

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

вычислительной техники

Кафедра

«Вычислительная техника»

Направление подготовки: 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Профиль подготовки: «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА БАКАЛАВРА**
на тему
**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА
КОНТРОЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА**

Студент

(подпись, дата)

Жданов Дмитрий Михайлович
(ФИО полностью)

Руководитель

(подпись, дата)

Коннов Н.Н.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр

(подпись, дата)

Кучин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 31.05.2019 г. № 38-09-14)

Заведующий кафедрой

(подпись)

М.А. Митрохин
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отличено (протокол заседания ГЭК от 01.07.2019 г. № 26)

Секретарь ГЭК

(подпись)

Е.И. Гурин
(фамилия, инициалы)

Пенза 2019

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
 М.А. Митрохин
«23» апреля 2019 г.

**ЗАДАНИЕ
НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ**

1. Студент Жданов Дмитрий Михайлович гр. 15ВВ1 факультета вычислительной техники.

2. Тема работы: «Микропроцессорная система контроля радиотехнического комплекса».

Тема утверждена приказом ПГУ № 554/0 от "29" апреля 2019 г.

3. Руководитель бакалаврской работы к.т.н., профессор каф. ВТ ПГУ Коннов Н.Н.

4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.):

Микропроцессорная система предназначена для эксплуатационных параметров стоек бортового радиолокационного комплекса.

Количество шкафов – до 7. Управление – технологическое ЭВМ.

Контролируемые параметры: температура (+10 до +50 Цельсия), напряжение вторичных источников питания (4 напряжения +28В, -15В, +15В в любой комбинации), контакты состояния дверцы стойки и установленных блоков (до 4-х).

Питание: ±27В нестабилизированное.

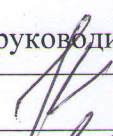
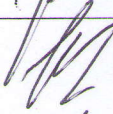
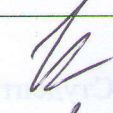
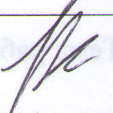
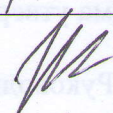
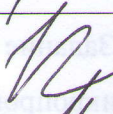
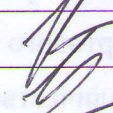
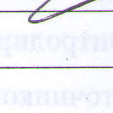
Должна быть обеспечена гальваническая развязка всех соединений и питания.

Интерфейс обмена между компонентами системы RS-485.

5. Перечень подлежащих разработке вопросов.

Требуется произвести анализ предметной области, выбрать функциональный состав системы, разработать структурную схему системы, осуществить выбор элементной базы, разработать принципиальную схему и алгоритм работы системы, форматы данных и управляющей информации, разработать компоненты программного обеспечения (опросы датчиков и формирование выходного пакета данных).

6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Анализ предметной области	10	29.04.19	
2.	Определение функционального состава	10	02.05.19	
3.	Разработка структурной схемы устройства	10	06.05.19	
4.	Разработка структурной схемы системы комплекса	10	09.05.19	
5.	Выбор компонентов для реализации принципиальной схемы	20	13.05.19	
6.	Составление принципиальной схемы устройства	10	16.05.19	
7.	Разработка алгоритма работы системы	10	20.05.19	
8.	Оформление выпускной работы	20	31.05.19	

Дата выдачи задания " 29 " апрель 20 19 г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись, дата)

Коннов Н.Н.

Задание к исполнению принял студент

(подпись, дата)

Жданов Д.М.

Работу к защите допустить
Декан факультета

(подпись, дата)

Фионова Л.Р.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 77 листов, 31 рисунок, 7 приложений.

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.

Цель работы – разработать микропроцессорную систему контроля радиотехнического комплекса.

Объектом разработки является модуль контроля, выполняющий проверку температуры окружения, определяющее наличие напряжения на вторичных источниках питания и проверяющее состояние дверцы стойки (открыта или закрыта) и установленных блоков.

В результате проведенной работы реализован проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, микропроцессорная система контроля радиотехнического комплекса, в состав которой вошёл микроконтроллер 1887BE4У фирмы АО «НИИЭТ», датчик температуры TMP36, оптроны 249ЛП8 и микросхема интерфейса RS-485 2601ИН1П.

Данное устройство рекомендуется использовать для контроля состояния радиотехнического комплекса.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Микропроцессорная система контроля радиотехнического комплекса Пояснительная записка	<i>Литер.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработ.</i>		<i>Жданов Д.М.</i>					4	77
<i>Проверил</i>		<i>Коннов Н.Н.</i>				ФВТ, каф. ВТ гр. 15ВВ1		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кучин А.В.</i>						
<i>Утвердил</i>		<i>Митрохин М.А.</i>						

Содержание

РЕФЕРАТ	4
Введение.....	7
1. Обзор предметной области.....	8
1.1 Постановка задачи.....	8
1.2 Требования к разработке	10
1.3 Анализ существующих решений	10
1.4 Актуальность выбранной темы.....	11
1.5 Структура проекта.....	12
2. Разработка структурных схем	13
2.1 Разработка структурной схемы модуля	13
2.2 Определение функционального состава системы.....	16
2.3 Описание работы системы по структурной схеме	17
2.4 Разработка структурной схемы радиотехнического комплекса	18
2.5 Определение функционального состава системы.....	18
2.6 Описание работы системы по структурной схеме	22
3 Разработка принципиальной схемы устройства.....	23
3.1 Выбор микроконтроллера.....	23
3.2 Выбор источника питания	27
3.3 Выбор датчика температуры	30
3.4 Реализация датчика напряжения на вторичных источниках питания ...	32
3.5 Реализация контактов отслеживания состояния дверцы стойки и установленных блоков	34
3.6 Реализация индикатора	35
3.7 Выбор интерфейса RS-485	36

4. Разработка алгоритма работы программы	38
5. Разработка компонентов программы.....	44
6. Тестирование модуля контроля	46
Заключение	51
Список использованных источников	52
Приложение А.1 Структурная схема модуля контроля.....	54
Приложение А.2 Структурная схема системы	56
Приложение Б Схема принципиальная электрическая.....	58
Приложение В Перечень элементов	60
Приложение Г Схема алгоритма работы модуля контроля	63
Приложение Д Листинг компонентов программы.....	66
Приложение Е Презентация	70

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

В настоящее время уже придумано, разработано и внедрено множество невероятных технологий, призванных облегчить жизнь человека. За счёт лишь небольших деталей выполняется огромная работа: транспортные средства, вычислительные способности компьютера, передача информации на огромных расстояниях, работа различных механизмов (грузоподъёмников, систем автоматизированного орошения) и так далее. Подобные детали поистине можно считать «мозгом» какого-либо механизма. В пример таких деталей можно поставить микроконтроллеры.

Можно считать, что микроконтроллер (МК) - это компьютер, разместившийся в одной микросхеме. Отсюда и его основные привлекательные качества: малые габариты; высокая производительность, надёжность и способность быть адаптированным для выполнения самых различных задач.

Микроконтроллер помимо центрального процессора (ЦП) содержит память и многочисленные устройства ввода/вывода: аналого-цифровые преобразователи, последовательные и параллельные каналы передачи информации, таймеры реального времени, широтно-импульсные модуляторы (ШИМ), генераторы программируемых импульсов и т.д. Его основное назначение - использование в системах автоматического управления, встроенных в самые различные устройства: кредитные карточки, фотоаппараты, сотовые телефоны, музыкальные центры, телевизоры, видеомagniтофоны и видеокамеры, стиральные машины, микроволновые печи, системы охранной сигнализации, системы зажигания бензиновых двигателей, электроприводы локомотивов, ядерные реакторы и многое, многое другое. Встраиваемые системы управления стали настолько массовым явлением, что фактически сформировалась новая отрасль экономики, получившая название EmbeddedSystems (встраиваемые системы).

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Обзор предметной области

1.1 Постановка задачи

Любая система нуждается в контроле. Это правило не обошло и современные технологические системы, состоящие из различных устройств. Если не присматривать за их состоянием, тогда устройства могут прийти в непригодность. И в зависимости от сферы их применения последствия могут нести как небольшой, так и катастрофический характер. Ведь сегодня почти любой механизм управляется системой устройств: персональный компьютер, машины, поезда, самолёты и так далее. Все эти механизмы содержат в себе множество различных устройств, неисправность работы одного из которых может привести к непригодности других устройств.

Например, устройства питания вырабатывают тепло, отчего могут перегреваться. Это контролируется системой охлаждения. Но если система охлаждения перестанет работать или работать не достаточно эффективно, тогда устройство питания придёт в непригодность, а следовательно и перестанет питать подключенные к нему устройства. Работа системы из этих устройств будет прекращена, а в худшем случае может произойти пожар.

Также источники питания устройств могут прийти в непригодность со временем длительного применения. На выходах будет выдаваться меньше напряжения, чем было заявлено разработчиком изначально. Таким образом, подключённые устройства к такому источнику питания будут работать не эффективно, или же вовсе перестанут работать из-за отсутствия питания.

Системы в большинстве своём имеют защитный корпус от внешних воздействий: пыль, грязь или явное вмешательство со стороны. Однако, ни один корпус не может гарантировать абсолютной защиты. Он может быть повреждён случайным падением с высоты, столкновением с различными внешними объектами (камнем, мусором и т.д.) или же вскрыт человеком. Увеличение способов защиты повышает надёжность продукта.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для предотвращения или прогнозирования неисправности того или иного устройства требуется постоянно следить за их состоянием. Однако, современные системы могут быть весьма объемны и сложны для человека, проверка одного только блока системы может занять у человека несколько часов.

В настоящее время технологии позволяют в полной мере оптимизировать работу человека, а также избавить его от множества рутинных задач вовсе. Техническое развитие и совершенствование производства осуществляется в направлении завершения комплексной механизации производства, автоматизации процессов, которые с технической и экономической стороны подготовлены для этого, отработки системы автоматических машин и создания предпосылок перехода к комплексной автоматизации. С прогрессом техники, прежде всего с применением автоматических машин, связано изменение содержания труда, устранение неквалифицированного и тяжелого ручного труда, повышение уровня профессиональной подготовки и общей культуры работников.

Можно сделать вывод, что для мониторинга состояния системы следует использовать специальную встраиваемую систему, которая позволит получать сведения о состоянии системы за секунды без вмешательства человека. Вся необходимая информация будет выводиться на компьютер. И чтобы оценивать состояние всей системы, достаточно будет проверять только устройство её контроля.

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание микропроцессорной системы контроля радиотехнического комплекса. Данная система будет предназначаться для мониторинга состояния системы радиотехнического комплекса в реальном времени. В ее задачи войдет отслеживание температуры, работа вторичных источников питания, а также состояние дверцы стойки, которую могли забыть закрыть при осмотре или модернизации системы.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Требования к разработке

Микропроцессорная система предназначена для эксплуатационных параметров стоек бортового радиолокационного комплекса. Предполагается, что в одном комплексе может находиться до 8 стоек. Управление всей системой происходит по средством технологического ЭВМ.

Для мониторинга состояния системы следует определиться за чем конкретно будет следить разрабатываемая система контроля: температура (от +10 до +50 Цельсия), напряжение вторичных источников питания (4 напряжения +28В, -15В, +15В в любой комбинации), внешние контакты для отслеживания состояния дверцы и установленных блоков стойки (до 4-х).

В случае с дверцей стойки следует отслеживать её состояние: открыта или закрыта. Если оставить стойку не закрытой, система может подвергнуться внешним факторам и стороннему вмешательству.

Для создания данной микропроцессорной системы контроля радиотехнического комплекса будет использоваться микроконтроллер, собирающий информацию с датчиков, формирующий сообщение из полученных данных, которое в последствии будет отправляться на компьютер по интерфейсу RS-485.

Питание микропроцессорной системы должно поступать от источника питания в $\pm 27В$ (нестабилизированное). Должна быть обеспечена гальваническая развязка всех соединений и питания.

1.3 Анализ существующих решений

Системы контроля жестко привязаны к системе, за состоянием которой она должна следить. Отслеживаемые системы могут быть абсолютно разными и предназначаться для разных предметных областей.

К примеру, системы пожаротушения следят за количеством дыма в окружающем пространстве, чтобы обнаружить возгорание и нейтрализовать его. В данном случае, система содержит в себе средства обнаружения пожара, то есть физическую реализацию.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для сравнения, приводится система контроля версий, которая используется в персональных компьютерах. Она отслеживает состояние файловой системы на наличие изменений. Но система контроля версий не имеет физической реализации, ведь это всего лишь программа, запускаемая на компьютере.

Разрабатываемая система контроля является индивидуальной и разработанной специально для определённой системы. В таком случае, невозможно найти существующие решения, так как системы контроля разрабатываются для конкретной архитектуры и цели. Как правило, для специализированных общественных систем, они не носят публичный характер.

1.4 Актуальность выбранной темы

В настоящее время персональные компьютеры находят все большее применение. Но для того, чтобы они были в состоянии управлять технологическими процессами, контролировать качество продукции и решать другие подобные задачи необходимо обеспечить ввод информации в компьютер с датчиков, то есть необходимо предварительно подготовить в удобной для компьютера форме информацию с датчиков, контролирующих параметры процессов.

В данной работе решается задача подготовки аналоговой информации для ввода в персональный компьютер. При этом проектируемое устройство не только осуществляет преобразование физической величины, но и осуществляет предварительную обработку информации с целью оперативного управления некоторыми процессами.

Таким образом, персональный компьютер является универсальным средством, но он не в состоянии решить всё множество задач, решения которых требует практика, хотя бы из тех соображений, что остаётся достаточно дорогим. Но и применение компьютера для целей управления требует непременно использования дополнительных электронных узлов, которые непосредственно приводят в действие исполнительные механизмы:

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

электродвигатели, электромагниты, реле, динамики, светодиоды и т.д. Поэтому во многих применениях простейшее устройство, решающее конкретную задачу, оказывается во много раз дешевле, чем компьютер с дополнительной электроникой управления.

1.5 Структура проекта

Для реализации поставленной задачи необходимо разработать модуль контроля, собирающий информацию из вне, подготовить ее и передать (например, персональному компьютеру). А значит, проект делится на разработку модуля и его алгоритма работы.

Модуль контроля будет включать в себя микроконтроллер и радиотехнические элементы, которые будут определены на этапе проектирования. В комплексе это позволит собирать информацию из вне в реальном времени. В отличие от микроконтроллера контроллером обычно называют плату, построенную на основе микроконтроллера, но достаточно часто при использовании понятия "микроконтроллер" применяют сокращенное название этого устройства, отбрасывая приставку "микро" для простоты. Также при упоминании микроконтроллеров можно встретить слова "чип" или "микрочип", "кристалл" (большинство микроконтроллеров изготавливают на едином кристалле кремния), сокращения МК или от английского microcontroller - МС.

Алгоритм работы системы необходим для работы микроконтроллера. От него требуется принимать данные на своих портах, поступающие с подключенных к устройству датчиков. На этапе разработки алгоритма необходимо будет определиться с протоколом формирования пакета данных, который в последствии будут передан на внешнее устройство, способное прочитать и обработать его.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Разработка структурных схем

Надежностью называют свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Расширение условий эксплуатации, повышение ответственности выполняемых техническими устройствами функций, их усложнение приводит к повышению требований к надежности изделий.

Технические устройства подразделяются на элементы и системы, причем система состоит из элементов. Элементы, составляющие систему, могут быть соединены между собой различным образом. С точки зрения надежности, такие соединения представляют собой структуры, каждая из которых имеет свой способ расчета.

2.1 Разработка структурной схемы модуля

Предполагается, что разрабатываемая микропроцессорная система будет внедряться для контроля целого комплекса. Бортовой радиотехнический комплекс представляет собой множество стоек, содержащие в себе различные устройства.



Рисунок 1 – пример стойки

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						13
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Серверный шкаф – это специальная конструкция, предназначенная для размещения и защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды, всевозможного компьютерного оснащения. Данный вид техники, обычно, изготавливают из металла, поэтому он обладает целым рядом исключительных свойств и преимуществ. Серверный шкаф купить можно за вполне приемлемые деньги. Хотя качественные и надежные устройства стоят довольно дорого, их цена полностью окупается годами безупречной работы и обеспечением максимальной защиты оборудования.

Назначение серверного шкафа:

- компактное расположение телекоммуникационного, серверного, электротехнического и распределительного оборудования;
- обеспечение удобного доступа к обслуживанию устройств, размещенных в шкафу;
- соблюдение оптимального температурного режима при эксплуатации оборудования, кондиционирование, охлаждение систем;
- защита высокотехнологичных устройств от несанкционированного доступа, загрязнения, запыления элементов.

Несмотря на заявленные характеристики шкаф может изготавливаться из различных материалов, что и определяет степень его надёжность. Каждый из данных шкафов подвержен различным факторам, способным вывести систему в целом из строя. Разрабатываемый модуль контроля позволит локализовать место неисправности. На рисунке 2 структурно изображён серверный шкаф стойки с внедрённой системой контроля.

Структурная схема разрабатывается на начальных стадиях проектирования, которая определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи между ними. Также схема отображает принцип действия изделия в самом общем виде.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						14
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

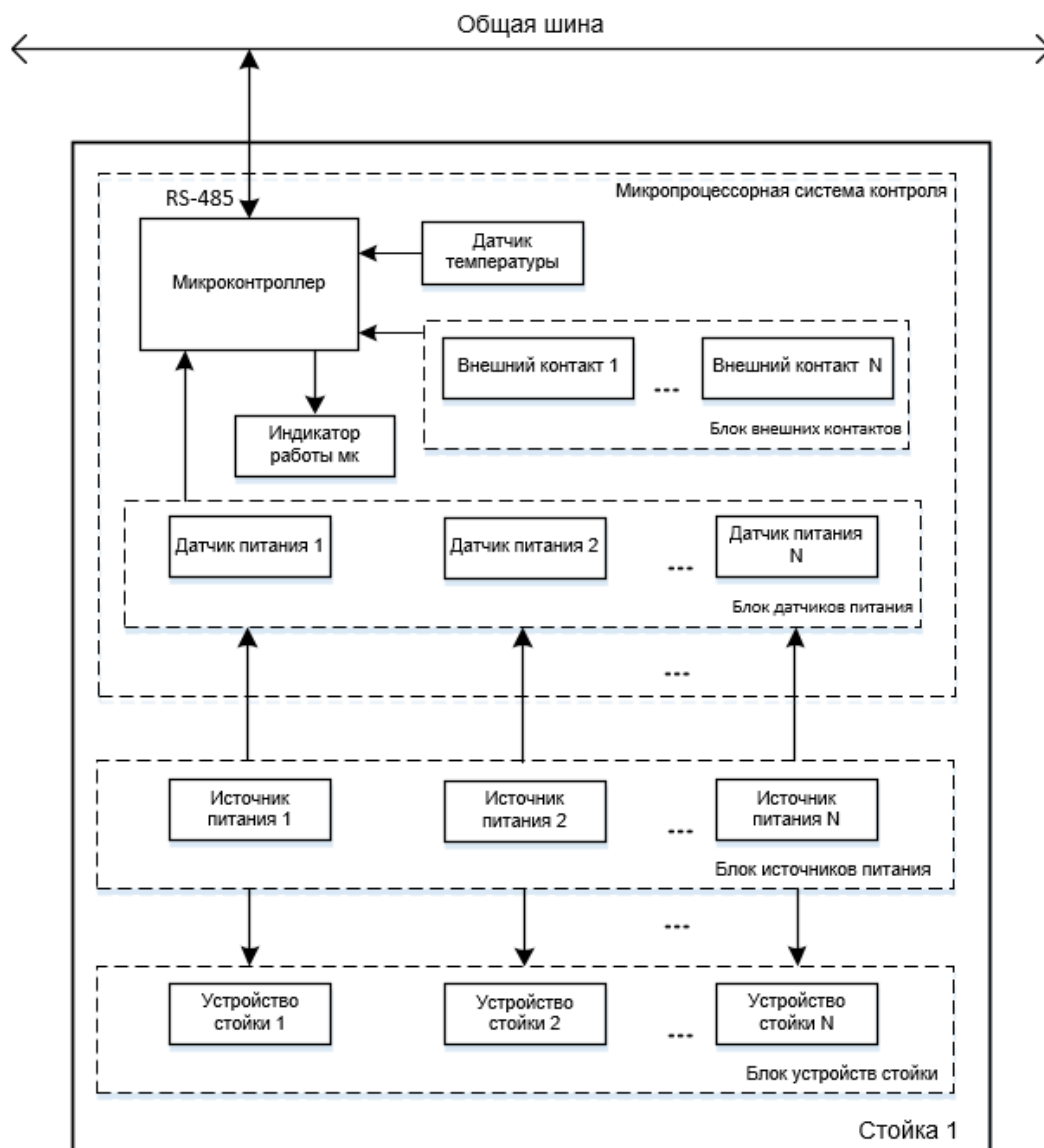


Рисунок 2 – структура стойки с внедрённой системой контроля

Действительное расположение составных частей на структурной схеме не учитывают и способ связи не раскрывают. Построение схемы должно давать наглядное представление о составе изделия, и последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений. При изображении функциональных частей в виде прямоугольников их наименования, типы и обозначения вписывают внутрь прямоугольников.

Направление хода процесса, происходящего в изделии, обозначают стрелками, соединяющими функциональные части. На схемах простых

изделии функциональные части располагают в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса в направлении слева направо.

Для корректного составления структурной схемы необходимо определить функциональный состав системы, а также определить последовательность действий системы.

2.2 Определение функционального состава системы

Из контролируемых параметров были выбраны:

- Температура (измерять в диапазоне как минимум от +10 до +50 градусов по Цельсию);
- Напряжение вторичных источников питания (4 напряжения в любой комбинации: -28В, +28В, -15В, +15В);
- Контакты закрытия дверцы стойки и наличия устанавливаемых панелей (до четырёх).

Исходя из данных требований необходимо реализовать блок датчика температуры, блок датчиков напряжения вторичных источников питания и блок контактов закрытия стойки.

В системе также будет предусмотрено питание от собственного источника, необходимое для обеспечения работоспособности микроконтроллера и датчиков. Микроконтроллер работает в сети постоянного тока с напряжением 5В.

Таким образом была составлена структурная схема разрабатываемого устройства. Данная схема представлена на рисунке 3 и прикреплена в приложении А.1.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						16
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

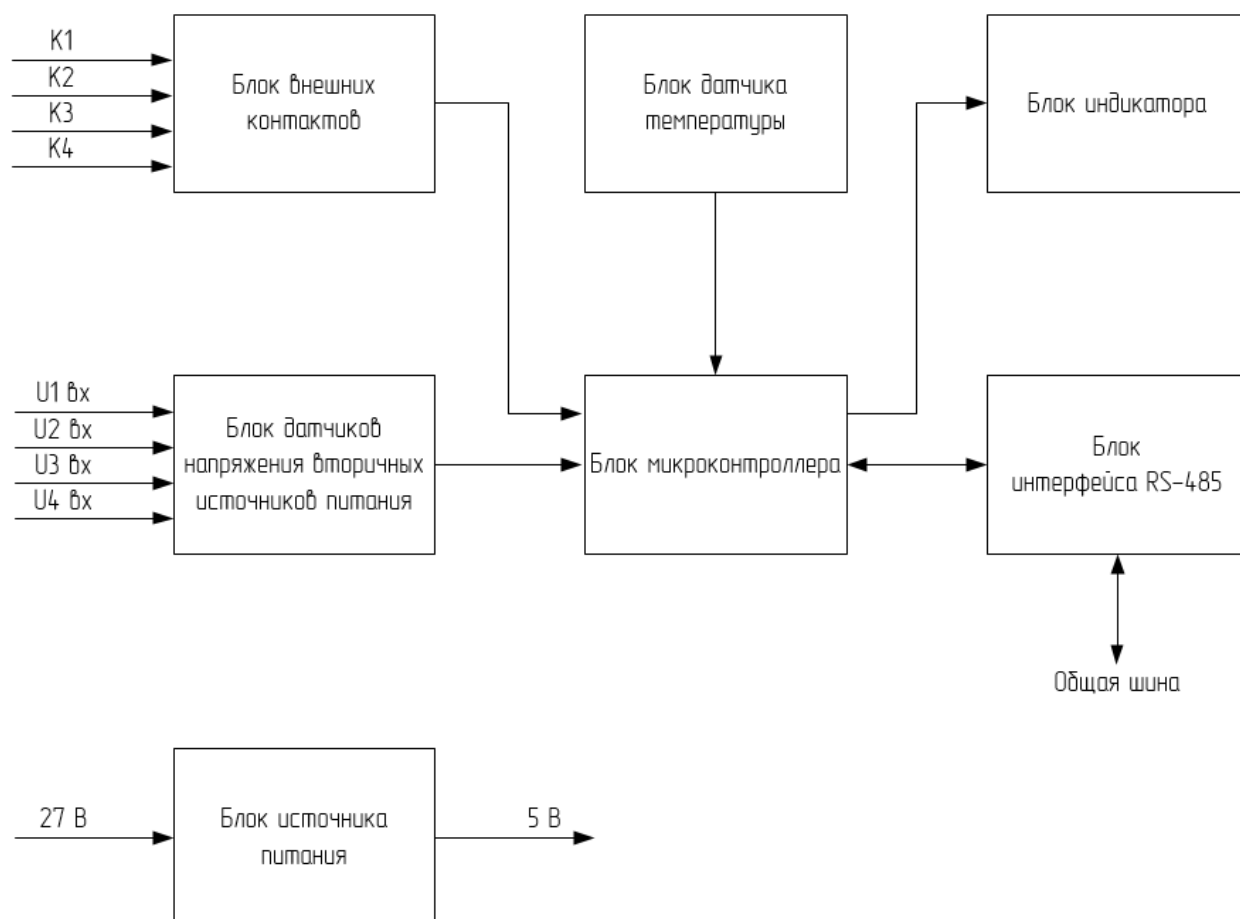


Рисунок 3 – структурная схема микропроцессорной системы контроля

2.3 Описание работы системы по структурной схеме

Система контроля радиотехнического комплекса состоит из микроконтроллера, датчика температуры, 4 датчиков напряжения вторичных источников питания, 4 контактов закрытия шкафа, индикатора и последовательного интерфейса RS-485.

Для того, чтобы система работала необходимо подать питание на микроконтроллер. Питание будет подаваться 5 В. После подключения питания схема будет работоспособна.

После начальной настройки микроконтроллера (режимы работы портов, настройки таймеров, прерывания и так далее), датчики будут считывать значения. С датчика температуры будет приходить аналоговый сигнал на соответствующий порт микроконтроллера, где посредством

встроенного аналогово-цифрового преобразователя сигнал будет преобразован в соответствующее число. С датчиков напряжения приходит логический сигнал, определяющий наличие или отсутствие напряжения на подключённом к нему источнике питания. Контакты закрытия стойки и установленных блоков также передают логический сигнал, отображающий их состояние (открыта или закрыта). Все поступившие данные хранятся в памяти микроконтроллера, которые в последствии будут переданы по последовательному интерфейсу. В ходе работы микроконтроллера будет обновляться состояние индикатора, позволяющего понимать, что устройство работает исправно.

2.4 Разработка структурной схемы радиотехнического комплекса

Бортовой радиотехнический комплекс (БРТК) — предназначен для эксплуатации в составе гидрометеорологических космических аппаратов, функционирующих на геостационарной орбите (ГСО) и на высокоэллиптических орбитах (ВО) в интересах комплексного решения гидрометеорологических и гелиогеофизических задач и их информационного обеспечения.

Под словом комплекс предполагается, что в системе будет несколько стоек, работоспособность которых и предстоит контролировать разрабатываемой микропроцессорной системе контроля. Установив устройство в каждую стойку можно будет определить, работа которого из них была нарушена или может быть нарушена.

2.5 Определение функционального состава системы

В данной системе участвуют стойки и бортовой компьютер, на который поступают данные с микропроцессорной системы контроля. Связь между ними осуществляется при помощи общей шины и интерфейса RS-485.

В промышленной автоматизации интерфейс RS-485 получил большое распространение. С данным интерфейсом способны работать такие сети, как

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Modbus, ARCNET, WorldFip, Interbus и ещё множество других. Его основные показатели обеспечивают наилучший результат на текущем этапе технологий. Среди преимуществ стоит выделить:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- работа с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, т. е. возможность организации сети;
- линии связи могут быть большой длины;
- достаточно высокая скорость передачи.

В основе построения интерфейса RS-485 лежит дифференциальный способ передачи сигнала, когда напряжение, соответствующее уровню логической единицы или нуля, отсчитывается не от "земли", а измеряется как разность потенциалов между двумя передающими линиями: Data+ и Data- (рис. 4). При этом напряжение каждой линии относительно "земли" может быть произвольным, но не должно выходить за диапазон -7...+12.

Приемники сигнала являются дифференциальными, т.е. воспринимают только разность между напряжениями на линии Data+ и Data-. При разности напряжений более 200 мВ, до +12 В считается, что на линии установлено значение логической единицы, при напряжении менее -200 мВ, до -7 В - логического нуля. Дифференциальное напряжение на выходе передатчика в соответствии со стандартом должно быть не менее 1,5 В, поэтому при пороге срабатывания приемника 200 мВ помеха (в том числе падение напряжения на омическом сопротивлении линии) может иметь размах 1,3 В над уровнем 200 мВ. Такой большой запас необходим для работы на длинных линиях с большим омическим сопротивлением. Фактически, именно этот запас по напряжению и определяет максимальную длину линии связи (1200 м) при низких скоростях передачи (менее 100 кбит/с).

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						19
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

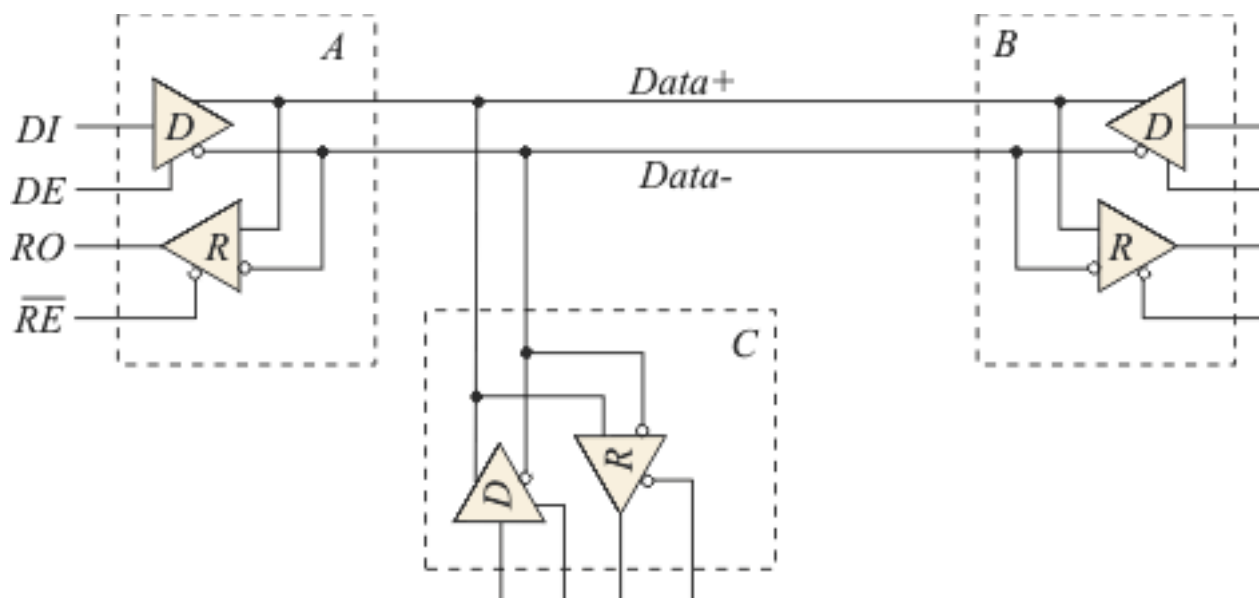


Рисунок 4 – пример соединения трех устройств с интерфейсом RS-485 по двухпроводной схеме

Благодаря симметрии линий относительно "земли" в них наводятся помехи, близкие по форме и величине. В приемнике с дифференциальным входом сигнал выделяется путем вычитания напряжений на линиях, поэтому после вычитания напряжение помехи оказывается равным нулю. В реальных условиях, когда существует небольшая асимметрия линий и нагрузок, помеха подавляется не полностью, но ослабляется существенно.

Если порты RS-485, подключенные к линии передачи, расположены на большом расстоянии один от другого, то потенциалы их "земель" могут сильно различаться. В этом случае для исключения пробоя выходных каскадов микросхем трансиверов (приемопередатчиков) интерфейса следует использовать гальваническую изоляцию между портом RS-485 и землей. При небольшой разности потенциалов "земли" для выравнивания потенциалов, в принципе, можно использовать проводник, однако такой способ на практике не применяется, поскольку практически все коммерческие интерфейсы RS-485 имеют гальваническую изоляцию.

Таблица 1. Параметры интерфейса RS-485, установленные стандартом

Параметр	Условие	Мин.	Макс.	Единица измерения
Выходное напряжение передатчика без нагрузки	$R_{нагр} = 0$	1,5 -1,5	6 -6	В В
Выходное напряжение передатчика с нагрузкой	$R_{нагр} = 54 \text{ Ом}$	1,5 -1,5	5 -5	В В
Ток к. з. передатчика	К. з. выхода на источник питания +12 В или на -7 В	-	±250	мА
Длительность переднего фронта импульсов передатчика	$R_{нагр} = 54 \text{ Ом}$ $C_{нагр} = 50 \text{ нФ}$	-	30	% от ширины импульса
Синфазное напряжение на выходе передатчика	$R_{нагр} = 54 \text{ Ом}$	-1	3	В
Чувствительность приемника	При синфазном напряжении от -7 до +12 В	-	±200	мВ
Синфазное напряжение на входе приемника		-7	+12	В
Входное сопротивление приемника		12	-	кОм
Максимальная скорость передачи	Кабель длиной: 12 м 1200 м	10 100	-	Мбит/с Кбит/с

Структурная схема системы радиотехнического комплекса представлена на рисунке 5 и прикреплена в приложении А.2.

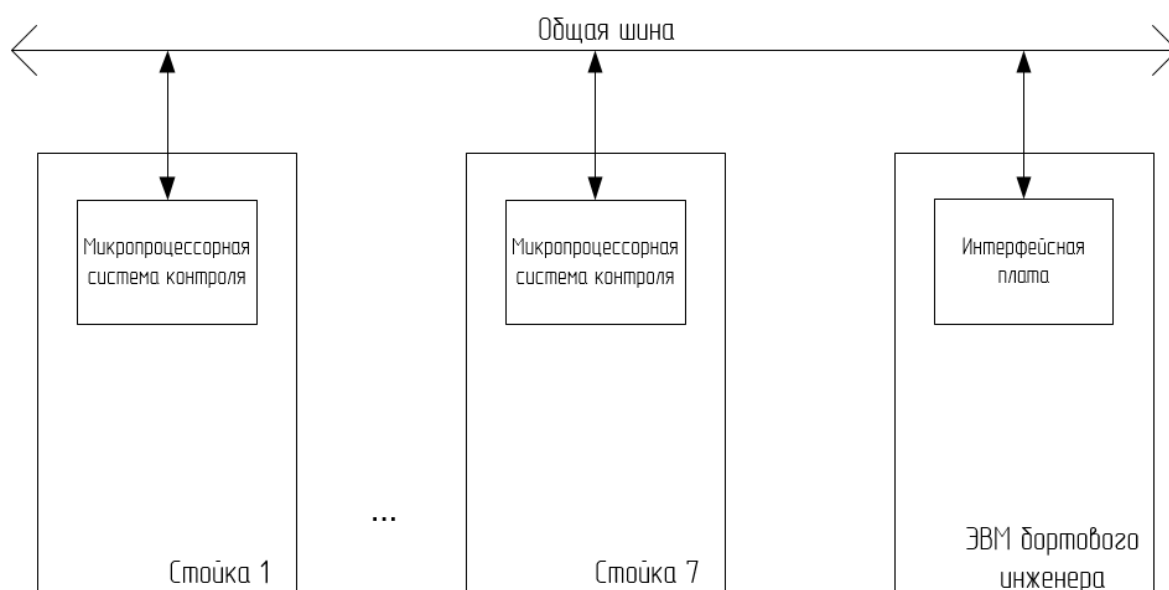


Рисунок 5 – структурная схема системы радиотехнического комплекса

2.6 Описание работы системы по структурной схеме

Компьютер инициирует запрос пакета данных с датчиков у микропроцессорной системы контроля. Модуль контроля, в этот момент, собирает данные, формирует их в пакет и отправляет в ответ. Компьютер их принимает и обрабатывает. Таким образом модуль контроля можно опрашивать не чаще чем раз в 10 секунд (время опроса датчиков). Также компьютер может выдавать команду на выполнение сброса работы модуля.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						22
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Разработка принципиальной схемы устройства

Принципиальная схема – графическое изображение (модель), служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) связей между элементами электрического устройства. Для разработки принципиальной схемы необходимо выбрать электронные компоненты, которые позволят максимально раскрыть потенциал системы. Основой любой микропроцессорной системой является процессор, так как от его характеристик зависят показатели системы, в том числе ее быстродействие, отказоустойчивость и долговечность.

Методика составления принципиальных схем состоит в том, что перед началом выполнения чертежа, необходимо разбить устройство на функциональные блоки, а именно: выделить питающие элементы, цепи блокировок, конечные входные устройства и прохождение сигнала до решающего устройства, решающее устройство и обмен данными с другим оборудованием. Принципиальная схема представлена в приложении Б, перечень элементов в приложении В.

3.1 Выбор микроконтроллера

Важнейшей частью системы по праву можно назвать микроконтроллер. Именно его выбору будет посвящена данная часть работы.

Рынок микроконтроллеров является очень обширным и имеет в своем распоряжении большое количество отличных микроконтроллеров от различных фирм. Одной из таких является фирма АО «НИИЭТ» - советский и российский институт, созданный 9 мая 1961 года как «Центральное конструкторское бюро» согласно Приказу по организации п/я 111 №204 и в соответствии с Постановлением Воронежского Совета Народного хозяйства. Предприятие специализируется на разработке и производстве сложных изделий микроэлектроники специального и гражданского назначения: микроконтроллеров, микропроцессоров, цифро-аналоговых и аналого-

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						23
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

цифровых преобразователей, интерфейсных интегральных микросхем, СВЧ-транзисторов и модулей усиления мощности СВЧ-диапазона.

В настоящее время одним из основных факторов обеспечения конкурентоспособности отечественной радиоэлектронной аппаратуры и ее живучести является применение при ее разработке и производстве импортонезависимой элементной базы. Импортозамещение электронных компонентов наиболее эффективно в случае использования полных функциональных аналогов изделий микроэлектроники.



Рисунок 6 – микроконтроллер 1887BE4У

Для данной работы был выбран микроконтроллер 1887BE4У. Схема является КМОП 8-битным микроконтроллером, построенным на расширенной AVR RISC архитектуре. Используя команды, исполняемые за один машинный такт, контроллер достигает производительности в 1 MIPS на рабочей частоте 1 МГц, что позволяет разработчику эффективно оптимизировать потребление энергии за счёт выбора оптимальной производительности. AVR ядро сочетает расширенный набор команд с 32 рабочими регистрами общего назначения. Все 32 регистра соединены с АЛУ, что обеспечивает доступ к двум независимым регистрам на время исполнения команды за один машинный такт. Благодаря выбранной архитектуре достигнута высокая производительность, в 10 раз превосходящая скорость соответствующего CISC микроконтроллера.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						24
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Микроконтроллер содержит 8 Кбайт внутрисистемной программируемой флэш-памяти (Flash) программ с возможностью чтения в процессе записи, 1 Кбайт ЭСППЗУ, 512 байтов СОЗУ, 32 входа/выхода общего назначения, 32 рабочих регистра, три гибких таймера/счётчика с режимом сравнения, внешние и внутренние прерывания, последовательный программируемый UART, 8-канальный 10-битный АЦП, программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором, последовательный SPI порт и шесть выбираемых программно режимов сбережения энергии. В режиме холостого хода ЦПУ не функционирует, в то время как функционируют СОЗУ, таймеры/счётчики, SPI порт и система прерываний. В микроконтроллере существует специальный режим подавления шума АЦП, при этом в целом в спящем режиме 7 функционируют только АЦП и асинхронный таймер для исключения цифровых шумов в процессе преобразования АЦП. В режиме микропотребления процессор сохраняет содержимое всех регистров, останавливает генератор тактовых сигналов, приостанавливает все другие функции кристалла до прихода внешнего прерывания или поступления внешней команды RESET. В режиме ожидания работает генератор тактовых частот, в то время как остальные блоки находятся в спящем режиме. Благодаря этому переход в нормальный режим работы происходит гораздо быстрее. В расширенном режиме ожидания в рабочем состоянии находятся основной генератор и асинхронный таймер. Микросхемы выпускаются при использовании технологии энергонезависимой памяти высокой плотности. Встроенная Flash позволяет перепрограммировать память программ внутрисистемно через последовательный SPI интерфейс стандартным программатором энергонезависимой памяти или встроенной загрузочной программой, работающей в ядре ЦПУ. Загрузочная программа может использовать любой интерфейс для экспорта рабочей программы во флэш-память. Комбинация расширенной 8-битной RISC архитектуры ЦПУ и внутрисистемной флэш-памяти обеспечивают микроконтроллеру высокую гибкость и экономическую эффективность во встраиваемых системах управления [5, С. 6].

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						25
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

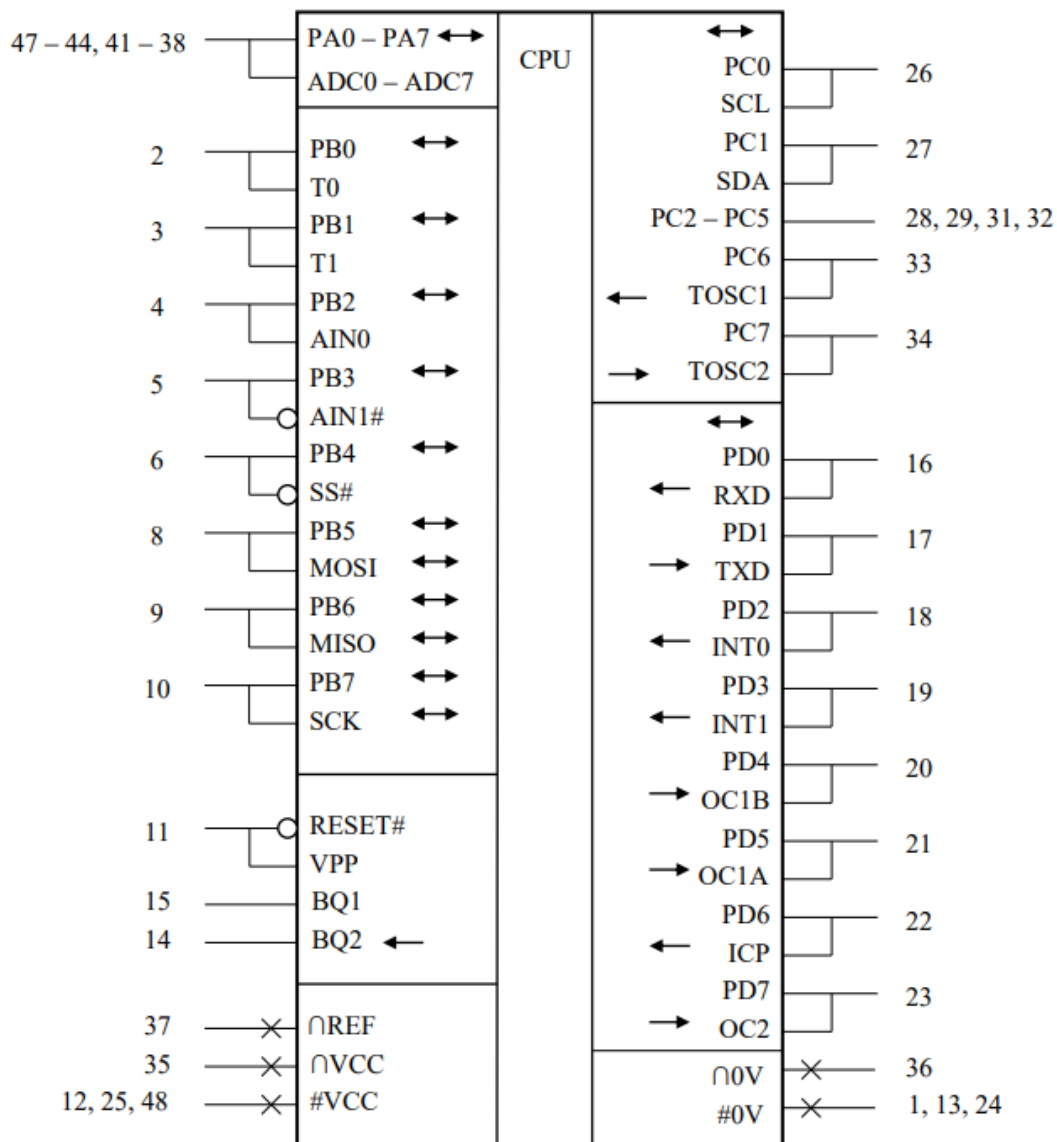


Рисунок 8 – условное графическое изображение микросхемы 1887BE4У

Механический переключатель SW1 используется в процессе разработки модуля для сброса микроконтроллера в начальное состояние. Резистор сопротивлением 100 Ом (R14), который включен последовательно с конденсатором, служит для ограничения тока разряда конденсатора в момент сброса (заряженный конденсатор является источником большого тока, когда он закорачивается на «землю»).

3.2 Выбор источника питания

Схема питается от 27 В (нестабилизированное). Для приведения входного напряжения в приемлемое для работы микросхем устройства были выбраны следующие компоненты:

- Фильтр помехоподавляющий МДМ30-1В3СУФ (входное напряжение – 17...36 В);

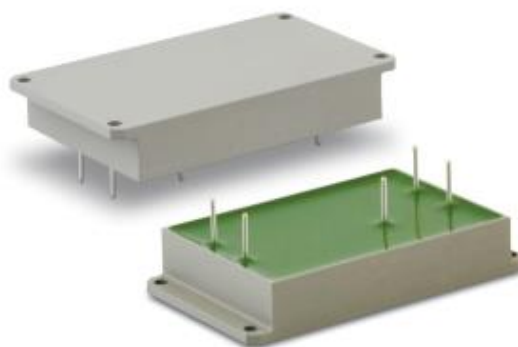


Рисунок 9 – серия модулей фильтров МДМ-Ф

Унифицированные модули фильтров постоянного тока серии МДМ-Ф предназначены для улучшения показателей электромагнитной совместимости модулей электропитания в промышленной и военной аппаратуре, особо чувствительной к импульсным помехам. При небольших габаритах максимальный проходной ток модулей фильтров может достигать 24 А. При этом модули фильтров способны работать в широком диапазоне температур (–60...+110°C) и позволяют значительно расширить потребительские свойства модулей электропитания [10, С. 1].

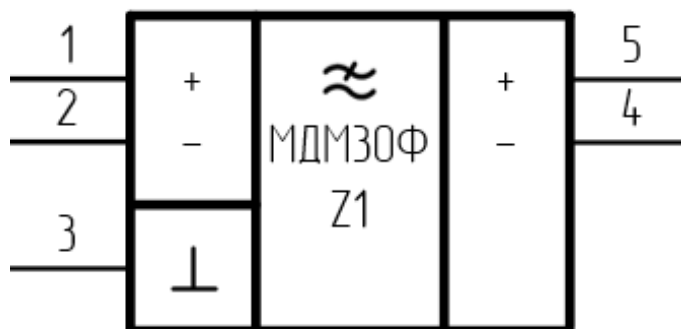


Рисунок 10 – условное графическое изображение микросхемы МДМ30Ф

- Модуль электропитания МДМ6-1В³05 ТУП (входное напряжение – 17...36 В, выходное – 5В);

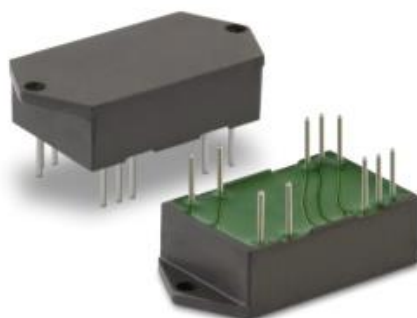


Рисунок 11 – модуль электропитания МДМ6-1В305 ТУП

Сверхминиатюрные изолированные DC/DC модули электропитания МДМ3-П, МДМ5-П, МДМ6-П, МДМ8-П для промышленной и военной аппаратуры. При небольших габаритах (40×20,2×10,15 мм) максимальная выходная мощность модулей достигает 8 Вт. При этом модули способны работать в широком диапазоне температур корпуса (до –60°С...+125°С). В зависимости от исполнения они имеют один или два гальванически развязанных или связанных выходных канала, могут включаться и выключаться по команде, имеют полный комплекс защит от перегрузки по току, короткого замыкания, перегрева. Отсутствие в схеме преобразователя оптрона позволяет модулю надежно функционировать в условиях воздействия ионизирующих излучений и высокой температуры в течение всего срока эксплуатации изделий [9, С. 1].

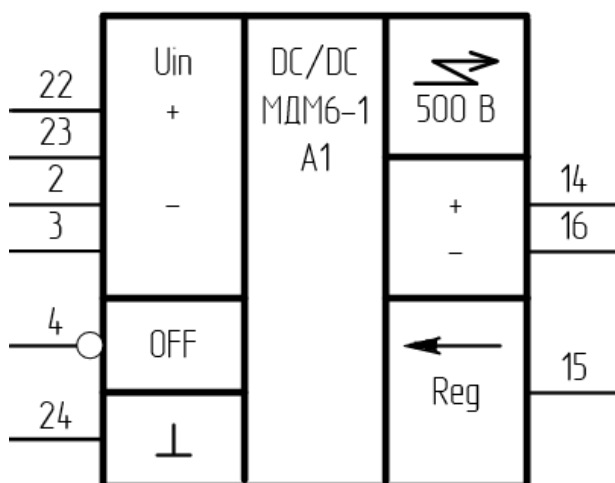


Рисунок 12 – условное графическое обозначение МДМ6-1

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						29
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры был выбран датчик ТМР36, производимые компанией Analog Devices. Данные датчики легко подключаются к цепям АЦП микроконтроллеров. Этому способствует их низкое выходное сопротивление.



Рисунок 13 – датчик температуры TMP36

Это интегральный датчик температуры с аналоговым выходом. Он работает при низком напряжении (от 2.7 до 5 В), обладают высокой точностью и откалиброваны по шкале Цельсия.

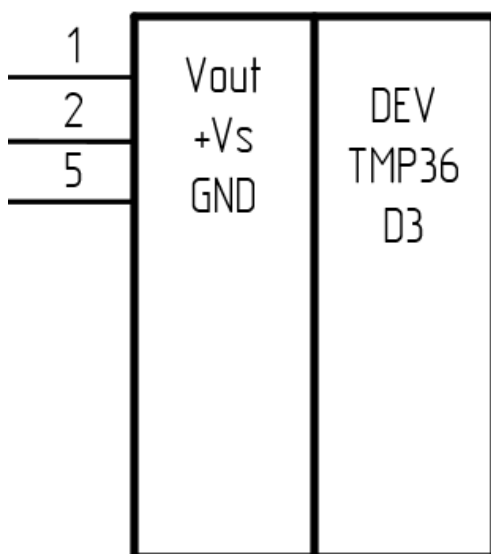


Рисунок 14 – условное графическое обозначение ТМРЗ6

Напряжение на выходе датчиков линейно пропорционально температуре в градусах по шкале Цельсия. Дополнительной калибровки не требуется. При этом датчики обеспечивают точность измерения $\pm 1^{\circ}\text{C}$ при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ и точность $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-40^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$ [7, С.1].

Для подключения к микроконтроллеру будет использоваться пин 0 порта А. Данный порт может принимать аналоговый сигнал, и каждый его пин может быть подключён к аналогово-цифровому преобразователю. Отличительные особенности АЦП [5, С. 198]:

- 10-разрядное разрешение;
- интегральная нелинейность 0,5 младшего разряда;
- абсолютная погрешность ± 2 младшего разряда;
- время преобразования (65 – 260) мкс;
- частота преобразования до 15 тысяч преобразований в секунду при максимальном разрешении;
- 8 мультиплексированных однополярных входов;
- 7 дифференциальных входных каналов;
- 2 дифференциальных входных канала с опциональным усилением на 10 и 200;
- представление результата с левосторонним или правосторонним выравниванием в 16-разрядном слове;
- диапазон входного напряжения АЦП от 0 В до U_{VCC} ;
- выборочный внутренний источник опорного напряжения на 2,56 В;
- режимы одиночного преобразования и автоматического перезапуска;
- прерывание по завершении преобразования АЦП;
- механизм подавления шумов в режиме сна.

Для работы аналоговой части микроконтроллера необходимо подключить питание по схеме, изображённой на рисунке 15.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

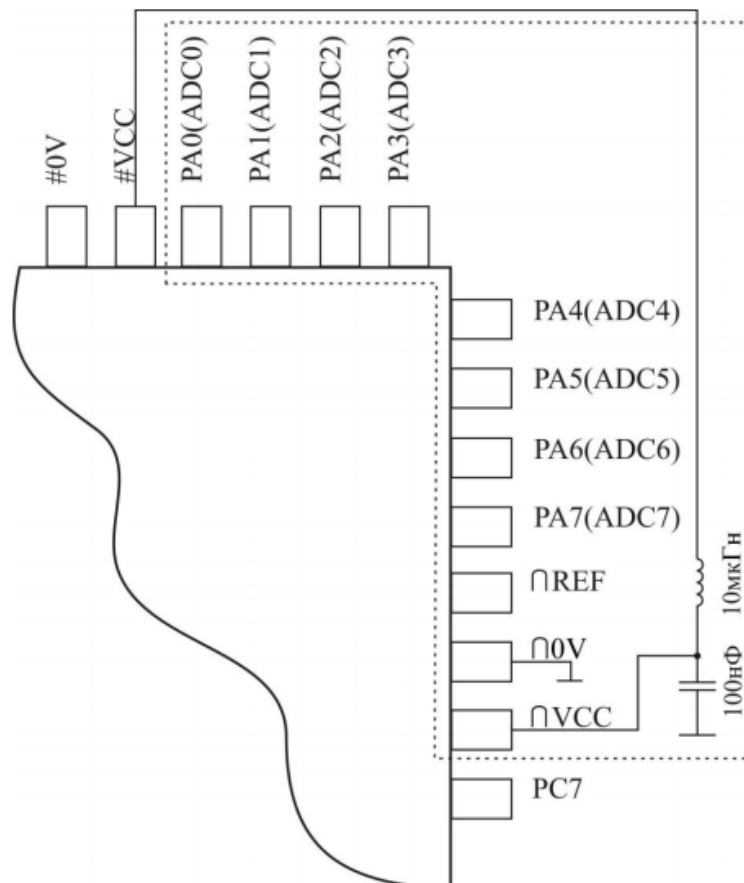


Рисунок 15 – подключение питания АЦП

3.4 Реализация датчика напряжения на вторичных источниках питания

Для определения наличия напряжения на вторичных источниках питания используется схема с использованием оптрона 249ЛП8.



Рисунок 16 – оптрон 249ЛП8

Схема приёма входного напряжения вторичного источника питания изображена на рисунке 17.

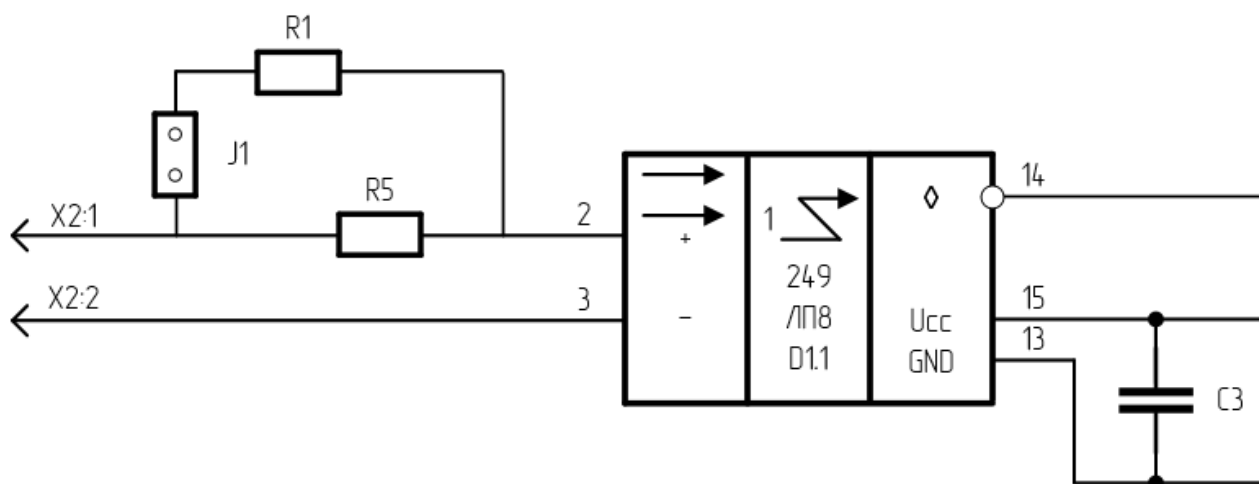


Рисунок 17 – схема подключение оптрона

На входные разъёмы X2 поступает напряжение ± 27 В или ± 15 В. В обычном режиме устройство на вход принимает 27 В. При подключении источника питания с выходным напряжением в 15 В необходимо дополнительно установить перемычку, тем самым подключив дополнительный резистор, который подсоединён параллельно. В качестве разъёма была выбрана вилка Вилка СНП347-16ВП21-В, имеющая 16 контактов.

Для обеспечения гальванической развязки был выбран оптрон 249ЛП8. Устройство оптрона состоит из излучателя света и преобразователя светового луча (фотоприемника). В качестве излучателя в современных приборах используют светодиоды. Выход оптрона подключён к порту В микроконтроллера (4 старших пина). Данная микросхема предназначена для применения в качестве двухканального элемента гальванической развязки в микроэлектронной аппаратуре спецназначения. В схеме устройства их задействовано две, что позволит подключать до четырёх различных вторичных источников питания.

Входное напряжение на светодиоде оптрона может быть от 0,9 В до 2 В. Для выбора подключаемых резисторов был проведён расчёт по закону Ома.

Для входного напряжения 25 В:

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						33
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R = \frac{26.5 \text{ В}}{0.012 \text{ А}} = 2\,208 \text{ Ом.}$$

Таким образом, для резисторов R1-R4 были выбраны резисторы с номиналом в 2.2 кОм.

Для входного напряжения 15 В:

$$R = \frac{13.5 \text{ В}}{0.012 \text{ А}} = 1\,125 \text{ Ом.}$$

Второй резистор подключён параллельно, а значит будет считаться по следующей формуле:

$$\frac{1}{1\,125} = \frac{1}{2\,200} + \frac{1}{R}, \text{ где } R \text{ будет равен } 2500 \text{ Ом.}$$

В данном случае резисторы R5-R8 были выбраны с номиналом 2,7 кОм.

Выходы данной схемы подключаются к старшим пинам порта В (PB4 – PB7) микроконтроллера 1887BE4У

3.5 Реализация контактов отслеживания состояния дверцы стойки и установленных блоков

Отслеживание состояния дверцы стойки и установленных блоков будет производиться при помощи обычных кнопок, выводимых за пределы корпуса устройства. Это достигается посредством разъёма X1 (Вилка СНП347-16ВП21-В, 16 контактов), на контакты которого будет подключаться обычная кнопка.

В схеме участвует стягивающий резистор номиналом в 10 кОм. Шина А – это питание +5 В, шина В – земля.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						34
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

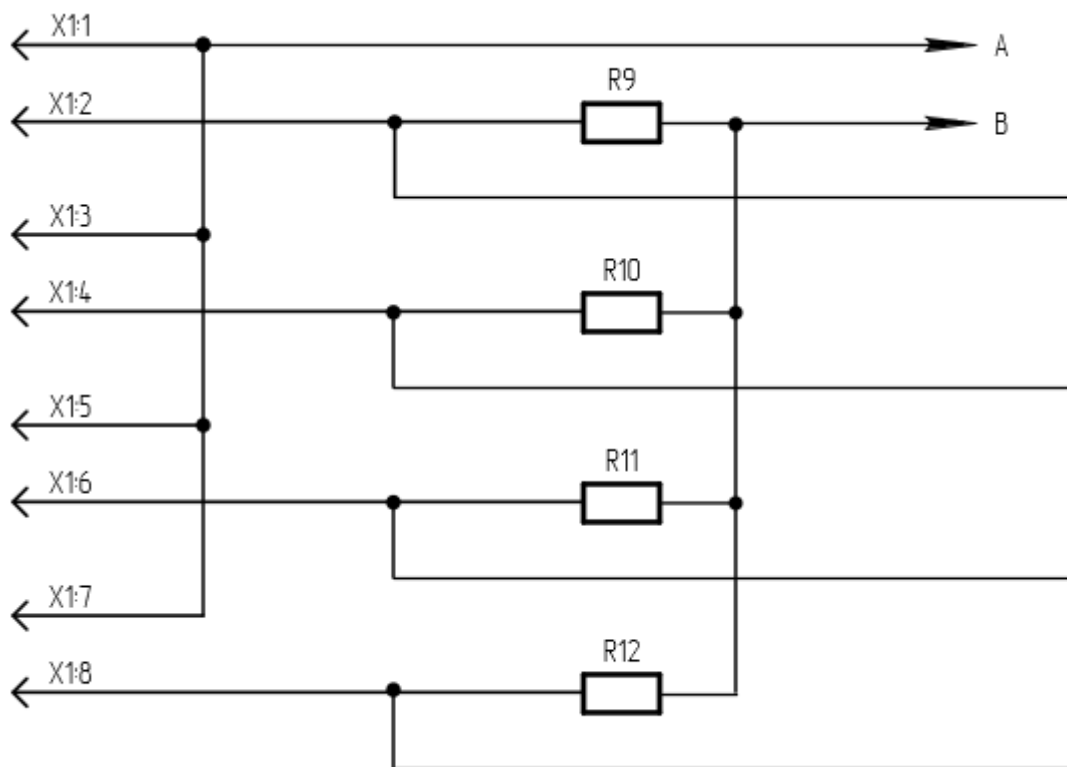


Рисунок 18 – схема подключения внешних контактов

Выходы данной схемы подключаются к младшим пинам порта В (PB0 – PB3) микроконтроллера 1887BE4У.

3.6 Реализация индикатора

В качестве индикатора устанавливается обычный светодиод зелёного цвета. Его вход подключается к пину 3 порта D микроконтроллера. Таким образом, при подаче сигнала с пина PD3 светодиод будет загораться.

В качестве светодиода выбран АЛ102ВМ, изображённый на рисунке 19.



Рисунок 19 – светодиод АЛ102ВМ

Схема подключения индикатора изображена на рисунке 20.

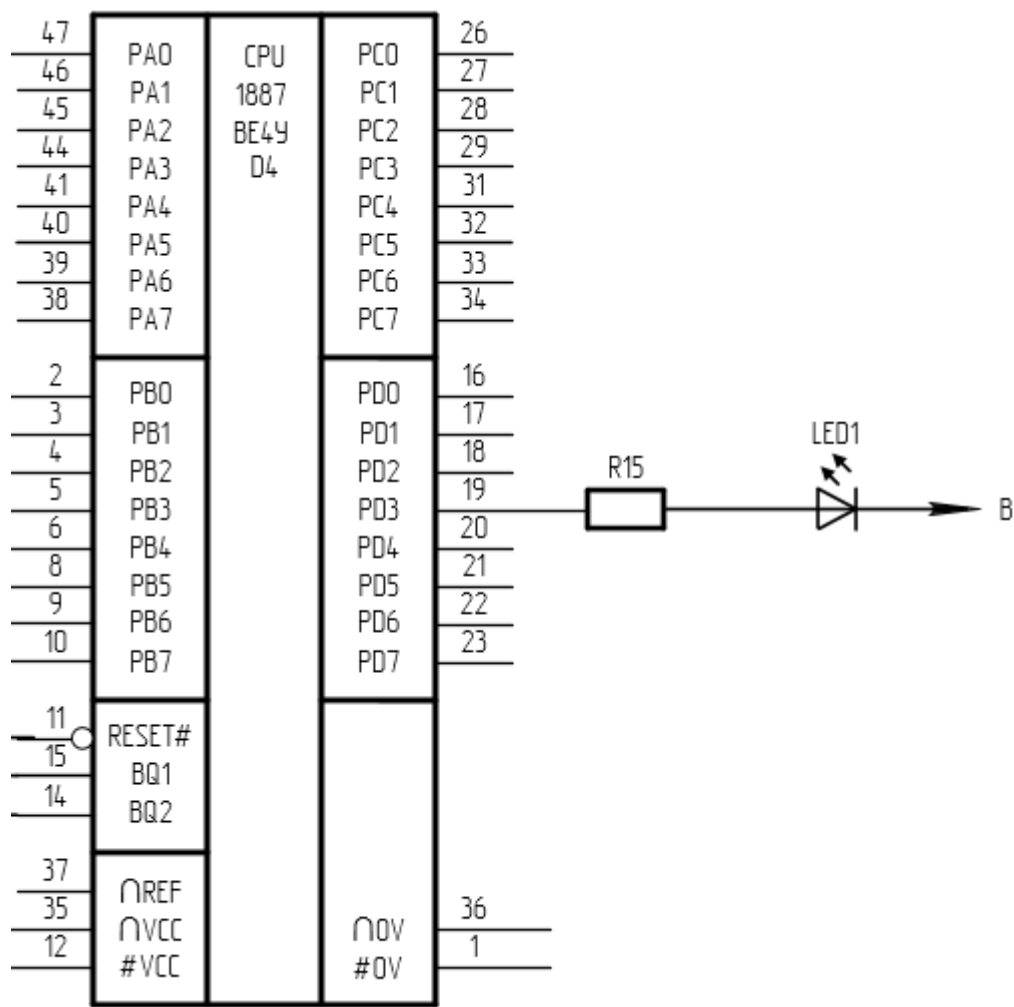


Рисунок 20 – схема подключения индикатора

3.7 Выбор интерфейса RS-485

Для реализации интерфейса RS-485 на микроконтроллере используется схема 2601ИН1П, приемопередатчик с гальванической развязкой со скоростью передачи данных 2,5 Мбит/с.

Особенности [6, С. 1]:

- ТТЛ совместимость по входу;
- ток управления светодиода 5...25 мА;
- 1000 В напряжение изоляции;
- нагрузочная способность передатчика до 150 мА;
- диапазон напряжений по выходу передатчика. входу приемника - 7,0 ... 12,0 В;
- полудуплексный режим;

- скорость передачи 2,5 Мбит/с.

Для подключения к микроконтроллеры важны следующие контакты:

- RO – Выход приемника;
- DE – Разрешение на передачу;
- DI – Вход передатчика;
- GND – Общий;
- A – Прямой вход/выход;
- B – Инверсный вход/выход;
- Vcc – Напряжение питания.

Схема подключения микросхемы 2601ИН1П к микроконтроллеру изображена на рисунке 21. Шина А – это питание +5 В, шина В – земля.

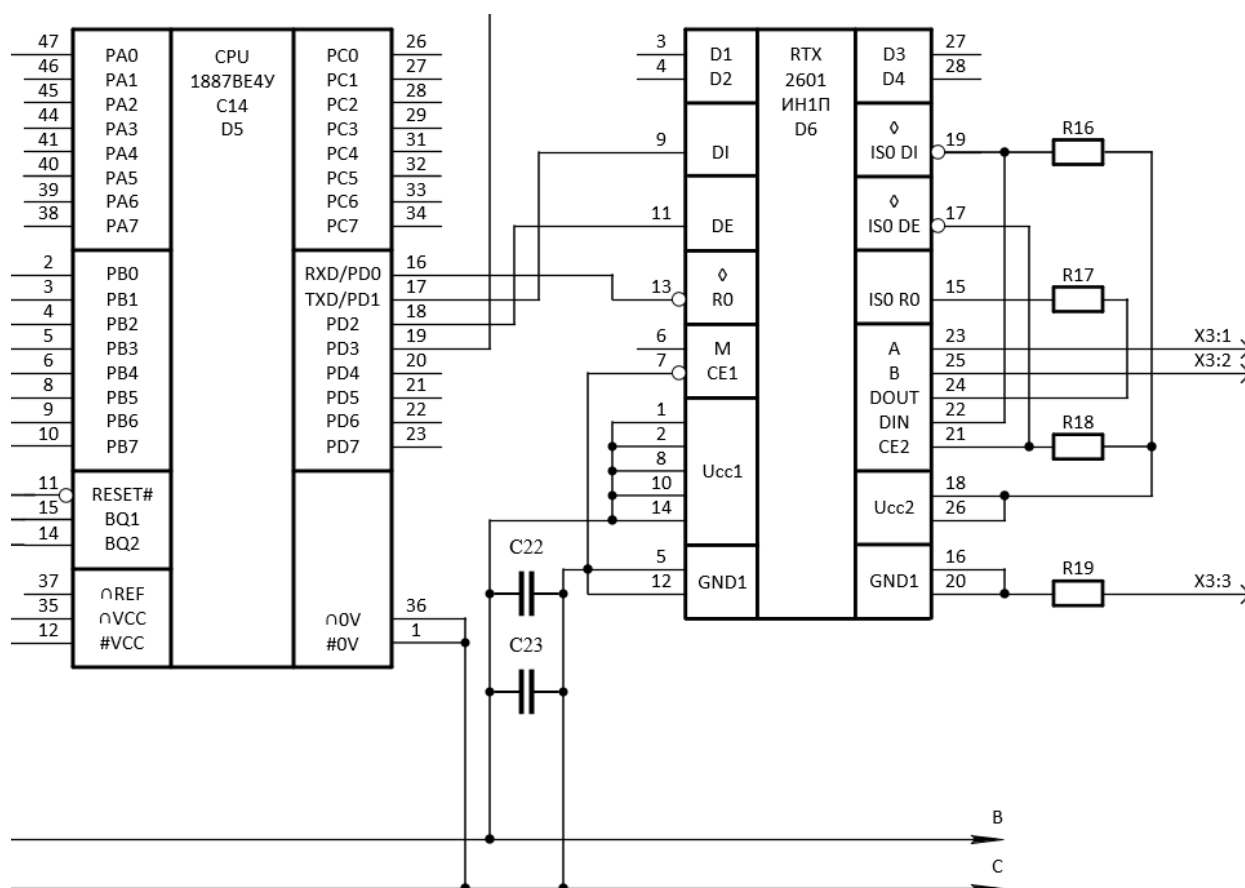


Рисунок 21 – схема подключения интерфейса RS-485

4. Разработка алгоритма работы программы

Задачей данного этапа разработки системы является составление алгоритма работы. Алгоритм - совокупность последовательных шагов, схема действий, приводящих к желаемому результату.

При подаче питания запускается микроконтроллер и первыми действиями должна произойти инициализация.

В процедуру инициализация входят действия по настройке портов на ввод и вывод. Для работы с подключенными устройствами следует настроить порт В на вход, чтобы принимать данные с датчиков напряжения и контактов закрытия дверцы шкафа/стойки.

Необходимо настроить АЦП микроконтроллера. Для этого необходимо разрешить работу АЦП, задать делить, выбрать опорное напряжение от внутреннего источника питания (2,56 В), а также указать у мультиплексора входной аналоговый пин РА0 порта А.

Опрос датчиков должен происходить каждые 10 секунд. У микроконтроллера имеется 3 таймера/счётчика. Один из них следует настроить на 10 секунд (в дальнейшем данный таймер будет называться Т10). Как только он досчитает до 10 секунд, он вызовет прерывание, где перейдёт в соответствующую функцию обработки прерывания. Здесь будет взведён флаг fT10s и пройдёт повторная инициализация таймера.

Потребуется ещё один таймер на 700 миллисекунд (далее Т700ms) для осуществления паузы между сообщениями от ЭВМ по UART. Работает аналогично таймеру Т10s – вызывает прерывание, устанавливает флаг и перезапускается.

Настройка UART заключается в разрешении приёма данных. Скорость связи, режим работы и формат послыки должны быть установлены однократно перед началом выполнения приема данных. Также необходимо разрешить прерывание по завершению приёма (то есть при наличии в буфере не считанных данных будет вызываться прерывания до самого его завершения).

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						38
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По завершению инициализации выполняется глобальное разрешение прерываний. Без этого действия ни одно из прерываний не будет работать.

Перед входом в главный цикл запускается T700ms.

Тело главного цикла выполняется до тех пор, пока устройство работает, то есть, есть питание. В основном здесь производится опрос датчиков каждые 10 секунд, а также изменение состояния индикатора, что отображает работу устройства.

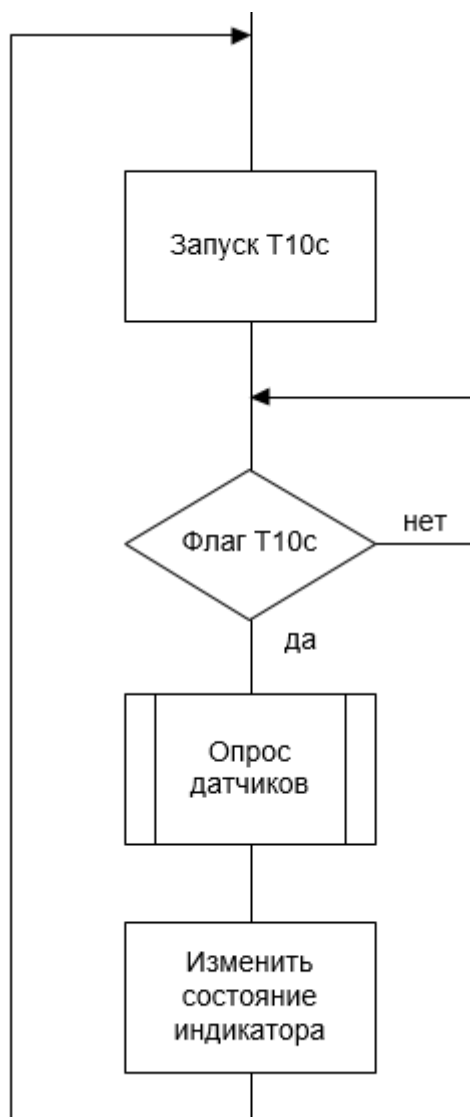


Рисунок 22 – блок-схема тела главного цикла

При поступлении сообщения на UART происходит прерывание и выполнение программы переходит в соответствующий обработчик прерывания. Перед принятием сообщения происходит проверка на выдержку паузы в 700 миллисекунд, иначе сообщение игнорируется.

В данной сети ЭВМ будет представлять собой мастера, а микропроцессорные системы контроля подчинённых. Компьютер в своём запросе передаёт команду для выполнения некоторого действия устройством. Формат отправного пакета компьютера представлен на рисунке 23.

Адрес устройства	Код функции	Контрольная сумма
------------------	-------------	-------------------

Рисунок 23 – формат формируемого сообщения мастером

У каждого модуля контроля на шине есть свой адрес, благодаря которому модуль распознаёт, ему ли принадлежит входящий пакет. Если адрес модуля и адрес в пакете совпадают, тогда модуль обрабатывает входящий пакет, иначе игнорирует его.

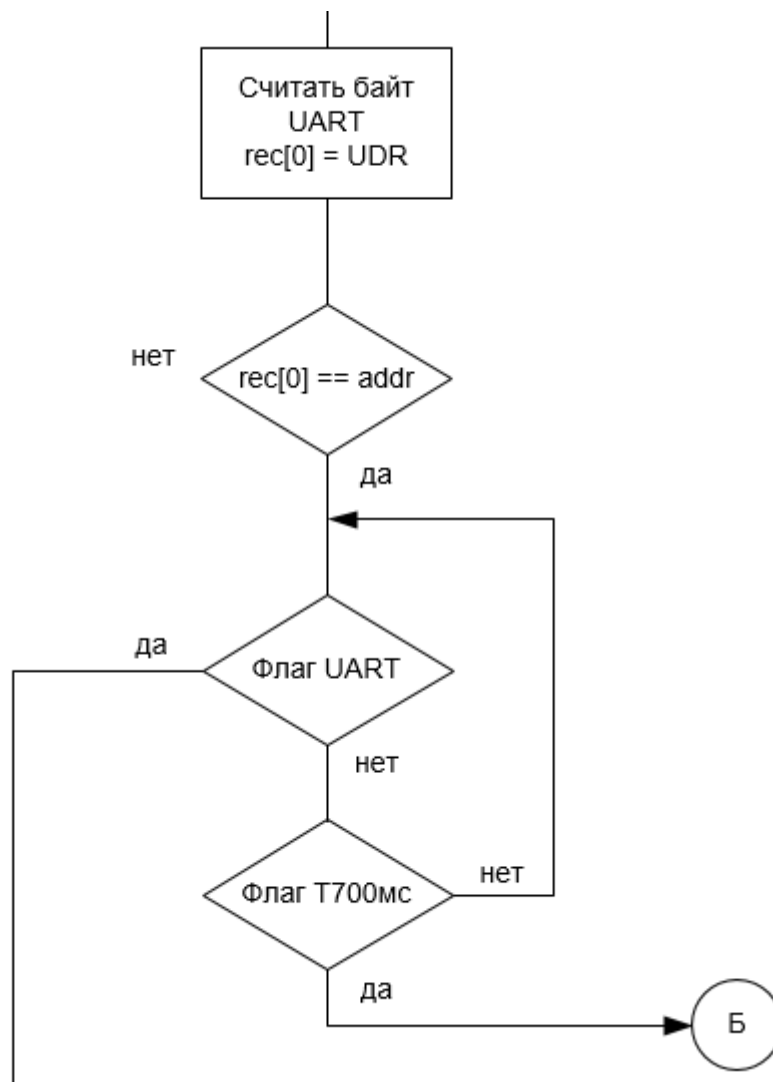


Рисунок 24 – блок-схема чтения байта адреса

Код функции указывает на действие, которое должен выполнить модуль. Всего будет 2 действия: отправить данные с датчиков и сбросить работу микроконтроллера (провести его перезагрузку).

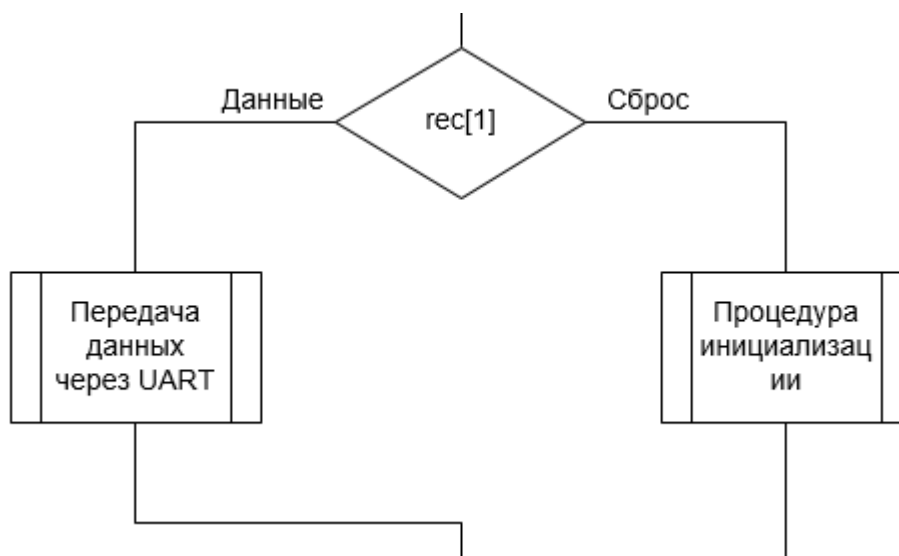


Рисунок 25 – блок-схема обработки кода функции

При передачи данных по линиям связи, используется контрольная сумма, рассчитанная по некоторому алгоритму. Алгоритм часто сложный, конечно, он обоснован математически, но очень уж неудобен при дефиците ресурсов, например при программировании микроконтроллеров.

Без контрольной суммы, передавать данные опасно, так как помехи присутствуют везде и всегда, весь вопрос только в их вероятности возникновения и вызываемых ими побочных эффектах. В зависимости от условий и выбирается алгоритм выявления ошибок и количество данных в контрольной сумме. Сложнее алгоритм, и больше контрольная сумма, меньше не распознанных ошибок.

После того, как клиент принял пакет данных, он также в свою вычисляет контрольную сумму и сравнивает с полученной от мастера. Если они совпадают, значит сообщение получено без ошибок, иначе подчинённый должен отправить сообщение об ошибке принятых данных, формат которого представлен на рисунке 26.

Адрес устройства	Код ошибки	Данные с датчика температуры	Данные с датчиков источников напряжения и внешних контактов	Контрольная сумма
------------------	------------	------------------------------	---	-------------------

Рисунок 26 – формат формируемого сообщения об ошибке подчинённым

Убедившись, что сообщение получено без ошибок, анализируется код функции. Если код функции был командой на «Сброс», тогда работа микроконтроллера возвращается к этапу инициализации. Если компьютер запросил данные с датчиков, тогда формируется сообщение из глобальных переменных с данными и передаётся по UART компьютеру. Формат сообщения ответа представлен на рисунке 27.

Адрес устройства	Код ответа	Данные с датчика температуры	Данные с датчиков источников напряжения и внешних контактов	Контрольная сумма
------------------	------------	------------------------------	---	-------------------

Рисунок 27 – формат формируемого сообщения об ошибке подчинённым

Для отправки сообщения реализована отдельная функция. При передаче байта по последовательном порту необходимо проверять, свободен ли буфер передатчика. После ожидания освобождения буфера, очередной байт помещается в UDR и передаётся на порт.

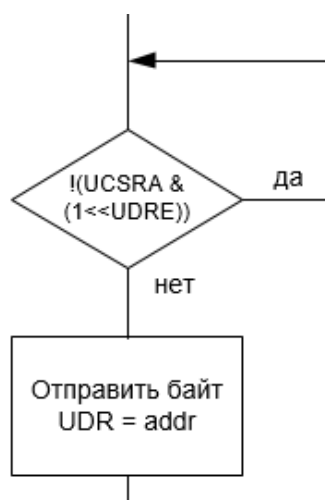


Рисунок 28 – блок-схема передачи байта по UART

В этой же функции формируется сообщение. Сначала передаётся адрес модуля, от которого происходит передача. Затем передаётся код сообщения, означающий правильность чтения команды от компьютера (если команда была прочитана верно, тогда передаётся код ответа, иначе – код ошибки).

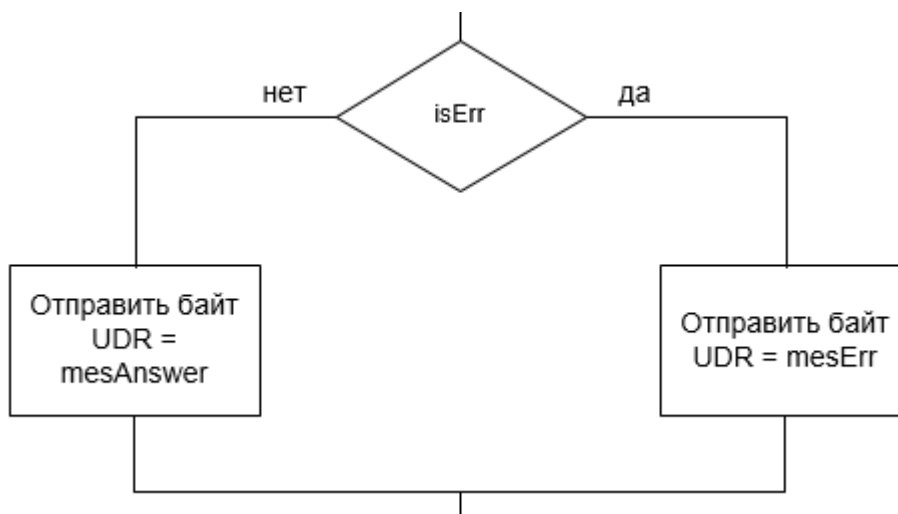


Рисунок 29 – блок-схема передачи кода сообщения

После этого передаются два байта данных, содержащих информацию с датчика температуры (первый байт), с датчиков вторичных источников питания и внешних контактов (второй байт). После этого для получившегося сообщения вычисляется контрольная сумма и также передаётся по последовательному порту на компьютер.

Схема алгоритма представлена в приложении Г.

5. Разработка компонентов программы

В данном разделе будет описана разработка некоторых компонентов программы для управления микроконтроллером в разрабатываемом модуле.

Для написания данной программы будет использован язык программирования Си. Этот язык является распространённым языком программирования. В языке Си предусмотрено множество операций, непосредственно исполняемых большинством микропроцессоров: в то же время он даёт программисту возможность выражать свои алгоритмы и данные наиболее подходящими средствами. Язык Си обеспечивает возможности структурирования данных. Он позволяет разрабатывать большие, но структурированные программы, предоставляя возможность отдельной разработки подпрограмм.

В качестве среды программирования был выбран программный продукт AtmelStudio 7.0.

Atmel Studio (ранее AVR Studio) — основанная на Visual Studio бесплатная проприетарная интегрированная среда разработки (IDE) для разработки приложений для 8- и 32-битных микроконтроллеров семейства AVR и 32-битных микроконтроллеров семейства ARM от компании Atmel, работающая в операционных системах Windows NT/2000/XP/Vista/7/8/10. Atmel Studio содержит компилятор GNU C/C++ и эмулятор, позволяющий отладить выполнение программы без загрузки в микроконтроллер.

Ранее среда разработки носила название AVR Studio, но начиная с версии 6.0, вышедшей в 2012 году, в неё была добавлена поддержка разработки для микроконтроллеров архитектуры ARM, также выпускаемых фирмой Atmel, и среда разработки получила новое название Atmel Studio. Текущая версия (Atmel Studio 7) поддерживает все выпускаемые на сегодняшний день фирмой Atmel микроконтроллеры архитектур AVR, AVR32 и ARM и средства разработки.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						44
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Atmel Studio содержит в себе менеджер проектов, редактор исходного кода, инструменты виртуальной симуляции и внутрисхемной отладки, позволяет писать программы на ассемблере или на C/C++.

В рамках выполнения данной работы были описаны процедуры опроса датчиков и передачи сообщения по последовательному порту UART.

В процедуре опроса датчиков выполняется запись данных, поступающих на соответствующие порты. Первым делом считываем данные с датчика температуры. Для этого в регистр ADCSRA устанавливается флаг ADSC, что сигнализирует аналогово-цифровому преобразователю о начале преобразования аналогового сигнала на входе PA0 (данная настройка выполняется единожды в процедуре инициализации микроконтроллера). По завершению преобразования флаг ADSC будет сброшен и в регистре ADC будет содержаться результат преобразования, который записывается в переменную массива data[0]. Далее считывается состояние датчиков внешних вторичных источников питания и внешних контактов дверцы, которые подключены к порту В и записываются в переменную массива data[1]. Таким образом, по окончании процедуры опроса датчиков данные будут содержаться в массиве data в удобном формате для передаче по последовательному порту UART.

Процедура передачи данных вызывается при обработке входящего сообщения от компьютера. Данная процедура принимает булевского значение для различия ответного сообщения (вторым байтом отправляет код ошибки или ответа). При каждой передаче байта необходимо дожидаться сброса флага UDRE в регистре UCSRA, после чего записывать в регистр UDR отправной байт. Также здесь вычисляется контрольная сумма сообщения, как сумма всех отправляемых байтов (адреса, кода, данные датчика температуры, данные датчиков внешних источников питания и внешних контактов).

Листинг программы представлен в приложении Д.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						45
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. Тестирование модуля контроля

Для тестирования модуля контроля был использован сайт tinkercad.com. Это бесплатное простое приложение для разработки 3D-проектов, электроники и кодов. Его используют преподаватели, дети, любители и проектировщики, чтобы придумывать объекты, проектировать и воплощать их в реальность.

Данный сервис предоставляет возможность эмулировать собственные схемы, но предоставляет сильно ограниченный набор элементов.

Для воссоздания разрабатываемого устройства на базе сервиса Tinkercad используются:

- Плата Arduino UNO, построенная на базе микроконтроллера ATmega328, особенности которого во многом схожи с 1887BE4Y;
- Датчик температуры TMP36;
- 8 кнопок, эмулирующих работу внешних контактов дверцы и установленных блоков стойки и датчиков вторичных источников питания.

Arduino — торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей.

Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino.

Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматики, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика (англ. bootloader). С помощью этого загрузчика

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						46
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пользователь загружает свою программу в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных программаторов. Загрузчик соединяется с компьютером через интерфейс USB (если он есть на плате) или с помощью отдельного переходника UART-USB. Поддержка загрузчика встроена в Arduino IDE и выполняется в один щелчок мыши.

На случай затирания загрузчика или покупки микроконтроллера без загрузчика разработчики предоставляют возможность прошить загрузчик в микроконтроллер самостоятельно. Для этого в Arduino IDE встроена поддержка нескольких популярных дешевых программаторов, а большинство плат Arduino имеет штыревой разъем для внутрисхемного программирования (ICSP для AVR, JTAG или SWD для ARM).

В Arduino IDE встроена возможность создания своих программно-аппаратных платформ. Этой возможностью пользуются сторонние компании, добавляющие в Arduino IDE свои наборы плат и компиляторов-загрузчиков к ним.

Схематичное изображение отладочного модуля изображено на рисунке 30.

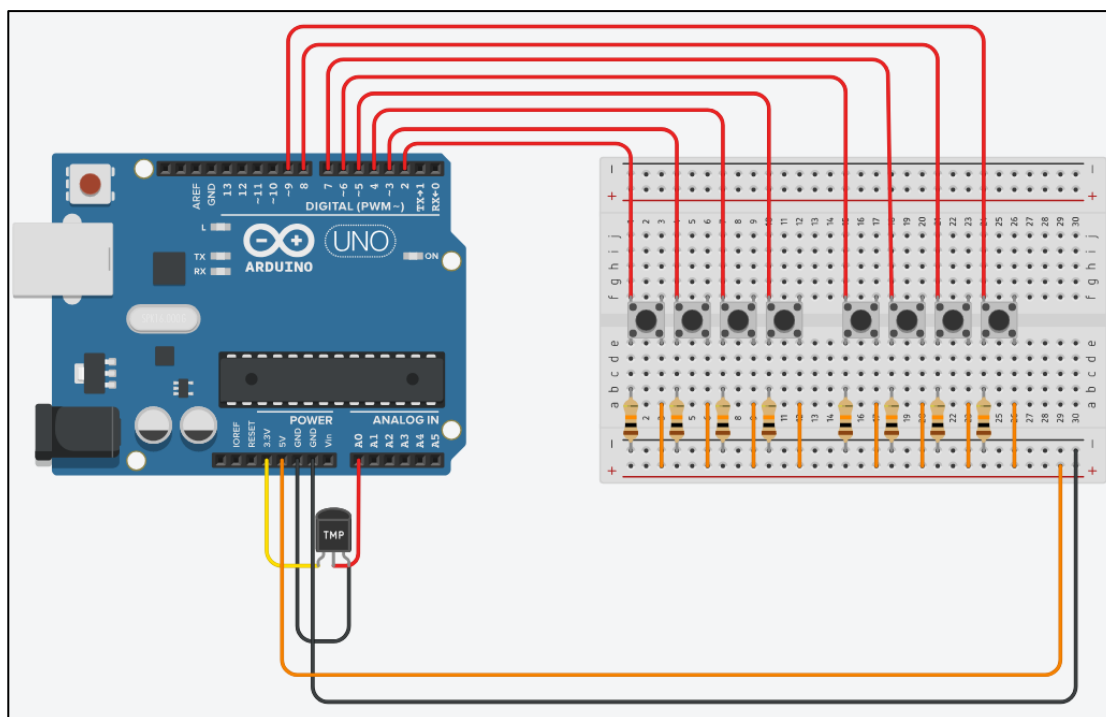


Рисунок 30 – схема отладочного модуля

Программируется данная платформа с использованием языка C++.

Листинг программы отладочного модуля:

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600); // Начало обмена данными с компьютером  
    // по серийному протоколу,  
    // чтобы отобразить результат измерений в серийном мониторе  
}  
  
void loop() {  
    //получаем значения напряжения с датчика температуры  
    int reading = analogRead(0);  
    // преобразовываем полученные данные в напряжение  
    float voltage = reading * 5.0 / 1024;  
    //конвертируем 10 мВ на градус с учетом отступа 500 мВ  
    //в градусы ((напряжение - 500 мВ) умноженное на 100)  
    float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ;  
    Serial.print(temperatureC);  
    Serial.println(" degrees C");  
  
    Serial.print("Contact 1: ");  
    Serial.println(digitalRead(2));  
    Serial.print("Contact 2: ");  
    Serial.println(digitalRead(3));  
    Serial.print("Contact 3: ");  
    Serial.println(digitalRead(4));  
    Serial.print("Contact 4: ");  
    Serial.println(digitalRead(5));
```

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						48
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

Serial.print("Contact 5: ");

Serial.println(digitalRead(6));

Serial.print("Contact 6: ");

Serial.println(digitalRead(7));

Serial.print("Contact 7: ");

Serial.println(digitalRead(8));

Serial.print("Contact 8: ");

Serial.println(digitalRead(9));

delay(5000); //ожидаем 5 секунд
}

```

Результат тестирования изображен на рисунке 31.

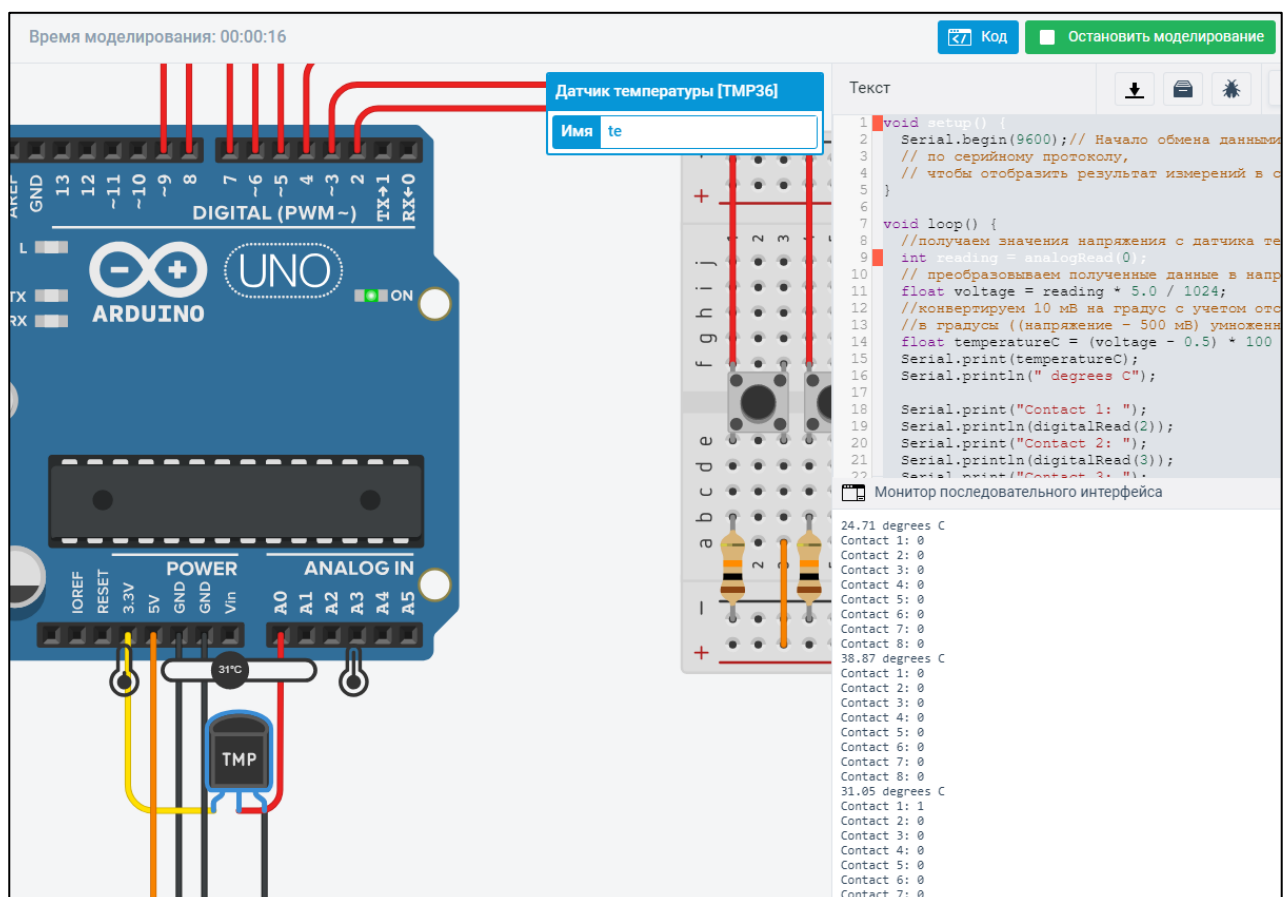


Рисунок 31 – результат тестирования

Над датчиком температуры указывается текущая внешняя температура.

Результат считанных данных отображаются в окне монитора

									Лист
									49
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

последовательного интерфейса. Таким образом можно заметить, что температура на датчике и получившееся значение на микроконтроллере совпадают. Также, была нажата кнопка 1, эмулирующая например состояние дверцы стойки (1 – закрыта, 0 – открыта).

Можно сделать вывод, что отладочная схема модуля работает исправно.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В результате проделанной работы была спроектирована микропроцессорная система контроля радиотехнического комплекса.

Спроектированное устройство позволяет осуществлять контроль над радиотехническим комплексом, а также имеет возможности подключения к внешнему устройству по интерфейсу RS-485. Аппаратные средства, использованные при разработке данного контроллера недороги и доступны широкому кругу лиц. В системе контроля были реализованы следующие функции:

- отслеживание температуры в пространстве;
- контролирование вторичных источников питания (до 4-х);
- определение состояния закрытия стойки и установленных блоков (до 4-х внешних контактов).

В дальнейшем систему можно модернизировать, добавляя различные датчики в устройство, так как осталось ещё немало незадействованных портов.

Были приобретены навыки по проектированию и отладке микропроцессорных модулей.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						51
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. Коннов Н.Н. Программный комплекс для анализа сигналов РЛС (статья) Печатн. Труды IX Международной научно-технической конференции «Новые информационные технологии и системы (НИТИС-2010)», Часть 1:/ Н.Н. Коннов, Р.Н. Федюнин, Е.К. Таранцев, М.И. Чернышев – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. –с С.195-с 200 6с/3с , .
2. Коннов Н.Н. Анализ сигналов РЛС технологическими аппаратно-программными средствами Сб. докладов Международной заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной информатики» ч.2./ Н.Н. Коннов, Р.Н. Федюнин, Е.П. Фирстова, Р.И. Голутвин – г.Коломна.
3. Коннов Н.Н. Система анализа радиолокационной информации Сб. статей X МНТК «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике/ Н.Н. Коннов, Р.Н. Федюнин, Таранцев, Голутвин – Пенза, 21-22 октября 2010г.
4. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники. / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002.
5. АО «НИИЭТ» Научно-исследовательский институт электронной техники [Электронный ресурс]: МИКРОСХЕМА ИНТЕГРАЛЬНАЯ 1887ВЕ4У Руководство пользователя. – 2018. Режим доступа: https://niiet.ru/wp-content/uploads/1.2.1.0_1887BE4U_Травка-К.pdf
6. ОАО"Протон" [Электронный ресурс]: Микросхема интегральная 249ЛП8 Э33.439.005Э. Режим доступа: <http://www.proton-orel.ru/files/products/optopary/germetic/logicheskie/249lp8.pdf>
7. Analog Devices [Электронный ресурс]: Data Sheet TMP35/TMP36/TMP37. – 2015. Режим доступа: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP35_36_37.pdf
8. АО "Протон" [Электронный ресурс]: ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК С ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКОЙ СО СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ 2,5 Мбит/с ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА RS-485 2601ИН1П. – 2017

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						52
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Режим доступа: <http://www.proton-orel.ru/files/products/optopary/germetic/interfeis/6-04-2017/2601in1.pdf>

9. ООО «АЕДОН» [Электронный ресурс]: DC/DC преобразователи МДМ3-П, МДМ5-П, МДМ6-П, МДМ8-П. – 2018. Режим доступа: https://aedon.ru/content/catalog/docs/147/mdm3-p,_mdm5-p,_mdm6-p,_mdm8-p.pdf

10. ООО «АЕДОН» [Электронный ресурс]: Модули фильтров Серия МДМ-Ф. – 2017. Режим доступа: <https://aedon.ru/content/catalog/docs/208/mdm-f.pdf>

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						53
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А.1
Структурная схема модуля контроля

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

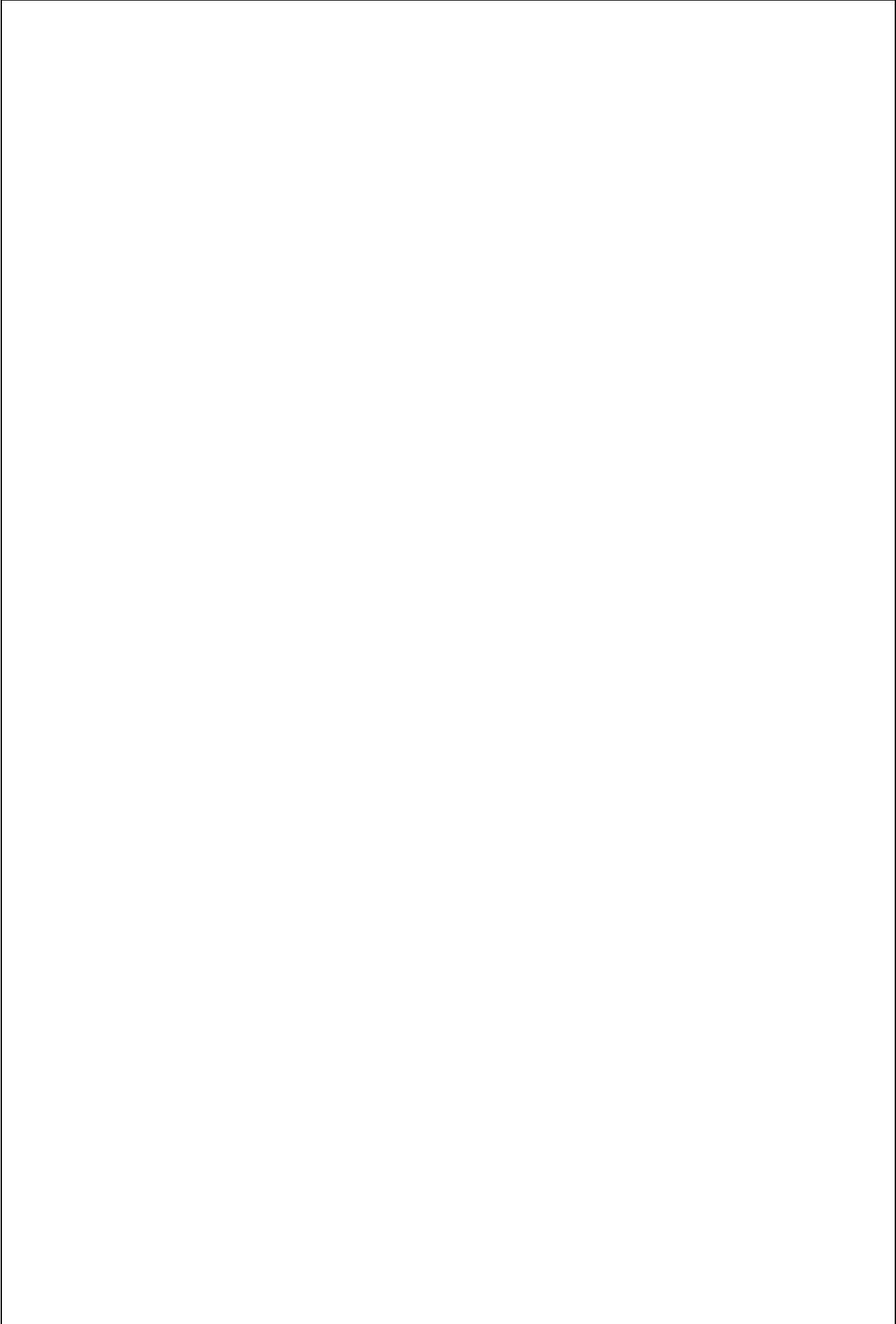
Приложение А.2
Структурная схема системы

					<i>ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						56
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						57
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Б
Схема принципиальная электрическая

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						58
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						59
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение В
Перечень элементов

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						60
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						61
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						62
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Г
Схема алгоритма работы модуля контроля

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						63
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Приложение Д
Листинг компонентов программы

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						66
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

```

// Здесь присваивается адрес устройства в сети
unsigned char addr;

unsigned char mesErr = 1;
unsigned char mesAnswer = 0;

unsigned char data[2];

unsigned char CRC;

void Init(void)
{
    ...
    // Настройка аналогового входа - датчик температуры на PA0
    ADCSRA |= (1 << ADEN) // Разрешение использования АЦП
    | (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 << ADPS0); // Делитель 128 =
    64 кГц
    ADMUX |= (1 << REFS1) | (1 << REFS0); // Внутренний источник
    ОН 2,56В, вход ADC0

    // Настройка порта В: контакты дверцы и датчики вторичных
    источников питания
    DDRB = 0; // настройка порта В на вход
    ...
}

void getData(void)
{
    // считываем температуру с датчика
    ADCSRA |= (1 << ADSC); // Начинаем преобразование
    while((ADCSRA & (1 << ADSC)));
    data[0] = ADC * 165 / 1023;
    // чтение контактов дверцы (младшие 4 разряда)

```

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						67
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

        // и вторичных источников питания (старшие 4 разряда)
        data[1] = PINB;
    }

void transmitData(bool isErr)
{
    // Ожидание освобождения буфера передатчика
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );

    // Отправляем адрес
    UDR = addr;

    // Ожидание освобождения буфера передатчика
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );

    // Отправляем код сообщения
    if (isErr)
    {
        UDR = mesErr;
    }
    else
    {
        UDR = mesAnswer;
    }

    // Ожидание освобождения буфера передатчика
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );

    // Отправляем данные с датчика температуры
    UDR = data[0];

    // Ожидание освобождения буфера передатчика
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );

    // Отправляем данные с датчиков вторичных источников питания
    и внешних контактов

```

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						68
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

UDR = data[1];

// Вычисление контрольную сумму сообщения
if (isErr)
{
    CRC = addr + mesErr + data[0] + data[1];
}
else
{
    CRC = addr + mesAnswer + data[0] + data[1];
}

// Ожидание освобождения буфера передатчика
while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );

// Отправляем контрольную сумму сообщения
UDR = CRC;
}

```

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						69
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Е

Презентация

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						70
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тема работы: «Микропроцессорная система контроля радиотехнического комплекса»

Автор работы: студент группы 15BB1 Жданов Д.М.

Научный руководитель: к.т.н., профессор каф. ВТ ПГУ Коннов Н.Н.

Постановка задачи

Цель работы: создание микропроцессорной системы контроля радиотехнического комплекса.

Контролируемые параметры:

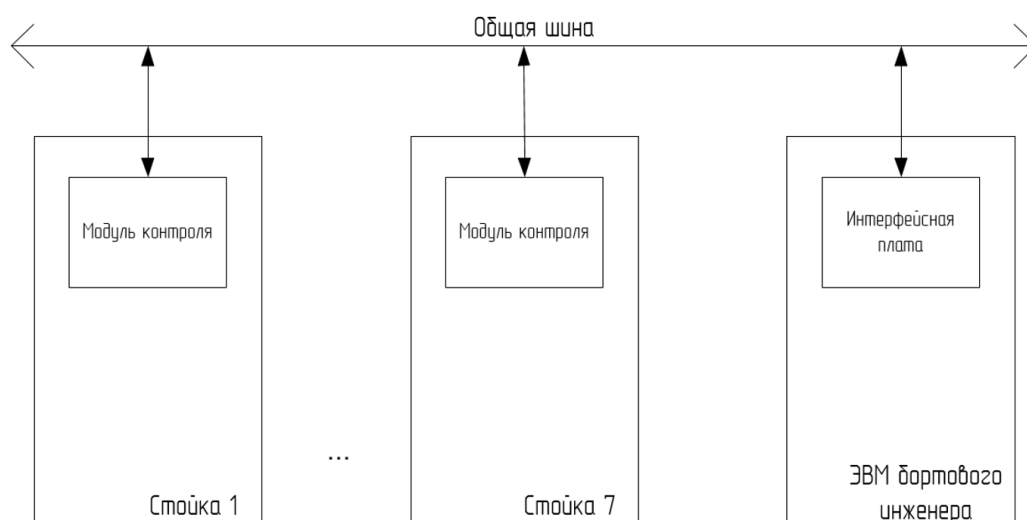
- состояние температуры;
- работоспособность вторичных источников питания;
- состояние дверцы стойки и установленных блоков.

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						71
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подзадачи

- Разработка структурной схемы
 - Выбор компонентов системы
- Разработка принципиальной схемы
 - Выбор элементной базы
- Разработка алгоритма системы
- Разработка компонентов программы микроконтроллера

Структурная схема системы контроля бортового радиотехнического комплекса



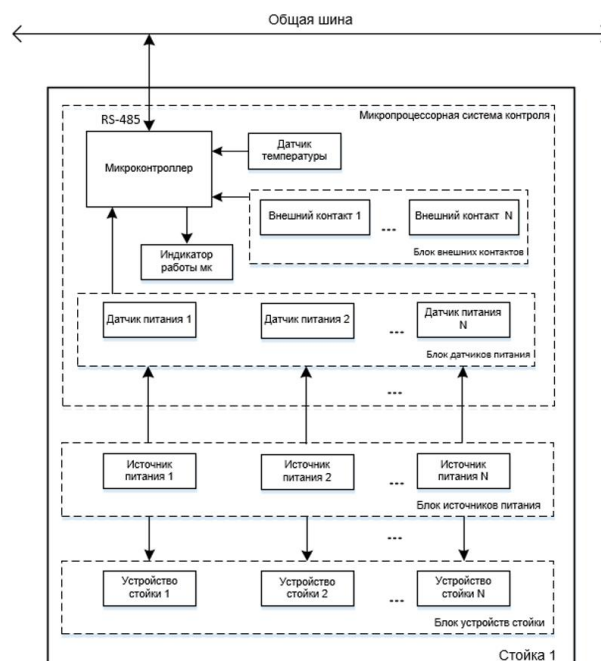
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ

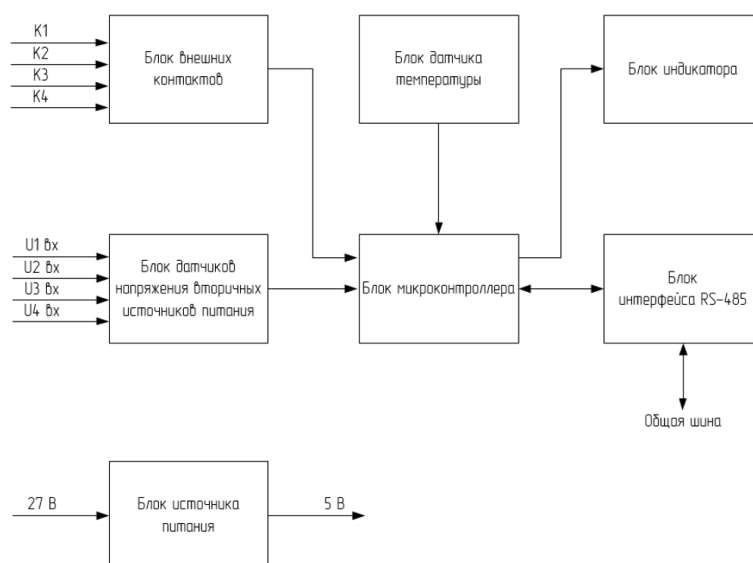
Лист

72

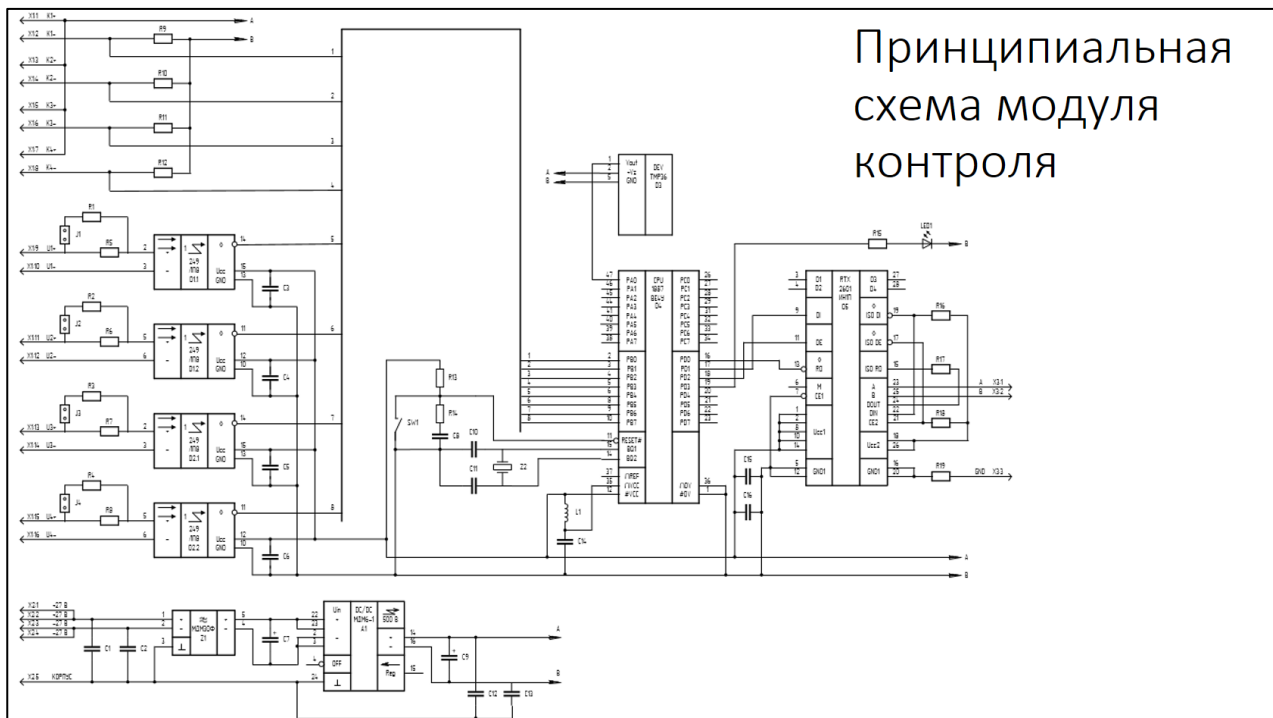
Взаимодействие модуля контроля со стойкой

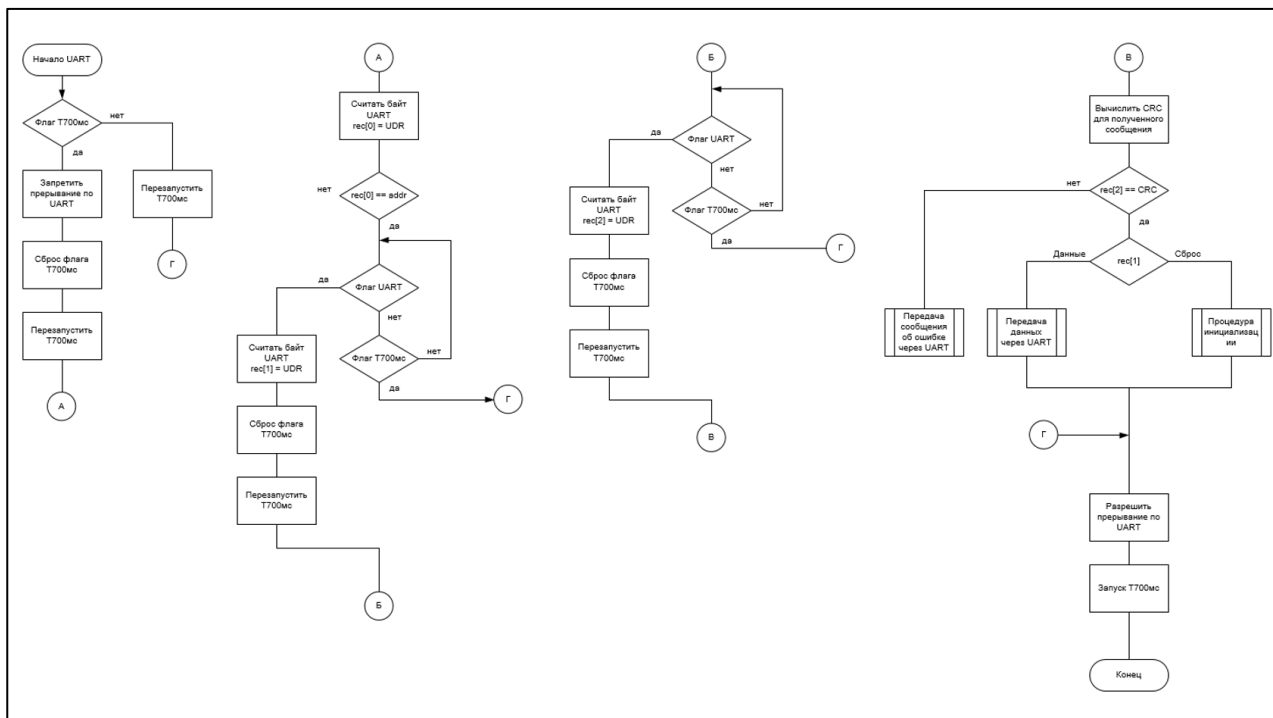


Структурная схема модуля контроля



Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





Форматы сообщений

- Сообщение от компьютера для модуля контроля:

Адрес устройства	Код команды	Контрольная сумма
------------------	-------------	-------------------

- Ответ модуля контроля:

Адрес устройства	Код ответа	Данные с датчика температуры	Данные с датчиков источников питания и	Контрольная сумма
------------------	------------	------------------------------	--	-------------------

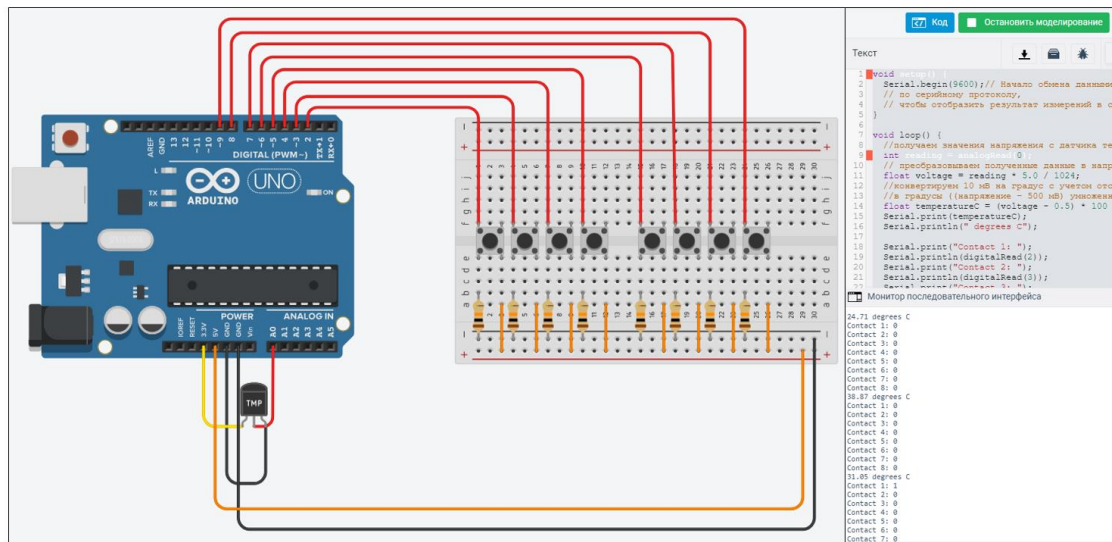
- Ошибочный ответ модуля контроля

Адрес устройства	Код ошибки	Данные с датчика температуры	Данные с датчиков источников питания и	Контрольная сумма
------------------	------------	------------------------------	--	-------------------

Опрос датчиков – компонент программы

```
void getData(void)
{
    // считываем температуру с датчика
    ADCSRA |= (1 << ADSC); //Начинаем преобразование
    while((ADCSRA & (1 << ADSC)));
    data[0] = ADC * 165 / 1023;
    // чтение внешних контактов (младшие 4 разряда)
    // и вторичных источников питания (старшие 4 разряда)
    data[1] = PINB;
}
```

Тестирование системы



Спасибо за внимание

					ПГУ 1.090301.11.001 ПЗ	Лист
						77
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		