии";
- transmitteroff– сигнал отключения ПРД ВК;
- transmitteron– сигнал включения ПРД ВК;

Выходные сигналы:

- mode_distance– сигнал режимов ДУ/МУ с блокировкой режима ремонт;
- mode_power_indication – режима индикации;
- mode_power_malfunction – режим сбоя питания;
- mode_radiationoff – режима отключения излучения;
- moderepair– режим ремонт;
- moderesetfailure – режим сброса аварий;
- poweroff– сигнал отключения ПРД ВК;
- poweron– сигнал включения ПРД ВК;

3.6 Блок индикации

Данный блок принимает сигналы включения и отключения режимов работы и аварий передатчика вторичного канала. Блок индикации полностью осуществляет управления всеми светодиодами и индикаторами не только на лицевой панели самой системы контроля и управления, но так же на панели шкафа АВК.

Входные сигналы:

- clk– входной тактовый сигнал;
- clk_indication – входной тактовый сигнал с блока формирования тактовой частоты и сброса;
- derating – сигнал "Ухудшение";
- distance – сигнал "ДУ";
- failure – сигнал "Авария";
- norm – сигнал "Норма";
- repair – сигнал "Ремонт";
- reset – сигнал "Сброс";
- transmitter_on – сигнал включения ПРД ВК;
- transmitter_radiation_on – сигнал включения излучения;
- failure_code[15..0] – сигналы аварий;

Выходные сигналы:

- led_1 – сигнал индикации 1;
- led_2 – сигнал индикации 2;
- led_deraiting– сигнал управления светодиодом Ухудшение;
- leddu– сигнал управления светодиодом ДУ;
- ledfailed– сигнал управления светодиодом Авария;
- ledmu – сигнал управления светодиодом МУ;
- led_norm– сигнал управления светодиодом Норма;
- led_repair– сигнал управления светодиодом Ремонт;
- led_t_on– сигнал управления светодиодом ВКЛ ПРД;
- front_panel_led[2..0] – сигналы управления светодиодами на передней панели;
- display_2x7_segment[15..0]– формирование сигналов для управления семисегментного индикатора;

3.7 Блок контроля и обмена

Данный блок занимается контролем работы ПРД ВК т.к. формирует сигналы включения, отключения, нормы, аварии и ухудшения. Так же в блоке контроля и обмена формируется сигнал запрос/подавление, значение которого отображается на семисегментном индикаторе.

Входные сигналы:

- clk– входной тактовый сигнал;
- clk2 – входной тактовый сигнал с блока формирования тактовой частоты и сброса;
- clk_control – входной тактовый сигнал с блока формирования тактовой частоты и сброса;
- clk_scan – входной тактовый сигнал с блока формирования тактовой частоты и сброса;
- excitation_failure– сигнал аварии возбудителя;
- launch_failure– сигнал "Авария запуска";
- mode_distance– режим ДУ;
- mode_power_malfunction– режим сбоя питания;
- mode_radiation_off– режим отключения излучения;
- mode_repair– режим ремонта;
- mode_reset_failure – режим сбоя аварий;
- power_malfunction– сигнал "Сбой питания";
- power_off– сигнал отключения ПРД ВК;
- power_on– сигнал включения ПРД ВК;
- reset– сигнал "Сброс";
- smc_ale– сигнал ale микромикроконтроллера;
- smc_nrd– сигнал nrd микромикроконтроллера;
- smc_nwr– сигнал nwr микромикроконтроллера;
- input_control_line[17..0] – входные информационные сигналы.

Выходные сигналы:

- derating– сигнал "Ухудшение";
- failure– сигнал "Авария";
- norm– сигнал "Норма";
- smc_interrupt – формирование сигнала запрос/подавление;
- transmitter_power_on – сигнал включения ПРДВК;
- transmitter_radiation_on– сигнал включения излучения;
- failure_code[15..0]– сигналы аварий;
- smc_data_io[7..0]– сигнал data микроконтроллера;

3.8 Описание входных и выходных информационных сигналов (см. таблицы 2, 3)

Таблица 2– Входные информационные сигналы

Название сигнала	Обозначение сигнала	Наименование контакта на ПЛИС	Наименование контакта на разъеме XS1	Расшифровка сигнала
input_line(15)	in(15)	101	21C	Авария возб.2
input_line(14)	in(14)	100	21B	Авария запска 2
input_line(13)	in(13)	99	20C	Авария возб.1
input_line(12)	in(12)	97	19B	Авария запуска 1
input_line(11)	in(11)	96	19C	Откл. ПРД 2 ДУ
input_line(10)	in(10)	95	18B	Вкл. ПРД 2 ДУ
input_line(9)	in(9)	94	16C	Откл.ПРДДУ
input_line(8)	in(8)	93	20B	Вкл.ПРДДУ
input_line(7)	in(7)	92	27A	Излуч. Вкл. ДУ
input_line(6)	in(6)	90	25C	ДУ
input_line(5)	in(5)	89	26B	Сброс аварий
input_line(4)	in(4)	88	27B	Мощность запрос/подавление
input_line(3)	in(3)	87	27C	Ремонт
input_line(2)	in(2)	86	28B	Выбор комплекта ДУ
input_line(1)	in(1)	85	28C	Откл.ПРД
input_line(0)	in(0)	83	29B	Вкл.ПРД
input_bidir_line(7)	in(23)	Pin 115	18C	Вкл.ВК 2
input_bidir_line(6)	in(22)	Pin 114	17C	Основ ВК
input_bidir_line(5)	in(21)	Pin 113	17B	Излуч. откл. ДУВход
input_bidir_line(4)	in(20)	Pin 112	19A	Излуч. вкл. ДУВыход
input_bidir_line(3)	in(19)	Pin 111	15B	РемонтнаДУ

Продолжение таблицы 2

Название сигнала	Обозначение сигнала	Наименование контакта на ПЛИС	Наименование контакта на разъеме XS1	Расшифровка сигнала
input_bidir_line(2)	in(18)	Pin 104	15C	Инд. "Вкл ПРД"
input_bidir_line(1)	in(17)	Pin 103	24A	Контроль сети
input_bidir_line(0)	in(16)	Pin 102	16B	Выбор комплекта МУ
input_control_line(17)	dt(17)	174	29C	ПУМ 2 Контроль +36 В
input_control_line(16)	dt(16)	173	30A	ПУМ 1 Контроль +36 В
input_control_line(15)	dt(15)	172	5B	ПУМ 2 Контроль +50 В
input_control_line(14)	dt(14)	170	9C	ПУМ 1 Контроль +50 В
input_control_line(13)	dt(13)	169	5A	ВУМ 2 Контроль +50 В
input_control_line(12)	dt(12)	168	6B	ВУМ 2 Контроль +50 В
input_control_line(11)	dt(11)	167	5C	ВУМ 2 Контроль +50 В
input_control_line(10)	dt(10)	163	4A	ВУМ 2 Контроль +50 В
input_control_line(9)	dt(9)	160	10C	ПУМ 2 отраженная
input_control_line(8)	dt(8)	150	9B	ПУМ 2 падающая
input_control_line(7)	dt(7)	149	10B	ПУМ 1 отраженная
input_control_line(6)	dt(6)	148	7C	ПУМ 1 падающая
input_control_line(5)	dt(5)	147	8B	ВУМ 4 огибающая
input_control_line(4)	dt(4)	144	8C	ВУМ 3 огибающая
input_control_line(3)	dt(3)	143	4C	ВУМ 2 огибающая
input_control_line(2)	dt(2)	142	6C	ВУМ 1 огибающая
input_control_line(1)	dt(1)	141	2C	Огиб. запроса
input_control_line(0)	dt(0)	140	3C	Огиб. подавл.
mode(2)	p(2)	29	42C	Режим 2
mode(1)	p(1)	28	37A	Режим 1
mode(0)	p(0)	27	38A	Режим 0

Таблица 3 – Выходные информационные сигналы

Название сигнала	Обозначение сигнала	Наименование контакта на ПЛИС	Наименование контакта на разъеме XS1	Расшифровка сигнала
front_panel_led(2)	norm	71	–	Светодиод "НОРМА"
front_panel_led(1)	tmode	70	–	Светодиод "ТК"
front_panel_led(0)	mode	177	–	Светодиод "РАБОТА"
output_line(7)	out(7)	127	13C	Норма Общая Выход
output_line(6)	out(6)	126	12B	Вкл. ВК 1
output_line(5)	out(5)	125	13B	Нет резерва
output_line(4)	out(4)	122	14C	Авария ВК
output_line(3)	out(3)	121	7B	Норма комплект 1
output_line(2)	out(2)	120	11B	Норма комплект 2
output_line(1)	out(1)	119	11C	Разрешение изл.2
output_line(0)	out(0)	116	12C	Разрешение изл.1

Продолжение таблицы 3

Название сигнала	Обозначение сигнала	Наименование контакта на ПЛИС	Наименование контакта на разъеме XS1	Расшифровка сигнала
output_bidir_line(7)	out(15)	139	18C	Вкл.ВК 2
output_bidir_line(6)	out(14)	136	17C	Основ ВК
output_bidir_line(5)	out(13)	135	17B	Излуч. откл. ДУВход
output_bidir_line(4)	out(12)	134	19A	Излуч. вкл. ДУВыход
output_bidir_line(3)	out(11)	133	15B	РемонтнаДУ
output_bidir_line(2)	out(10)	132	15C	Инд. "Вкл ПРД"
output_bidir_line(1)	out(9)	131	24A	Контроль сети
output_bidir_line(0)	out(8)	128	16B	Выбор комплекта МУ
display_led(7)	indout(7)	41	34B	Инд. "2"
display_led(6)	indout(6)	40	34C	Инд. "1"
display_led(5)	indout(5)	39	33B	Инд. "РЕМОНТ"
display_led(4)	indout(4)	38	31B	Инд. "МУ"
display_led(3)	indout(3)	37	30B	Инд. "ДУ"
display_led(2)	indout(2)	36	30C	Инд. "АВАРИЯ"
display_led(1)	indout(1)	31	39B	Инд. "УХУДШЕНИЕ"
display_led(0)	indout(0)	30	39C	Инд. "НОРМА"
smc_ad_bus(7)	ad(7)	15	–	SMC PA7
smc_ad_bus(6)	ad(6)	14	–	SMC PA6
smc_ad_bus(5)	ad(5)	13	–	SMC PA5
smc_ad_bus(4)	ad(4)	12	–	SMC PA4
smc_ad_bus(3)	ad(3)	11	–	SMC PA3
smc_ad_bus(2)	ad(2)	9	–	SMC PA2
smc_ad_bus(1)	ad(1)	8	–	SMC PA1
smc_ad_bus(0)	ad(0)	7	–	SMC PA0
display_2x7_segment(15)	a(7)	56	38C	Инд. 1 dp
display_2x7_segment(14)	a(6)	55	38B	Инд. 1 g
display_2x7_segment(13)	a(5)	54	32B	Инд. 1 f
display_2x7_segment(12)	a(4)	53	32C	Инд. 1 e
display_2x7_segment(11)	a(3)	47	35C	Инд. 1 d
display_2x7_segment(10)	a(2)	46	33C	Инд. 1 c
display_2x7_segment(9)	a(1)	45	36B	Инд. 1 b
display_2x7_segment(8)	a(0)	44	31C	Инд. 1 a
display_2x7_segment(7)	b(7)	65	40C	Инд. 2 dp
display_2x7_segment(6)	b(6)	64	40B	Инд. 2 g
display_2x7_segment(5)	b(5)	63	41C	Инд. 2 f
display_2x7_segment(4)	b(4)	62	41B	Инд. 2 e
display_2x7_segment(3)	b(3)	61	37C	Инд. 2 d
display_2x7_segment(2)	b(2)	60	36C	Инд. 2 c
display_2x7_segment(1)	b(1)	58	35B	Инд. 2 b
display_2x7_segment(0)	b(0)	57	37B	Инд. 2 a

4 Конструкция аппаратуры

Система контроля и управления ПРД ВК размещается на одной плате габаритами 233,35×220 мм. Материал печатной платы — FR-4-1,5-35/35 ТУ 2296-001-76207709-2006. Печатные проводники могут располагаться с двух сторон.

Устройство оснащено конструктивными элементами для установки в стандартные направляющие шкафа фирмы Schroff 19-дюймового стандарта МЭК 297, крепится винтами, находящимися на передней панели платы, ширина которой 40,3 мм.

На лицевую панель вынесены три светодиодных индикаторов (HL1-HL3) 3Л341В1 с маркировками: "Работа", "ТК", "Норма". Так же на этой панели находятся две малогабаритные кнопки КМ1-1 SB1, SB2 с маркировками: "Сброс", "Тест". Лицевая панель представлена на рисунке 19.

С обратной стороны платы установлена розетка XS1 СНП34С-135/132х9,4Р-22-В. Гнезда для программирования XP1, XP2 IDC-10М установлены непосредственно на плату.



Рисунок 19 — Внешний вид лицевой панели

5 Безопасность жизнедеятельности

Разрабатываемая система контроля и управления ПРД ВК предназначена для формирования команд управления передатчиком вторичного канала, контроля его работоспособности и индикации его состояния. СКиУ является стационарным устройством. Изделие предназначено для работы в закрытых помещениях.

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Рассмотрим воздействующие на человека опасные и вредные производственные факторы в соответствии с классификацией, приведенной в ГОСТ 12.0.003-74 "Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" [10].

Физические опасные и вредные производственные факторы:

а) Движущееся оборудование, подвижные части. Опасность травмирования исключена. Аппаратура не имеет подвижных частей и обладает небольшой массой.

б) Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Аппаратура не содержит источников образования пыли и газа.

в) Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов. Аппаратура не содержит компонентов, образующих холод или вырабатывающих тепло.

г) Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Использование аппаратуры не вызывает изменения температуры воздуха рабочей зоны и не требует ее поддержания в определенных пределах.

д) Повышенный уровень шума на рабочем месте. Источников шума нет.

е) Повышенный уровень вибрации. Источников вибрации нет.

ж) Повышенный уровень инфра-, ультразвуковых колебаний. Источников колебаний нет.

к) Повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение. Аппаратура не оказывает влияния на барометрическое давление.

л) Повышенная или пониженная влажность воздуха. Аппаратура не оказывает влияния на влажность воздуха.

м) Повышенная или пониженная подвижность воздуха. Аппаратура не создает преграды для нормальной циркуляции воздуха.

н) Повышенная или пониженная ионизация воздуха. Аппаратура предназначена для использования в закрытых помещениях, где не находится большого количества людей и вычислительной техники. Следовательно, повышенное содержание положительно заряженных ионов, которое приводит к ухудшению здоровья и угнетению нервной системы, исключено.

п) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Питание разрабатываемой аппаратуры производится от напряжения 27 В. Монтаж исключает соприкосновение пользователя с токоведущими частями.

р) Повышенный уровень статического электричества. Использование аппаратуры не приводит к повышению уровня статического электричества.

с) Повышенный уровень электромагнитных излучений. Аппаратура является радиоприемным устройством и не является источником мощного электромагнитного излучения.

Биологические опасные и вредные производственные факторы– бактерии, вирусы, грибы и т.п. Биологических опасных факторов нет.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:

а) физические перегрузки:

1) статические;

2) динамические.

Аппаратура в рабочем состоянии при нормальных условиях труда не является источником статических и динамических физических перегрузок.

б) нервно-психические перегрузки:

- 1) умственное перенапряжение;
- 2) перенапряжение анализаторов;
- 3) монотонность труда;
- 4) эмоциональные перегрузки.

Аппаратура в рабочем состоянии при нормальных условиях труда не является источником нервно-психических перегрузок.

5.2 Анализ условий эксплуатации проектируемого устройства

Проектируемая аппаратура является стационарным устройством, которое размещается в металлическом корпусе. Изделие должно быть изготовлено в соответствии с ГОСТ 15150-69 "Исполнение для различных климатических районов" [11]. Устройство предназначено для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

Климатические условия эксплуатации:

- рабочая температура от минус 10 °С до плюс 50 °С;
- предельная температура от минус 50 °С до плюс 65 °С;

– относительная влажность 98% при температуре плюс 25 °С.

5.3 Соответствие проектируемой системы требованиям безопасности

Разрабатываемая система как электротехническое изделие соответствует требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75 "Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности" [12].

По способу защиты человека от поражения электрическим током аппарата относится к III классу защиты, так как в изделии используется безопасное сверхнизкое напряжение в электрических цепях (27 В).

Разрабатываемое изделие представляет собой узел, входящий в состав шкафа аппаратуры вторичного канала. Система функционирует без участия человека. Электрическая схема изделия исключает возможность его самопроизвольного включения и отключения. Конструкция изделия исключает возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей, у потребителя используется соответствующий разъем, что обеспечивает удобство и безопасность при выполнении механосборочных работ и проведения обслуживания за счет маркировки разъемов. Также в системе существуют зануление металлических нетоковедущих частей изделия.

Человек в роли наблюдателя, или диспетчера может управлять и контролировать ПРД ВК на мониторе ПЭВМ, используя разработанное программное обеспечение. ПЭВМ должен соответствовать требованиям ГОСТ 27201-87 "Машины вычислительные электронные персональные. Типы, основные параметры, общие технические требования". Рабочее место диспетчера должно быть организовано в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" [13].

Пожарная безопасность обеспечена мерами пожарной профилактики и устройствами пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.1.004 - 91. "По-

жарная безопасность. Общие требования" [14]. Для исключения возможности возникновения пожара необходимо выполнять следующие правила:

- следить за исправностью оборудования, надежностью контактов;
- систематически производить чистку вентиляционных каналов от пыли и проверку системы вентиляции;
- при пользовании системой терморегулирования строго соблюдать требования инструкции по эксплуатации;
- иметь вблизи от изделий полный комплект исправных средств пожаротушения (огнетушители углекислотные, лопата, лом и так далее);
- не хранить в контейнере горючие и легковоспламеняющиеся вещества и посторонние предметы.

Изделие соответствует требованиям эргономики и эстетики, и обеспечивает удобство и безопасность работы.

В процессе разработки и внедрения СКиУ, в частности, при отладке функций обработки и формирования сигналов, необходимость в передатчике отсутствует, поэтому электромагнитные излучения радиочастотного диапазона не имеют места быть. Разрабатываемая система контроля и управления в настоящее время является актуальной, и в дальнейшем будет активно внедряться в составе диспетчерского радиолокатора "АОРЛ-1АС" на территории России.

6 Организационно-экономический раздел

Целью данного раздела является планирование работ по созданию дипломного проекта. Для достижения этой цели применяется метод сетевого планирования и управления, используемый при оптимизации управления сложными комплексами работ. В рамках методов сетевого планирования и управления строится сетевая модель проекта – графическое описание плана работ, показывающее взаимосвязь между всеми работами, входящими в проект.

Цель построения сетевого графика – получение информации о плановых сроках выполнения работ.

Кроме того, в данном разделе делается оценка экономической эффективности выбранного пути решения задачи проекта, на основе расчета технико-экономических показателей.

6.1 Техничко-экономическое обоснование

Задачей дипломного проектирования является разработка системы контроля и управления входящей в состав ПРД ВК изделия АОРЛ-1С.

Повышение точности, обеспечение надежности и увеличение объема информации о нахождении летательных аппаратов ведет к усложнению и удорожанию аппаратуры управления полетами. Следствием создавшейся ситуации является поиск новых технических решений, которые позволят обеспечить требуемые точность и надежность радиолокационного оборудования.

Необходимость создания новой системы была продиктована необходимостью уменьшения габаритов составных узлов аппаратуры вторичного канала диспетчерского радиолокатора, обеспечения безопасности движения самолетов.

Система контроля и управления позволяет сократить количество применяемых узлов в передатчике вторичного канала, за счет применения

новой элементной базы и новых схемных решений. Вследствие этого значительно уменьшаются габариты передатчика вторичного канала, входящего в состав аппаратуры вторичного канала, повышается надежность всей аппаратуры.

С экономической точки зрения необходимость разработки новой платы очевидна. За счет снижения количества используемых узлов, применения современной элементной базы и новых технологий происходит снижение трудозатрат при изготовлении аппаратуры радиолокатора, повышает его надежность и увеличивает срок службы.

6.2 Сетевое планирование

При создании объектов новой техники необходима координация деятельности некоторого числа научных работников и лаборантов. С целью обеспечения максимальной эффективности разработок деятельность всего коллектива должна быть скоординирована в плане, предусматривающем окончание всего комплекса работ в заданные сроки.

Данный метод основан на принципе графического изображения определенного комплекса работ, отражающего их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность. Модель процесса создания данного объекта изображается в виде ориентированного графа, называемого сетевым графиком (СГ).

6.2.1 Элементы сетевого графика

Событие – это момент времени, означающий окончание какой-либо работы и начало следующей. Событие может иметь следующие значения. Исходное событие – событие, означающие начало работы, является единственным событием;

Завершающее событие – событие, означающие окончание всех работ и достижение цели всего комплекса работ, единственное событие на сетевом графике;

Промежуточное событие – результат одной или нескольких работ позволяющих начать одну или несколько следующих за данной работой.

Событие не может свершиться, пока не закончатся все предшествующие ему работы. Пока не свершится данное событие, ни одна из работ, следующих за ним, не может начаться.

Работа – процесс, требующий определенного количества работников и времени. Любая работа сетевого графика связывает только два события;

Путь – определенная последовательность ряда выполненных работ. Продолжительность любого пути равна сумме работ, входящих в данный путь. Полный путь имеет максимальную продолжительность и его называют критическим. Продолжительность критического пути определяют, как общую продолжительность выполнения всего комплекса работ.

6.2.2 Перечень и параметры работ сетевого графика

Сетевой график строится на комплексе работ, выполняемых не одним, а несколькими исполнителями. Следовательно, некоторые работы выполняются параллельно.

Построение сетевого графика начинается с составления таблицы, содержащей перечень работ, исполнителей, продолжительность работ.

Продолжительность можно посчитать по трудоемкости этой работы и количеству исполнителей, но в большинстве случаев ее приходится оценивать по аналогии с предыдущими работами.

Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле:

$$t_{ijож} = 0.6t_{ijMIN} + 0.4t_{ijMAX}, \quad (5)$$

где $t_{ij\text{ож}}$ - ожидаемая продолжительность выполнения работ;

$t_{ij\text{MIN}}$ - минимальная оценка продолжительности выполнения работ;

$t_{ij\text{MAX}}$ - максимальная оценка продолжительности выполнения работ.

Среднеквадратическое отклонение (δ_{ij}) продолжительности выполнения работ в двухоченочной методике определяется по формуле:

$$\delta_{ij} = 0.2 \cdot (t_{ij\text{MAX}} - t_{ij\text{MIN}}). \quad (6)$$

Дисперсия определяется по формуле (7):

$$D_{ij} = 0.04 \cdot (t_{ij\text{MAX}} - t_{ij\text{MIN}})^2. \quad (7)$$

Результаты вычисления по формулам (5, 6, 7) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень работ сетевого графика

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн.			Исполнители, чел.			С.К.О. дн.	Дисперсия. дн ²
		мин.	макс	ожд.	Рук.	Инж.	Лаб.		
0,1	Получение и анализ технического задания	2	4	3	1	1	0	0,4	0,16
1,2	Подбор литературы по БЖД	2	4	3	0	0	1	0,4	0,16
1,4	Подбор научно-технической документации	2	5	4	0	1	1	0,6	0,36
2,3	Разработка требуемых мероприятий по БЖД	1	3	2	0	1	0	0,4	0,16
3,4	Обустройство рабочего места в соответствии с требованиями БЖД	1	3	2	0	1	1	0,4	0,16
4,5	Изучение принципа работы РЛС	1	3	2	0	1	0	0,4	0,16
4,7	Анализ научно-технической документации	3	5	4	0	1	1	0,4	0,16
5,6	Изучение алгоритмов управления РЛС	1	3	5	0	1	0	0,4	0,16
6,8	Изучение принципа работы аппаратуры вторичного канала	2	4	3	0	1	1	0,4	0,16
7,9	Выявление удачных технических решений	4	6	5	0	1	0	0,4	0,16
8,9	Детальное изучение принципа работы передатчика вторичного канала	2	4	3	1	1	0	0,4	0,16
9,10	Разработка общей логики работы системы	2	4	3	1	1	1	0,4	0,16
10,11	Повторение основы языка программирования VHDL	2	4	3	0	1	0	0,4	0,16

Продолжение таблицы 4

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн.			Исполнители, чел.			С.К.О. дн.	Дисперсия. дн ²
		мин.	макс	ожид.	Рук.	Инж.	Лаб.		
10,12	Составление структурной схемы	2	3	3	0	1	1	0,2	0,04
11,13	Детальное изучение аппаратных и программных возможностей ПЛИС	5	8	7	0	1	0	0,6	0,36
12,15	Подбор элементной базы, выбор управляющих устройств	3	6	5	1	1	1	0,6	0,36
13,14	Разработка общей логики работы программы ПЛИС	4	6	5	1	1	0	0,4	0,16
14,16	Написание программного обеспечения для ПЛИС	9	14	12	0	1	0	1	1,00
15,17	Разработка схемы электрической принципиальной	5	9	6	1	1	0	0,8	0,64
16,17	Исправление ошибок в программе для ПЛИС	4	6	5	0	1	0	0,4	0,16
17,18	Оформление схемы электрической принципиальной	4	5	5	0	1	0	0,2	0,04
18,19	Разработка печатной платы	8	12	10	0	1	1	0,8	0,64
18,20	Оформление раздела БЖД	2	4	3	0	1	0	0,4	0,16
19,20	Отладка работы устройства в целом	10	12	11	0	1	1	0,4	0,16
20,21	Расчет экономической части	2	6	4	1	1	0	0,8	0,64
20,22	Подготовка презентации	2	4	3	0	1	0	0,4	0,16
21,22	Оформление экономической части	2	4	3	0	1	0	0,4	0,16
22,23	Написание пояснительной записки	16	20	18	1	1	0	0,8	0,64
22,24	Расчет показателей эффективности	1	1	1	0	1	0	0	0
23,24	Приведение ПЗ в соответствие с требованиями ЕСКД	2	5	4	0	1	1	0,6	0,36
24,25	Сдача дипломного проекта	1	1	1	0	1	0	0	0

По данному перечню работ строим сетевой график ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.297.00 Д5.

6.2.3 Расчет параметров событий сетевого графика

Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю. Ранний срок свершения данного промежуточного события рассчитывается путем сравнения сумм, состоящих из раннего срока свершения события, непосредственно предшествующего данному, и времени работы, соеди-

няющей эти два события. Так как данное событие не может свершиться, пока не закончится последняя из предшествующих ему работ, то в качестве раннего срока свершения события принимается максимальная из сравниваемых сумм.

Ранний срок свершения события определяется по формуле:

$$T_{pj} = \max(T_{pi} + t_{ij\text{ож}}), \quad (8)$$

где T_{pj} - ранний срок свершения j -ого события;

T_{pi} - ранний срок свершения предшествующего i -ого события;

$t_{ij\text{ож}}$ - ожидаемая продолжительность выполнения работы ij .

В качестве раннего срока свершения события принимается максимальная из сравниваемых сумм.

Рассчитанный по формуле (8) ранний срок свершения завершающего события всего СГ принимается в качестве его же позднего срока свершения.

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. Поздний срок свершения события равен минимуму из подсчитанных разностей.

Поздний срок свершения события определяется по формуле:

$$T_{pi} = \min(T_{pj} + t_{ji\text{ож}}), \quad (9)$$

где T_{pi} - поздний срок свершения i -ого события;

T_{pj} - поздний срок свершения предшествующего j -ого события;

$t_{ji\text{ож}}$ - ожидаемая продолжительность выполнения работы.

В качестве позднего срока свершения события принимается минимальная из сравниваемых сумм.

Резерв времени образуется у тех событий, для которых поздний срок свершения события больше раннего, и он равен их разности. Если же эти

сроки равны, событие резервом времени не обладает и, следовательно, лежит на критическом пути (КП).

Резерв времени R_i , определяется по формуле:

$$R_i = T_{pi} - T_{pj}. \quad (10)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5– Параметры событий сетевого график

№ события	Сроки свершения, дн.		Резерв времени, дн.	№ события	Сроки свершения, дн.		Резерв времени, дн.
	ранний	поздний			ранний	поздний	
0	0	0	0	13	36	36	0
1	3	3	0	14	41	41	0
2	6	6	0	15	34	52	14
3	8	8	0	16	53	53	0
4	10	10	0	17	58	58	0
5	12	12	0	18	63	63	0
6	17	17	0	19	73	73	0
7	14	18	4	20	84	84	0
8	20	20	0	21	88	88	0
9	23	23	0	22	91	91	0
10	26	26	0	23	109	109	0
11	29	29	0	24	113	113	0
12	29	47	14	25	114	114	0

6.2.4 Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы равен раннему сроку свершения ее начального события:

$$T_{pni} = T_{pi}. \quad (11)$$

Поздний срок начала работы равен разности между поздним сроком свершения ее конечного события и ожидаемой продолжительностью работы:

$$T_{пni} = T_{пj} - t_{ijож}. \quad (12)$$

Ранний срок окончания работы равен сумме раннего срока свершения ее начального события и ожидаемой продолжительности работы:

$$T_{poi} = T_{pi} + t_{ijож}. \quad (13)$$

Поздний срок окончания работы равен позднему сроку свершения ее конечного события:

$$T_{\text{поij}} = T_{\text{пj}} \quad (14)$$

Полный резерв времени работы, $R_{\text{пij}}$, определяется по формуле:

$$R_{\text{пij}} = T_{\text{поij}} - T_{\text{рпij}} - t_{\text{ijож}} \quad (15)$$

Частный резерв времени первого рода, $R_{\text{пij}}^1$, определяется по формуле:

$$R_{\text{пij}}^1 = T_{\text{пj}} - T_{\text{пi}} - t_{\text{ijож}} \quad (16)$$

Частный резерв времени второго рода, $R_{\text{пij}}^2$, определяется по формуле:

$$R_{\text{пij}}^2 = T_{\text{рj}} - T_{\text{рi}} - t_{\text{ijож}} \quad (17)$$

Свободный резерв времени работы, $R_{\text{сij}}$, определяется по формуле:

$$R_{\text{сij}} = T_{\text{рj}} - T_{\text{пi}} - t_{\text{ijож}} \quad (18)$$

Количество событий n_c в сетевом графике, включая исходное: $n_c=25$.

Количество работ n_p в сетевом графике: $n_p = 31$. Коэффициент сложности сетевого графика, k_c , определяется по формуле:

$$k_c = \frac{n_p}{n_c} = 1,24, \quad (19)$$

где n_c - количество событий СГ, включая исходное;

n_p - количество работ.

Критический путь $L_{\text{кр}}$ в СГ проходит через события и работы, не обладающие резервами времени, и имеет, следовательно, максимальную продолжительность $t_{\text{кр}}$, равную сроку свершения завершающего события – $t_{\text{кр}} = 89$ дней.

Величина коэффициента напряженности $k_{\text{н}(i,j)}$ подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу.

Для работ, лежащих на критическом пути, коэффициент напряженности $K_{н(i,j)}$ равен единице. Результаты вычислений приведены в таблице 6.

Таблица 6—Параметры работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэффициент напряженности
		ранний	поздний	ранний	поздний	полный	частный 1 рода	частный 2 рода	свободный	
0,1	3	0	0	3	3	0	0	0	0	1,00
1,2	3	3	3	6	6	0	0	0	0	1,00
1,4	4	3	7	6	10	3	3	3	3	0,97
2,3	2	6	6	8	8	0	0	0	0	1,00
3,4	2	8	8	10	10	0	0	0	0	1,00
4,5	2	10	10	12	12	0	0	0	0	1,00
4,7	4	10	14	14	18	4	4	0	0	0,69
5,6	5	12	12	17	17	0	0	0	0	1,00
6,8	3	17	17	20	20	0	0	0	0	1,00
7,9	5	14	19	18	23	4	0	4	0	0,69
8,9	3	20	20	23	23	0	0	0	0	1,00
9,10	3	23	23	26	26	0	0	0	0	1,00
10,11	3	26	26	29	29	0	0	0	0	1,00
10,12	3	26	29	44	47	18	18	0	0	0,125
11,13	7	29	29	36	36	0	0	0	0	1,00
12,15	5	29	34	47	52	18	0	0	-18	0,125
13,14	5	36	36	41	41	0	0	0	0	1,00
14,16	12	41	41	53	53	0	0	0	0	1,00
15,17	6	34	40	52	58	18	0	18	0	0,125
16,17	5	53	53	58	58	0	0	0	0	1,00
17,18	5	58	58	63	63	0	0	0	0	1,00
18,19	10	63	63	73	73	0	0	0	0	1,00
18,20	3	63	66	81	84	18	18	18	18	0,142
19,20	11	73	73	84	84	0	0	0	0	1,00
20,21	4	84	84	88	88	0	0	0	0	1,00
20,22	3	84	87	88	91	4	4	4	4	0,43
21,22	3	88	88	91	91	0	0	0	0	1,00
22,23	18	91	91	109	109	0	0	0	0	1,00
22,24	1	91	92	112	113	21	21	21	21	0,045
23,24	4	109	109	113	113	0	0	0	0	1,00
24,25	1	113	113	114	114	0	0	0	0	1,00

6.3 Техничко-экономические расчёты

6.3.1 Расчёт стоимостных параметров сетевого графика

Введём должностные оклады персонала и вычислим коэффициенты перерасчёта. Результаты занесем в таблицу 7.

Таблица 7 - Должностные оклады и коэффициенты перерасчёта

Категория персонала	Месячный оклад, руб./мес.	Коэффициенты
Руководитель	24000	0,42
Инженер	10000	1,00
Лаборант	6000	1,67

Статьи затрат на проектирование предоставлены в таблице 8.

Таблица 8 - Затраты на проектирование

Наименование	Стоимость затрат, руб.
Основная заработная плата инженера	10000,0
Дополнительная заработная плата	1200,0
Отчисления на соцстрахование	604,8
Стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов	7000,0
Накладные расходы	8500,0
Командировочные расходы	0,0
Контрагентские услуги сторонних организаций	0,0
Стоимость оборудования и приборов	6000,0
Итого:	33304,8

Рассчитаем трудоёмкость и сметную стоимость работ СГ, результаты занесём в таблицу 9.

Приведённая численность (инж.) рассчитывается так:

$$Ч = Ч_{рук} \cdot k_{рук} + Ч_{инж} + Ч_{лаб} \cdot k_{лаб} \quad (20)$$

Приведённая трудоёмкость (инж-дн.):

$$T = Ч \cdot t_{ijож} \quad (21)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

Среднедневная зарплата инженера (руб./дн.):

$$C = \frac{Z_{осн} + Z_{доп}}{24} = 466,67. \quad (22)$$

Среднедневные прочие затраты (руб.):

$$C_3 = \frac{\sum \text{всех статей затрат} - Z_{осн} - Z_{доп}}{24} = 941,87. \quad (23)$$

Стоимость одного инж-дня (руб./дн.):

$$C_{u/d} = \frac{\sum \text{всех статей затрат}}{24} = 1408,53. \quad (24)$$

$$\text{Сметная стоимость работы (руб.): } C_{см} = C_{u/d} \cdot T. \quad (25)$$

Таблица 9 – Трудоёмкость и сметная стоимость работ СГ

Код работы	Ожидаемая производительность, дн	Категория персонала			Приведенная численность, инж	Приведенная трудоёмкость, инж-дн	Сметная стоимость работы, руб
		Рук.	Инж.	Лаб.			
0,1	3	1	1	0	1,42	4,26	4225,59
1,2	3	0	0	1	1,67	5,01	4225,59
1,4	4	0	1	1	2,67	10,68	5634,12
2,3	2	0	1	0	1,00	2,00	2817,06
3,4	2	0	1	1	2,67	5,34	2817,06
4,5	2	0	1	0	1,00	2,00	2817,06
4,7	4	0	1	1	2,67	10,68	5634,12
5,6	5	0	1	0	1,00	5,00	7042,65
6,8	3	0	1	1	2,67	8,01	4225,59
7,9	5	0	1	0	1,00	5,00	7042,65
8,9	3	1	1	0	1,42	4,26	4225,59
9,10	3	1	1	1	3,09	9,27	4225,59
10,11	3	0	1	0	1,00	3,00	4225,59
10,12	3	0	1	1	2,67	8,01	4225,59
11,13	7	0	1	0	1,00	7,00	9859,71
12,15	5	1	1	1	3,09	15,45	7042,65
13,14	5	1	1	0	1,42	7,100	7042,65
14,16	12	0	1	0	1,00	12,00	16902,36
15,17	6	1	1	0	1,42	8,52	8451,18
16,17	5	0	1	0	1,00	5,00	7042,65

Продолжение таблицы 9

Код работы	Ожидаемая продолжительность, дн	Категория персонала			Приведенная численность, инж	Приведенная трудоемкость, инж-дн	Сметная стоимость работы, руб
		Рук.	Инж.	Лаб.			
17,18	5	0	1	0	1,00	5,00	7042,65
18,19	10	0	1	1	2,67	26,7	14085,30
18,20	3	0	1	0	1,00	3,00	4225,59
19,20	11	0	1	1	2,67	29,37	15493,83
20,21	4	1	1	0	1,42	5,68	5634,12
20,22	3	0	1	0	1,00	3,00	4225,59
21,22	3	0	1	0	1,00	3,00	4225,59
22,23	18	1	1	0	1,42	25,56	25353,54
22,24	1	0	1	0	1,00	1,00	1408,53
23,24	4	0	1	1	2,67	10,68	5634,12
24,25	1	0	1	0	1,00	1,00	1408,53
Итого:							208462,4

6.3.2 Расчет затрат на разработку, внедрение и применение проекта

Расчет суммарных затрат на проект и производство продукции производится по следующей формуле:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{вн}} + Z_{\text{пп}}, \quad (26)$$

где $Z_{\text{пр}}$ — затраты на разработку технической документации проекта;

$Z_{\text{вн}}$ — затраты на внедрение проекта. Это деньги, которые придется потратить на приобретение материальных элементов необходимых для технической реализации проекта и заработная плата работников, занятых на монтаже, отладке и пуске разработанного объекта или устройства;

$Z_{\text{пп}}$ — затраты на производство готовой продукции.

Затраты на внедрение проекта

$$Z_{\text{вн}} = Z_{\text{зм}} + Z_{\text{зп}}, \quad (27)$$

где $Z_{\text{м}}$ — затраты на приобретение материальных элементов (деталей, узлов, комплектующих), которые будут необходимы для создания разработанного объекта или устройства;

$Z_{\text{зп}}$ — затраты на заработную плату работников, которые будут внедрять проект. Данные затраты принимаем как 40% от материальных затрат: $Z_{\text{зп}} = 0,4 \cdot Z_{\text{м}}$.

Стоимости деталей и материалов для изготовления разрабатываемого устройства представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Стоимость деталей и материалов

Наименование	Стоимость, руб.
Радиоэлементы (включая провода и кабели)	15247
Лист текстолита с двухсторонним медным покрытием	700
Припой ПОС-60	500
Корпус устройства (металл + пластик)	3000
Итого:	19447

Таким образом, затраты на внедрение

$$Z_{\text{вн}} = 19447 + (19447 \cdot 0,4) = 27225,8 \text{ руб.} \quad (28)$$

Затраты на производство готовой продукции (себестоимость) принимаются по данным предприятия:

$$Z_{\text{мн}} = 35345 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты:

$$Z_{\text{сум}} = 208462,4 + 27225,8 + 35345 = 271033,2 \text{ руб.}$$

6.3.3 Расчет величины экономического эффекта и срока окупаемости

Система контроля и управления передатчиком вторичного канала не является самостоятельной товарной единицей — она входит в состав аппа-

ратуры вторичного канала, которая, в свою очередь, поставляется в комплекте с радиолокаторами различных модификаций для гражданской и оборонной промышленности.

Экономический эффект от реализации одного устройства, таким образом, обусловлен снижением затрат на производство нового устройства по сравнению со старым:

$$\mathcal{E} = (C_{стар} - C_{нов}) \cdot Q, \quad (29)$$

где Q — число экземпляров устройства, производимых за год;

$C_{стар}$ — стоимость старого оборудования, входящего в состав ПРД ВК.

$C_{нов}$ — себестоимость разработанного устройства.

В старом ПРД ВК функции системы контроля и управления выполняют 3 узла, суммарная себестоимость которых оценивается в 66822 руб. За год планируется произвести 5 экземпляров АВК. Таким образом, экономический эффект равен:

$$\mathcal{E} = (66822 - 35345) \cdot 5 = 157385 \text{ рублей.}$$

Теперь можно вычислить срок окупаемости.

$$T_{ок} = \frac{Z_{пр} + Z_{вн}}{\mathcal{E}} = \frac{208462,4 + 27225,8}{157385} = 1,49 \text{ года.} \quad (30)$$

Дополнительным аргументом в пользу экономической целесообразности данной разработки является также и то, что устройство обладает большим потенциалом для расширения функционала при относительно малых затратах вследствие того, что основная логика работы устройства реализована программными, а не аппаратными средствами и может быть перепрограммирована.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте, согласно техническому заданию была разработана система контроля и управления, предназначенная для формирования команд управления передатчиком вторичного канала, контроля его работоспособности и индикации состояния. Разработка преимущественно осуществлена на базе современных специализированных микросхем. Кроме аппаратуры разработано программное обеспечение на ПЛИС.

Была разработана электрическая принципиальная схема ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.894.00 ЭЗ.

Разработанный программно-аппаратный комплекс соответствует всем требованиям по технике безопасности.

В организационно-экономическом разделе были рассчитаны основные экономические показатели.

Разработанное устройство имеет широкий потенциал для расширения функционала как в рамках разрабатываемой системы контроля и управления, так и для выполнения прочих задач, связанных с цифровой обработкой и формированием сигналов, поскольку основная логика работы устройства реализована программными, а не аппаратными средствами и может быть перепрограммирована.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2017.297.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Документация на компоненты и программное обеспечение ф. Altera — <http://altera.com>
2. Документация на компоненты ф. Jauch — <http://jauch.com>
3. Документация на компоненты ф. Analog Devices — <http://analog.com>
4. Документация на компоненты ф. Avago Technologies — <http://avagotech.com>
5. Документация на компоненты ф. Integral — <http://integral.by>
6. Документация на компоненты и программное обеспечение ф. Atmel — <http://atmel.com>
7. Документация на компоненты ф. Texas Instruments — <http://ti.com>
8. Документация на компоненты ф. Ирбис — <http://mmp-irbis.ru>
9. Документация на компоненты ф. Kingbright — <http://kingbright.com>
10. ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ "Опасные и вредные производственные факторы. Классификация".
11. ГОСТ 15150 - 69 "Исполнение для различных климатических районов"
12. ГОСТ 12.2.007 - 75 ССБТ "Изделия электротехнические. Общие требования безопасности".
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".
14. ГОСТ 12.1.004 - 91 "Пожарная безопасность. Общие требования".
15. Michael C. Stevens. Secondary Surveillance Radar. — Artech House, 1988. — 300 с.:ил.
16. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Авиационная электросвязь. Том IV. Системы наблюдения и предотвращения столкновений. — Издание 5. Июль 2014 г. — Международная организация гражданской авиации.

17. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1983. — 536 с., ил.
18. Айфичер Э. С., Джервис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. — А.: Издательский дом "Вильямс", 2004. — 992 с. : ил.
19. U.A.Bakshi, A.P.Godse. Analog And Digital Electronics — Technical Publications, 2009 — 940 с.
20. Ивченко В.Г. Применение языка VHDL при проектировании специализированных СБИС — Таганрог: ТРТУ, 2015.— 80 с.
21. Cyclone II Device Handbook, Vol. 1, 2. — © 2008 Altera Corporation. — 600 с.
22. Боброва А. Ф., Баев Л. А., Лелекова С. Ю. Экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. — 19 с.: ил.
23. Документация на компоненты ф.Vishay — <http://vishay.com>

Приложение А

Листинг кода для ПЛИС

```
1 -- "Система контроля и управления"  
2 -- The system of control and checking  
3  
4 -- Назначение выводов ПЛИС  
5 -- clk          - clk          - Pin 183  
6  
7 -- input_line(15) - in(15)    - Pin 101 - XS1:21C - Ава-  
рия возб. 2  
8 -- input_line(14) - in(14)    - Pin 100 - XS1:21B - Ава-  
рия запуска 2  
9 -- input_line(13) - in(13)    - Pin 99  - XS1:20C - Ава-  
рия возб. 1  
10 -- input_line(12) - in(12)    - Pin 97  - XS1:19B - Ава-  
рия запуска 1  
11 -- input_line(11) - in(11)    - Pin 96  - XS1:19C - ОТКЛ  
2 компл. (1)  
12 -- input_line(10) - in(10)    - Pin 95  - XS1:18B - ОТКЛ  
1 компл. (1)  
13 -- input_line(9)  - in(9)     - Pin 94  - XS1:16C - ОТКЛ  
ПРД ДУ  
14 -- input_line(8)  - in(8)     - Pin 93  - XS1:20B - ВКЛ  
ПРД ДУ  
15 -- input_line(7)  - in(7)     - Pin 92  - XS1:27A - Ре-  
монт на ДУ  
16 -- input_line(6)  - in(6)     - Pin 90  - XS1:25C - ДУ  
17 -- input_line(5)  - in(5)     - Pin 89  - XS1:26B - Сброс  
аварий
```

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- 18 -- *input_line(4)* - *in(4)* - *Pin 88* - *XS1:27B* - *Мощность Запрос/Подавл.*
- 19 -- *input_line(3)* - *in(3)* - *Pin 87* - *XS1:27C* - *Ре-
монт*
- 20 -- *input_line(2)* - *in(2)* - *Pin 86* - *XS1:28B* - *Выбор
комплекта ДУ*
- 21 -- *input_line(1)* - *in(1)* - *Pin 85* - *XS1:28C* - *ОТКЛ
ПРД*
- 22 -- *input_line(0)* - *in(0)* - *Pin 83* - *XS1:29B* - *ВКЛ
ПРД*
- 23
- 24 -- *input_bidir_line(7)* - *in(23)* - *Pin 115* - *XS1:18C* -
Вх./Вых. 7
- 25 -- *input_bidir_line(6)* - *in(22)* - *Pin 114* - *XS1:17C* -
Вх./Вых. 6
- 26 -- *input_bidir_line(5)* - *in(21)* - *Pin 113* - *XS1:17B* -
Вх./Вых. 5
- 27 -- *input_bidir_line(4)* - *in(20)* - *Pin 112* - *XS1:19A* -
Вх./Вых. 4
- 28 -- *input_bidir_line(3)* - *in(19)* - *Pin 111* - *XS1:15B* -
Вх./Вых. 3
- 29 -- *input_bidir_line(2)* - *in(18)* - *Pin 104* - *XS1:15C* -
Вх./Вых. 2
- 30 -- *input_bidir_line(1)* - *in(17)* - *Pin 103* - *XS1:24A* -
Вх./Вых. 1
- 31 -- *input_bidir_line(0)* - *in(16)* - *Pin 102* - *XS1:16B* -
Вх./Вых. 0
- 32

33 -- output_bidir_line(7) - out(15) - Pin 139 - XS1:18C -
Вх./Вых. 7

34 -- output_bidir_line(6) - out(14) - Pin 136 - XS1:17C -
Вх./Вых. 6

35 -- output_bidir_line(5) - out(13) - Pin 135 - XS1:17B -
Вх./Вых. 5

36 -- output_bidir_line(4) - out(12) - Pin 134 - XS1:19A -
Вх./Вых. 4

37 -- output_bidir_line(3) - out(11) - Pin 133 - XS1:15B -
Вх./Вых. 3

38 -- output_bidir_line(2) - out(10) - Pin 132 - XS1:15C -
Вх./Вых. 2

39 -- output_bidir_line(1) - out(9) - Pin 131 - XS1:24A -
Вх./Вых. 1

40 -- output_bidir_line(0) - out(8) - Pin 128 - XS1:16B -
Вх./Вых. 0

41

42 -- input_control_line(17) - dt(17) - Pin 174 - XS1:29C -
ПУМ 2 Контроль +36 В

43 -- input_control_line(16) - dt(16) - Pin 173 - XS1:30A -
ПУМ 1 Контроль +36 В

44 -- input_control_line(15) - dt(15) - Pin 172 - XS1:5B -
ПУМ 2 Контроль +50 В

45 -- input_control_line(14) - dt(14) - Pin 170 - XS1:9C -
ПУМ 1 Контроль +50 В

46 -- input_control_line(13) - dt(13) - Pin 169 - XS1:5A -
ВУМ 4 Контроль +50 В

47 -- input_control_line(12) - dt(12) - Pin 168 - XS1:6B -
ВУМ 3 Контроль +50 В

- 48 -- *input_control_line(11)* - *dt(11)* - *Pin 167* - *XS1:5C*
 - *ВУМ 2 Контроль +50 В*
- 49 -- *input_control_line(10)* - *dt(10)* - *Pin 163* - *XS1:4A*
 - *ВУМ 1 Контроль +50 В*
- 50 -- *input_control_line(9)* - *dt(9)* - *Pin 160* - *XS1:10C*
 - *ПУМ 2 отраженная*
- 51 -- *input_control_line(8)* - *dt(8)* - *Pin 150* - *XS1:9B*
 - *ПУМ 2 падающая*
- 52 -- *input_control_line(7)* - *dt(7)* - *Pin 149* - *XS1:10B*
 - *ПУМ 1 отраженная*
- 53 -- *input_control_line(6)* - *dt(6)* - *Pin 148* - *XS1:7C*
 - *ПУМ 1 падающая*
- 54 -- *input_control_line(5)* - *dt(5)* - *Pin 147* - *XS1:8B*
 - *ВУМ 4 огибающая*
- 55 -- *input_control_line(4)* - *dt(4)* - *Pin 144* - *XS1:8C*
 - *ВУМ 3 огибающая*
- 56 -- *input_control_line(3)* - *dt(3)* - *Pin 143* - *XS1:4C*
 - *ВУМ 2 огибающая*
- 57 -- *input_control_line(2)* - *dt(2)* - *Pin 142* - *XS1:6C*
 - *ВУМ 1 огибающая*
- 58 -- *input_control_line(1)* - *dt(1)* - *Pin 141* - *XS1:2C*
 - *Огуб. запроса*
- 59 -- *input_control_line(0)* - *dt(0)* - *Pin 140* - *XS1:3C*
 - *Огуб. подавл.*
- 60
- 61 -- *smc_ale* - *ale* - *Pin 17* - *SMC*
- 62 -- *smc_nwr* - *nwr* - *Pin 18* - *SMC*
- 63 -- *smc_nrd* - *nrd* - *Pin 24* - *SMC*
- 64 -- *smc_ack* - *done* - *Pin 26* - *SMC*

- 65 -- *smc_failure* - *work* - Pin 176
- 66 -- *mode(2)* - *p(2)* - Pin 29 - XS1:42C - Режим 2
- 67 -- *mode(1)* - *p(1)* - Pin 28 - XS1:37A - Режим 1
- 68 -- *mode(0)* - *p(0)* - Pin 27 - XS1:38A - Режим 0
- 69 -- *button* - *test* - Pin 73 - Кнопка "ТЕСТ" на передней панели
- 70
- 71 -- *clk_enable* - *eng* - Pin 175 - Управление тактовым генератором (1 - ВКЛ)
- 72 -- *smc_clk* - *clksmc* - Pin 75 - Тактовая частота для SMC
- 73 -- *smc_interrupt* - *intr* - Pin 25
- 74 -- *smc_control* - *ctrl1* - Pin 74
- 75
- 76 -- *output_line(7)* - *out(7)* - Pin 127 - XS1:13C - Перекл. 1/2 компл.
- 77 -- *output_line(6)* - *out(6)* - Pin 126 - XS1:12B - ВКЛ ВК (1)
- 78 -- *output_line(5)* - *out(5)* - Pin 125 - XS1:13B - Нет резерва
- 79 -- *output_line(4)* - *out(4)* - Pin 122 - XS1:14C - Авария ВК
- 80 -- *output_line(3)* - *out(3)* - Pin 121 - XS1:7B - Норма 2 комплекта
- 81 -- *output_line(2)* - *out(2)* - Pin 120 - XS1:11B - Норма 1 комплекта

82 -- output_line(1) - out(1) - Pin 119 - XS1:11C - Решение изл. 2

83 -- output_line(0) - out(0) - Pin 116 - XS1:12C - Решение изл. 1

84

85

86

87 -- front_panel_led(2) - norm - Pin 71 - Светодиод "НОРМА" на передней панели

88 -- front_panel_led(1) - tmode - Pin 70 - Светодиод "ТК" на передней панели

89 -- front_panel_led(0) - mode - Pin 177 - Светодиод "РАБОТА" на передней панели

90

91 -- display_led(7) - indout(7) - Pin 41 - XS1:34B - Инд. "2"

92 -- display_led(6) - indout(6) - Pin 40 - XS1:34C - Инд. "1"

93 -- display_led(5) - indout(5) - Pin 39 - XS1:33B - Инд. "РЕМОНТ"

94 -- display_led(4) - indout(4) - Pin 38 - XS1:31B - Инд. "МУ"

95 -- display_led(3) - indout(3) - Pin 37 - XS1:30B - Инд. "ДУ"

96 -- display_led(2) - indout(2) - Pin 36 - XS1:30C - Инд. "АВАРИЯ"

97 -- display_led(1) - indout(1) - Pin 31 - XS1:39B - Инд. "УХУДШЕНИЕ"

98 -- *display_led(0) - indout(0) - Pin 30 - XS1:39C - Инд. "НОРМА"*

99

100 -- *display_2x7_segment(15) - a(7) - Pin 56 - XS1:38C - Инд. 1 dp*

101 -- *display_2x7_segment(14) - a(6) - Pin 55 - XS1:38B - Инд. 1 g*

102 -- *display_2x7_segment(13) - a(5) - Pin 54 - XS1:32B - Инд. 1 f*

103 -- *display_2x7_segment(12) - a(4) - Pin 53 - XS1:32C - Инд. 1 e*

104 -- *display_2x7_segment(11) - a(3) - Pin 47 - XS1:35C - Инд. 1 d*

105 -- *display_2x7_segment(10) - a(2) - Pin 46 - XS1:33C - Инд. 1 c*

106 -- *display_2x7_segment(9) - a(1) - Pin 45 - XS1:36B - Инд. 1 b*

107 -- *display_2x7_segment(8) - a(0) - Pin 44 - XS1:31C - Инд. 1 a*

108 -- *display_2x7_segment(7) - b(7) - Pin 65 - XS1:40C - Инд. 2 dp*

109 -- *display_2x7_segment(6) - b(6) - Pin 64 - XS1:40B - Инд. 2 g*

110 -- *display_2x7_segment(5) - b(5) - Pin 63 - XS1:41C - Инд. 2 f*

111 -- *display_2x7_segment(4) - b(4) - Pin 62 - XS1:41B - Инд. 2 e*

112 -- *display_2x7_segment(3) - b(3) - Pin 61 - XS1:37C - Инд. 2 d*

```

113 -- display_2x7_segment(2) - b(2) - Pin 60 - XS1:36C -
Инд. 2 с
114 -- display_2x7_segment(1) - b(1) - Pin 58 - XS1:35B -
Инд. 2 b
115 -- display_2x7_segment(0) - b(0) - Pin 57 - XS1:37B -
Инд. 2 а
116
117 -- display_data          - idout          - Pin 67 - XS1:43B -
ID
118 -- display_clk          - iclkout          - Pin 68 - XS1:43C -
ICLK
119 -- display_strobe       - istrout          - Pin 69 - XS1:42B -
ISTROB
120
121 -- smc_ad_bus(7)         - ad(7)           - Pin 15 - SMC PA7
122 -- smc_ad_bus(6)         - ad(6)           - Pin 14 - SMC PA6
123 -- smc_ad_bus(5)         - ad(5)           - Pin 13 - SMC PA5
124 -- smc_ad_bus(4)         - ad(4)           - Pin 12 - SMC PA4
125 -- smc_ad_bus(3)         - ad(3)           - Pin 11 - SMC PA3
126 -- smc_ad_bus(2)         - ad(2)           - Pin 9  - SMC PA2
127 -- smc_ad_bus(1)         - ad(1)           - Pin 8  - SMC PA1
128 -- smc_ad_bus(0)         - ad(0)           - Pin 7  - SMC PA0
129
130
131 library ieee;
132 use ieee.std_logic_1164.all;
133 --use ieee.std_logic_unsigned.all;
134 --use ieee.std_logic_arith.all;
135 --USE ieee.numeric_std.all;

```

```

136 LIBRARY lpm;
137 USE lpm.lpm_components.all;
138
139 -----
140 entity dcc_top is
141 -- generic
142 -- (
143 --     clock_frequence_value : natural := 50 -- Value in
MHz
144 -- );
145 port
146 (
147     -- Inputs:
148     clk : in std_logic;    -- System clock (50 MHz)
-- clk
149     input_line : in std_logic_vector(15 downto 0);
-- in[15..0]
150     input_control_line : in std_logic_vector(17 downto 0);
-- dt[17..0]
151     input_bidir_line : in std_logic_vector(7 downto 0);
-- in[23..16]
152     smc_ale      : in std_logic;    -- SMC adress Latch
enable -- ale
153     smc_nwr      : in std_logic;    -- SMC write enable
-- nwr
154     smc_nrd      : in std_logic;    -- SMC read enable
-- nrd
155     smc_ack      : in std_logic;    -- SMC acknowledge
-- done

```

```

156     smc_failure : in std_logic;    -- SMC failure
-- work
157     mode       : in std_logic_vector(2 downto 0); --
-- p[2..0]
158     button     : in std_logic;    -- test
159     -- Outputs:
160     clk_enable  : out std_logic;   -- Enable clock gener-
ator (50 MHz)    -- eng
161     smc_clk     : out std_logic;   -- SMC clock
-- clksmc
162     smc_interrupt : out std_logic;-- SMC interrupt re-
quest -- intr
163     smc_control : out std_logic;   -- SMC control
-- ctrl1
164     output_line : out std_logic_vector(7 downto 0);
-- out[7..0]
165     output_bidir_line: out std_logic_vector(7 downto
0);-- out[15..8]
166     front_panel_led : out std_logic_vector(2 downto
0);-- norm, tmode, mode
167     display_led   : out std_logic_vector(7 downto 0); --
indout[7..0]
168     display_2x7_segment: out std_logic_vector(15 downto
0);- a[7..0], b[7..0]
169     display_data   : out std_logic;    -- idout
170     display_clk    : out std_logic;    -- iclkout
171     display_strobe: out std_logic;    -- istrout
172     -- Bidirectional:

```

```

173     smc_ad_bus      : inout std_logic_vector(7 downto 0) -
- SMC adress/data bus -- ad[7..0]
174
175 );
176 end;
177 -----
178
179
180 architecture rtl of dcc_top is
181
182     -- Схема формирования тактовых частот и сброса
183     component clock_control
184     port
185     (
186         clk          : in std_logic;
187         reset        : out std_logic;
188         clk_enable   : out std_logic;
189         smc_clk      : out std_logic;
190         clk2         : out std_logic;
191     --     clk_int    : out std_logic;
192         clk_control  : out std_logic;
193         clk_scan     : out std_logic;
194         clk_indication : out std_logic
195     );
196     end component;
197
198     -- Схема индикации
199     component indication_scheme
200     port

```



```

201  (
202      clk          : in std_logic;
203      clk_indication: in std_logic;
204      reset        : in std_logic;
205      distance     : in std_logic;
206  --      distance_channel_select : in std_logic;
207      repair       : in std_logic;
208      transmitter_on: in std_logic;
209      transmitter_radiation_on : in std_logic;
210      failure_code  : in std_logic_vector(15 downto 0);
211      failure       : in std_logic;
212      derating     : in std_logic;
213      norm         : in std_logic;
214  --      transmitter_off : in std_logic;
215  --      reset_failure   : in std_logic;
216      front_panel_led : out std_logic_vector(2 downto
217  --display_led      : out std_logic_vector(7 downto
218  0);
219  --led_du           : out std_logic; -- Светодиод ДУ
220  --led_mu           : out std_logic; -- Светодиод МУ
221  --led_1            : out std_logic; -- Светодиод 1
222  --led_2            : out std_logic; -- Светодиод 2
223  --led_repair       : out std_logic; -- Светодиод РЕМОНТ
224  --led_norm         : out std_logic; -- Светодиод НОРМА
225  --led_failed       : out std_logic; -- Светодиод АВАРИЯ
226  --led_deraiting    : out std_logic; -- Светодиод УХУДШЕ-
227  --НИЕ
228  --led_t_on        : out std_logic; -- Светодиод ВКЛ ПРД

```

```

227     display_2x7_segment : out std_logic_vector(15 down-
228 to 0)
229 );
229 end component;
230
231
232 -- Схема контроля (и обмена)
233 component control_scheme
234 port
235 (
236     -- Inputs:
237     clk           : in std_logic;    -- System clock (50
MHz)
238     clk_control   : in std_logic;    -- Частота контроля
239     clk_scan      : in std_logic;
240     clk2          : in std_logic;
241     reset        : in std_logic;    -- Сигнал сброса
242     power_malfunction : in std_logic; -- Сбой питания
(Нет сети)
243     mode_power_malfunction : in std_logic; -- Сбой пита-
ния (Нет сети)
244     mode_power_indication: in std_logic; -- Режим ин-
дикации
245     mode_distance  : in std_logic;   -- ДУ
246     mode_repair    : in std_logic;   -- РЕМОНТ
247     mode_radiation_off : in std_logic; -- Излучение
ОТКЛ (в ДУ)
248     mode_reset_failure : in std_logic; -- Сброс аварий
249     power_on         : in std_logic;  -- ВКЛ ПРД

```

```

250     power_off          : in std_logic;    -- ОТКЛ ПРД
251     launch_failure    : in std_logic;    -- Авария запуска
252     excitation_failure : in std_logic;    -- Авария воз-
будителя 1
253     input_control_line : in std_logic_vector(17 downto
0); -- Входы контроля
254     smc_wr             : in std_logic;
255     smc_rd             : in std_logic;
256     smc_ale           : in std_logic;
257     -- Outputs:
258     transmitter_power_on : out std_logic;  -- ВКЛ ПРД
ВК
259     transmitter_radiation_on: out std_logic;  -- ВКЛ
ИЗЛ ВК
260     failure_code      : out std_logic_vector(15 downto 0);
--
261     failure           : out std_logic;  -- Авария ВК
262     derating          : out std_logic;  -- Ухудшение
263     norm              : out std_logic;  -- Норма ВК
264     smc_interrupt     : out std_logic;
265     -- Bidir:
266     smc_data_io       : inout std_logic_vector(7 downto 0)
267 );
268 end component;
269
270 -- Схема выбора режима работы
271 component mode_control
272 port
273 (

```

```

274  -- Inputs:
275  clk          : in std_logic;  -- System clock (50
MHz)
276  clk_scan    : in std_logic;
277  reset       : in std_logic;  -- Сигнал сброса
278  transmitter_on : in std_logic; -- ВКЛ ПРД
279  transmitter_off : in std_logic; -- ОТКЛ ПРД
280  repair      : in std_logic;  -- Ремонт
281  power_indication_mode : in std_logic; -- Мощ-
ность Запрос/Подавление
282  reset_failure : in std_logic; -- Сброс аварий
283  distance     : in std_logic;  -- ДУ
284  distance_transmitter_on : in std_logic; -- ВКЛ ПРД
ДУ
285  distance_transmitter_off: in std_logic; -- ОТКЛ
ПРД ДУ
286  power_malfunction : in std_logic;
287  distance_radiation_off : in std_logic; -- ОТКЛ изл.
ДУ
288  -- Outputs:
289  mode_distance : out std_logic; -- Режим ДУ/МУ с бло-
кировкой в ремонте
290  mode_repair : out std_logic;  -- Режим РЕМОНТ с бло-
кировкой в ДУ
291  -- mode_transmitter_on : out std_logic; -- Режим
ВКЛ ПРД ВК
292  power_on     : out std_logic;
293  power_off    : out std_logic;

```

```

294     mode_radiation_off      : out std_logic;  -- Режим Из-
лучение ОТКЛ
295     mode_power_indication  : out std_logic;
296     mode_power_malfunction: out std_logic;
297     mode_reset_failure     : out std_logic   -- Режим
Сброс аварий
298 );
299 end component;
300
301
302 signal reset              : std_logic;
303 signal clk_control       : std_logic;
304 signal clk_scan          : std_logic;
305 signal clk_indication    : std_logic;
306 signal clk2              : std_logic;
307 -- signal clk_int       : std_logic;
308
309 signal distance          : std_logic;  -- ДУ
310 signal transmitter_on   : std_logic;  -- ВКЛ ПРД
311 signal transmitter_off : std_logic;  -- ОТКЛ ПРД
312 signal repair           : std_logic;  -- Ремонт
313 signal power_indication_mode : std_logic;  -- Мощность
Запрос/Подавление
314 signal reset_failure    : std_logic;  -- Сброс ава-
рий
315
316 signal launch_failure   : std_logic;  -- Авария за-
пуска

```

```

317  signal excitation_failure : std_logic;  -- Авария воз-
будителя
318  signal distance_transmitter_on : std_logic;  -- ВКЛ
ПРД ДУ
319  signal distance_transmitter_off: std_logic;  -- ОТКЛ
ПРД ДУ
320  signal distance_repair      : std_logic;  -- Ремонт на
ДУ
321
322  signal distance_radiation_on : std_logic;  -- ВКЛ изл.
ДУ
323  signal distance_radiation_off: std_logic;  -- ОТКЛ
изл. ДУ
324  signal power_malfunction    : std_logic;  -- Сбой пита-
ния (Нет сети)
325  signal transmitter_power_on: std_logic;  -- ВКЛ ПРД ВК
326  signal power_on      : std_logic;
327  signal power_off     : std_logic;
328
329  signal secondary_channel_norm : std_logic;  -- Норма
ВК
330  signal secondary_channel_failure: std_logic;  -- Ава-
рия ВК
331  signal secondary_channel_on    : std_logic;  -- ВКЛ ВК
(1)
332
333  signal derating      : std_logic;  -- Ухудшение
334  signal norm         : std_logic;  -- Норма
335  signal failure      : std_logic;

```

```

336
337  signal failure_code    : std_logic_vector(15 downto 0);
338  signal display_2x7_segment_code: std_logic_vector(15
downto 0);
339
340  signal smc_data_io     : std_logic_vector(7 downto 0);
341
342
343
344  signal mode_distance   : std_logic;  -- Режим ДУ/МУ с
блокировкой в ремонте
345  signal mode_repair    : std_logic;  -- Режим РЕМОНТ с
блокировкой в ДУ
346  signal mode_transmitter_on : std_logic;  -- Режим ВКЛ
ПРД ВК
347  signal mode_radiation_off : std_logic;  -- Режим
Излучение ВКЛ
348  signal mode_reset_failure : std_logic;  -- Режим
Сброс аварий
349  signal mode_radiation_on   : std_logic;
350  signal mode_power_indication : std_logic;
351
352  signal mode_power_malfunction : std_logic;
353
354
355  signal transmitter_radiation_on : std_logic;  -- излу-
чение вкл.
356  signal radiation_enable    : std_logic;  -- Разреше-
ние изл.

```

```

357  signal failed_enable      : std_logic;    -- Разре-
ние аварий
358  signal signal_failed_enable : std_logic;    -- Разре-
шение аварий сигналов
359
360
361
362  signal led_du              : std_logic;    -- Светодиод ДУ
363  signal led_mu              : std_logic;    -- Светодиод МУ
364  signal led_1               : std_logic;    -- Светодиод 1
365  signal led_2               : std_logic;    -- Светодиод 2
366  signal led_repair          : std_logic;    -- Светодиод РЕМОНТ
367  signal led_norm            : std_logic;    -- Светодиод НОРМА
368  signal led_failed          : std_logic;    -- Светодиод АВАРИЯ
369  signal led_deraiting       : std_logic;    -- Светодиод УХУДШЕ-
НИЕ
370  signal led_t_on            : std_logic;    -- Светодиод ВКЛ ПРД
371
372
373
374  -----
375
376  begin
377
378  -- ДУ                (вход) - лог. 0
379  -- Включение ДУ      (вход) - лог. 0
380  -- Отключение ДУ     (вход) - лог. 0
381  -- Отключение излуч. ДУ (вход) - лог. 1
382  -- Излучение ВКЛ     (выход) - лог. 0

```



```

383  -- Ремонт          (выход) - лог. 0
384  -- Авария ВК       (выход) - лог. 1
385  -- Норма ВК        (выход) - лог. 0
386
387
388
389  -- Подключение входов:
390  -- Сигналы с передней панели передатчика ВК:
391  transmitter_on     <= not input_line(0); -- XS1:29B -
    ВКЛ ПРД
392  transmitter_off    <= not input_line(1); -- XS1:28C -
    ОТКЛ ПРД
393  repair             <= not input_line(3); -- XS1:27C -
    Ремонт
394  power_indication_mode <= not input_line(4); -- XS1:27B
    - Мощность Запрос/Подавл.
395  reset_failure      <= not input_line(5); -- XS1:26B -
    Сброс аварий
396
397  -- Сигналы с дистанции (панель РЛС):
398  distance            <= not input_line(6); -- XS1:25C - ДУ
399  distance_transmitter_on <= not input_line(8); --
    XS1:20B - ВКЛ ПРД ДУ
400  distance_transmitter_off <= not input_line(9); --
    XS1:16C - ОТКЛ ПРД ДУ
401  -- distance_radiation_on <= input_bidir_line(4); --
    XS1:19A - Изл. ВКЛ ДУ - Вх. Вх./Вых. 4
402  -- output_bidir_line(4) <= '0'; -- XS1:19A -
    переводим транзистор в закрытое состояние

```

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

```

403 -- distance_radiation_off <= not input_line(7); --
XS1:27A - ОТКЛ изл. ДУ
404 distance_radiation_off <= input_line(7); -- XS1:27A
- ОТКЛ изл. ДУ
405
406 -- Дополнительные сигналы:
407 launch_failure <= not input_line(12); -- XS1:19B -
Авария запуска
408 excitation_failure <= not input_line(13); -- XS1:20C
- Авария возб. - !!!! перекинуть на 9В
409 power_malfunction <= input_bidir_line(1); -- XS1:24A
- Сбой питания - Нет сети - Вх. Вх./Вых. 1
410 output_bidir_line(1) <= '0'; -- XS1:24A - переводим
транзистор в закрытое состояние
411
412
413 -- Подключение выходов:
414 output_bidir_line(7) <= not transmitter_power_on; --
XS1:18C - ВКЛ ПРД ВК (включение питания) - Вых. Вх./Вых. 7
415 output_bidir_line(4) <= transmitter_radiation_on; --
XS1:19A
416 -- output_bidir_line(4) <= transmitter_radiation_on
and radiation_enable; -- XS1:19A
417
418 -- output_line(0) <= not radiation_enable; -- XS1:12C -
Разрешение изл.
419 output_line(0) <= transmitter_radiation_on; -- radia-
tion_enable; -- XS1:12C - Разрешение изл.

```

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

```

420 -- output_line(0) <= transmitter_radiation_on and ra-
radiation_enable; -- XS1:12C - Разрешение изл.
421
422 output_line(2) <= not secondary_channel_norm;--
XS1:11B - Норма ВК
423 output_line(4) <= not (secondary_channel_failure and
not mode_repair); -- XS1:14C - Авария ВК
424 -- output_line(4) <= not secondary_channel_failure; --
XS1:14C - Авария ВК
425 -- output_bidir_line(3) <= not distance_repair; --
XS1:15B - РЕМОНТ на ДУ - Вых. Вх./Вых. 3
426 output_bidir_line(3) <= mode_repair; -- XS1:15B -
РЕМОНТ на ДУ - Вых. Вх./Вых. 3
427
428 output_line(7) <= '0'; -- XS1:13C -
429 output_line(6) <= '0'; -- XS1:12B -
430 output_line(5) <= '0'; -- XS1:13B -
431 output_line(3) <= '0'; -- XS1:7B -
432 output_line(1) <= '0'; -- XS1:11C -
433 output_bidir_line(6)<= '0'; -- XS1:17C -- Вых.
Вх./Вых. 6
434 output_bidir_line(5) <= '0'; -- XS1:17B -- Вых.
Вх./Вых. 5
435 output_bidir_line(0) <= '0'; -- XS1:16B -- Вых.
Вх./Вых. 0
436
437 -- Подключение индикации:
438 output_bidir_line(2) <= led_t_on; -- XS1:15C - ИНД
ВКЛ ПРД - Вых. Вх./Вых. 2

```

```

439 display_led(2)      <= led_failed; -- XS1:30C - Инд.
    "АВАРИЯ"
440 display_led(1)      <= led_deraiting;-- XS1:39B -
    Инд. "УХУДШЕНИЕ"
441 display_led(0)      <= led_norm;   -- XS1:39C - Инд.
    "НОРМА"
442 display_led(3)      <= led_du;     -- XS1:30B - Инд.
    "ДУ"
443 display_led(4)      <= led_mu;     -- XS1:31B - Инд.
    "МУ"
444 display_led(5)      <= led_repair; -- XS1:33B - Инд.
    "РЕМОУТ"
445
446 display_led(7)      <= led_2;     -- XS1:34B - Инд.
    "2"
447 display_led(6)      <= led_1;     -- XS1:34C - Инд.
    "1"
448
449 -- front_panel_led(2) <= led_norm; -- Светодиод "НОРМА"
    на передней панели
450 -- front_panel_led(1) <= '0';-- Светодиод "ТК" на перед-
    ней панели
451 -- front_panel_led(0) <= '0';-- Светодиод "РАБОТА" на
    передней панели
452
453
454
455

```



```

483     clk_scan          => clk_scan,
484     reset              => reset,
485     transmitter_on     => transmitter_on,
486     transmitter_off    => transmitter_off,
487     repair             => repair,
488     power_indication_mode => power_indication_mode,
489     reset_failure      => reset_failure,
490     distance           => distance,
491     distance_transmitter_on => distance_transmitter_on,
492     distance_transmitter_off => distance_transmitter_off,
493
494     distance_radiation_off => distance_radiation_off,
495     power_malfunction      => power_malfunction,
496
497     mode_distance        => mode_distance,
498     mode_repair          => mode_repair,
499 --   mode_transmitter_on    => mode_transmitter_on,
500     power_on             => power_on,
501     power_off            => power_off,
502     mode_radiation_off   => mode_radiation_off,
503     mode_reset_failure   => mode_reset_failure,
504     mode_power_malfunction => mode_power_malfunction,
505     mode_power_indication => mode_power_indication
506 );
507
508 U3: control_scheme
509     port map

```

```

510  (
511    clk          => clk,
512    clk2         => clk2,
513    clk_control  => clk_control,
514    clk_scan     => clk_scan,
515    reset        => reset,
516    input_control_line => input_control_line,
517    power_malfunction    => power_malfunction,
518    mode_power_malfunction => mode_power_malfunction,
519
520    launch_failure    => launch_failure,
521    excitation_failure => excitation_failure,
522    mode_distance     => mode_distance,
523    mode_repair       => mode_repair,
524 --    transmitter_on    => mode_transmitter_on,
525    power_on          => power_on,
526    power_off         => power_off,
527    mode_radiation_off => mode_radiation_off,
528 --    failed_enable     => failed_enable,
529 --    signal_failed_enable => signal_failed_enable,
530    mode_reset_failure    => mode_reset_failure,
531    mode_power_indication => mode_power_indication,
532    smc_wr               => smc_nwr,
533    smc_rd               => smc_nrd,
534    smc_ale              => smc_ale,
535    transmitter_power_on    => transmitter_power_on,
536    transmitter_radiation_on => transmitter_radiation_on,
537    failure_code         => failure_code,

```

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

```

538     failure           => failure,
539     derating          => derating,
540     norm               => norm,
541     smc_interrupt     => smc_interrupt,
542     smc_data_io       => smc_ad_bus
543 --     smc_data_io     => smc_data_io
544 );
545 -- smc_ad_bus <= (others=>'Z');
546 -- smc_interrupt <= '0';--clk_int;
547     smc_control <= '0';
548
549
550 U10: indication_scheme
551     port map
552     (
553         clk           => clk,
554         clk_indication     => clk_indication,
555         reset         => reset,
556         distance      => mode_distance,
557         repair        => mode_repair,
558         transmitter_on  => transmitter_power_on,
559         transmitter_radiation_on => transmitter_radiation_on,
560         failure_code   => failure_code,
561         failure        => failure,
562         derating       => derating,
563         norm           => norm,
564         front_panel_led => front_panel_led,
565         --display_led  => display_led,

```



```

566     led_du           => led_du,
567     led_mu           => led_mu,
568     led_1            => led_1,
569     led_2            => led_2,
570     led_repair       => led_repair,
571     led_norm          => led_norm,
572     led_failed        => led_failed,
573     led_deraiting     => led_deraiting,
574     led_t_on          => led_t_on,
575     display_2x7_segment => display_2x7_segment_code
576 );
577
578     display_2x7_segment <= not display_2x7_segment_code;
579
580     secondary_channel_norm      <= norm;
581     secondary_channel_failure    <= failure;
582
583     display_data      <= '0';
584     display_clk        <= '0';
585     display_strobe     <= '0';
586
587
588
589 end rtl;

```