

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ О.В. Непомнящий

Подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 __ г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

230101.65 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

код и наименование направления

Система контроля и управления для дачного хозяйства на
микроконтроллерной основе с использованием промышленного интерфейса
CAN

Пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

доцент, канд.техн.наук

должность, ученая степень

В. Г. Середкин

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А. В. Веремеев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

В. Г. Середкин

инициалы, фамилия

Красноярск 2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме дипломного проекта на тему «Система контроля и управления для дачного хозяйства на микроконтроллерной основе с использованием промышленного интерфейса CAN» содержит в себе 68 страниц текстового документа, 1 приложение, 20 использованных источника, 8 иллюстраций.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРФЕЙС, АВТОМАТИЗАЦИЯ, АЛГОРИТМ, БЛОК-СХЕМА, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС, ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ, МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ.

Цель работы: разработка прототипа системы контроля и управления для задач дачного хозяйства на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN.

Задачи:

- Анализ задания на выпускную квалификационную работу и обоснование выбора принятого решения;
- Разработка информационной модели процесса контроля и управления и на ее основе — схемы электрической структурной системы контроля и управления;
- Обоснование выбора функциональных узлов системы и разработка схем электрических функциональных системы контроля и управления;
- Разработка схем электрических принципиальных прототипов модулей системы контроля и управления;
- Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипов модулей системы контроля и управления;
- Обоснование и разработка программного обеспечения для прототипов модулей подсистем в структуре системы контроля и управления;
- Тестирование и отладка прототипов модулей системы на стенде.

Во введении раскрывается актуальность данной работы.

В первой главе произведен анализ задания на выпускную квалификационную работу, рассмотрены несколько существующих решений, обоснование принятого решения.

Во второй главе описана информационная модель процесса контроля и управления, и на ее основе разработаны схемы электрические структурные.

В третьей главе рассмотрены функциональные узлы, обоснован их выбор, и на их основе разработаны схемы электрические функциональные.

В четвертой главе разработаны схемы электрические принципиальные модулей — подсистем в структуре системы контроля и управления.

В пятой главе разработаны блок-схемы их алгоритмов функционирования.

В шестой главе сделан выбор программных средств, и реализованы алгоритмы функционирования на языке C/C++.

В седьмой главе собран отладочный стенд для данной системы, произведена отладка и тестирование прототипов модулей.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Анализ задания на выпускную квалификационную работу	6
1.1. Цель и задачи выпускной квалификационной работы	6
1.2 Обзор существующих решений	6
1.2.1 GSM-сигнализация "Бастион"	7
1.2.2 GSM-сигнализация "Дачник"	8
1.2.3 GSM-сигнализация "Sapsan GSM Pro 6"	9
1.3 Обоснование выбора принятого решения	10
2 Разработка информационной модели процесса контроля и управления.....	11
2.1 Исходные данные для разработки информационной модели процесса ...	11
2.1.1 Блок охраны	12
2.1.2 Блок автоматической поливки садового участка	13
2.1.3 Блок нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора.....	14
2.1.4 Блок дистанционного управления и оповещения	14
2.2 Разработка схем электрических структурных системы	15
3 Разработка схем электрических функциональных системы контроля и управления	18
3.1 Обоснование выбора функциональных узлов системы	18
3.1.1 Микроконтроллер	18
3.1.2 Приемопередатчик CAN	19
3.1.3 GSM – модуль	20
3.1.4 Датчик движения	21
3.1.5 Датчик открытия входной двери	22
3.1.6 Датчик температуры	23
3.1.7 Датчик уровня воды	24
3.1.8 Датчик влажности почвы	25
3.1.9 Исполнительные устройства	26
3.1.10 Формирователь напряжения.....	28
3.2 Схемы электрические функциональные системы контроля и управления.....	30
4 Разработка схем электрических принципиальных прототипов модулей системы контроля и управления.....	32
4.1 Разработка схемы электрической принципиальной прототипа модуля охраны.....	36
4.2 Разработка схемы электрической принципиальной прототипа модуля автоматической поливки садового участка.....	37
4.2.1 Расчет резисторов транзисторного ключа	37

					ДП-230101.65 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Веремеев А.В.			Система контроля и управления для дачного хозяйства на микроконтроллерной основе с использованием промышленного интерфейса CAN. Пояснительная записка.	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Середкин В.Г.					3	63
Реценз.						ВТ		
Н. Контр.		Середкин В.Г.						
Утверд.		Непомнящий О.В.						

4.3	Разработка схемы электрической принципиальной прототипа модуля нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора	37
4.4	Разработка схемы электрической принципиальной прототипа модуля дистанционного управления и оповещения.....	39
5	Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипов модулей системы контроля и управления.....	39
5.1	Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля охраны.....	39
5.2	Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля автополива садового участка.....	44
5.3	Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора.....	48
5.4	Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля дистанционного управления и оповещения.....	53
6.	Обоснование и разработка программного обеспечения для прототипов модулей подсистем в структуре системы контроля и управления.....	56
6.1	Адаптация протокола CAN под решаемую задачу.....	57
6.2	Адаптация GSM-модуля под решаемую задачу.....	58
7.	Тестирование и отладка прототипов модулей системы контроля и управления на стенде	59
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	64
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	65

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни активное развитие получили микроконтроллеры, которые представляют из себя системы на одном кристалле (SoC). Содержащие в себе ядро микроконтроллера — процессор, оперативную память, постоянную память - представленная чаще всего в виде флеш-памяти и довольно большой ассортимент различных периферийных устройств (Порты ввода/вывода, таймеры, АЦП и др.), предоставляющие богатый ассортимент для разработки различных устройств и систем.

С развитием микроконтроллеров, и повышением их доступности активно идет автоматизация различных сфер жизни человека. Где-то лет 20 назад никто не мог и подумать что автоматизация проникнет в нашу жизнь так далеко. По этой причине нам ничто не мешает внедрить систему управления, например, на дачный участок.

В настоящее время проблема автоматизации задач хозяйственного назначения, например, в дачном хозяйстве и подобных направлениях весьма актуально.

Существует огромное количество подобных устройств, в которых разработчики пытаются реализовать разнообразный функционал, который в некоторых конкретных случаях является избыточным. Или используются очень мощные аппаратные средства, тем самым значительно поднимающие цену. Поэтому индивидуальный подход к разработке и использование доступных и дешевых комплектующих более востребовано.

В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу в форме дипломного проекта необходимо разработать прототип системы контроля и управления для задач дачного хозяйства на микроконтроллерной основе с использованием промышленного интерфейса CAN.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 Анализ задания на выпускную квалификационную работу

1.1. Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка прототипа системы контроля и управления для задач дачного хозяйства на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN.

Система должна обеспечить функцию управления автоматическим поливом садового участка в летнее время, нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора в летние дневные часы, функцию охраны помещения и функцию дистанционного управления и оповещения потребителя о состоянии объекта в зимнее время.

Для достижения данной цели определены следующие задачи:

1. Анализ задания на выпускную квалификационную работу и обоснование выбора принятого решения;
2. Разработка информационной модели процесса контроля и управления и на ее основе — схемы электрической структурной системы контроля и управления;
3. Обоснование выбора функциональных узлов системы и разработка схем электрических функциональных системы контроля и управления;
4. Разработка схем электрических принципиальных прототипов модулей системы контроля и управления;
5. Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипов модулей системы контроля и управления;
6. Обоснование и разработка программного обеспечения для прототипов модулей подсистем в структуре системы контроля и управления;
7. Тестирование и отладка прототипов модулей системы контроля и управления на стенде.

1.2 Обзор существующих решений

Были рассмотрены различные решения, которые имеются на рынке, обращая внимание на функционал указанный в выпускной квалификационной работе, а именно: функция автоматического полива садового участка, функция нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора, функция охраны помещения и функция дистанционного управления и оповещения потребителя о состоянии объекта.

В настоящее время на рынке существует огромное количество готовых решений микроконтроллерных систем контроля и управления для задач хозяйственного назначения с разнообразным функционалом, рассчитанным охватить все аспекты своего назначения.

Рассмотрим три из наиболее известных микроконтроллерных систем выполняющих аналогичные функции.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2.1 GSM сигнализация "Бастион"

GSM сигнализация "Бастион" относится к современным системам безопасности, использующим для передачи информационного сообщения сотовую связь. Основным отличием от классических проводных тревожных сигнализаций является наличие GSM модуля. Он не только выполняет функции телефона, но и дополнен интерфейсом для связи с внешними датчиками слежения и исполнительными устройствами [1]. На рисунке 1 изображена охранная система GSM сигнализации "Бастион".

Разнообразные функциональные возможности системы, удобство монтажа, который можно легко выполнить собственными руками и простота настройки обусловили популярность GSM сигнализации "Бастион". Область применения устройства довольно широка: квартиры, дачи, гаражи, удаленные промышленные объекты различного назначения и складские помещения [1].



Рисунок 1 — Внешний вид GSM-сигнализации "Бастион"

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Базовый комплект устройств системы GSM сигнализации "Бастион" включает в себя следующие устройства [1]:

- Главный блок управления системой сигнализации с GSM модулем, интегрированным аккумулятором, внешним блоком питания (12 В, 1 А) и антенной;
- Брелоки дистанционного управления. С их помощью можно устанавливать и снимать объект с охраны в обоих режимах. Кроме того они имеют кнопку тревоги для принудительного срабатывания системы.
- Беспроводные тревожные извещатели: детектор движения, магнитоконтактный датчик;
- Светозвуковая сирена.

Недостатки:

1. Высокая цена;
2. Предназначена только для охраны;
3. Ложные срабатывания;
4. Нет возможности объединения с другими устройствами в одну сеть.

1.2.2 GSM сигнализация "Дачник"

«Дачник» — автономная GSM сигнализация, предназначенная для охраны объектов недвижимости — включения сирены в случае несанкционированного проникновения на территорию охраняемого объекта, а также для оповещения владельца по мобильной связи о попытке проникновения, отключении электричества, повышении уровня воды в погребе или в канализационной емкости, изменении температуры в помещении [2]. На рисунке 2 изображена GSM сигнализация "Дачник".



Рисунок 2 — Внешний вид GSM-сигнализации "Дачник"

											Лист
											8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

Сигнализация «Дачник» позволяет дистанционно включать/выключать сирену, свет, отопление и другую нагрузку, а также задавать контрольную температуру. Система способна работать с 8 телефонными номерами и 8 электронными ключами. Не требует специальных знаний для монтажа. Нет необходимости производить какие-либо настройки — все настройки уже заложены изготовителем на производстве. При необходимости «Дачник» может быть доукомплектован дополнительными датчиками [2].

Недостатки:

1. Высокая цена;
2. Нет возможности объединения с другими устройствами в одну сеть.

1.2.3 GSM сигнализация "Sapsan GSM Pro 6"

Беспроводная система "Sapsan GSM PRO 6" предназначена для дистанционного контроля и охраны объектов недвижимости. На рисунке 3 изображена охранная сигнализация "Sapsan GSM Pro 6".



Рисунок 3 — Внешний вид охранной сигнализации "Sapsan GSM Pro 6"

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Система поддерживает подключение неограниченного числа беспроводных датчиков, которые можно разделить по 12 различным группам (зонам охраны). При срабатывании любого датчика из группы рассылается сообщение с номером сработавшей зоны. Сообщения приходят пользователю на русском языке. Текст сообщений возможно изменять [3].

4 цифровых входа (проводные зоны) позволяют подключать до 40 проводных датчиков (на каждую зону не более 10 датчиков). При этом каждая зона позволяет настроить тип срабатывания датчиков подключаемых к ней НЗ/НО. Срабатывания проводных датчиков передаются на заранее записанные в память устройства номера абонентов (10 номеров) в виде текстовых сообщений [3].

Наличие GSM-модема позволяет своевременно оповестить владельца о неправомерных вторжениях на объект, понижениях температуры, влажности и других технологических характеристик помещения [3].

Система "Sapsan GSM PRO 6" позволяет управлять различными устройствами (в систему входят 3 релейных выхода, а также 5 выходов типа «открытый коллектор»), как дистанционно, так и по заранее заданной последовательности действий [3].

Конфигурация параметров системы возможна с помощью SMS-сообщений, с помощью специальной программы настройщика, установленной на Вашем персональном компьютере, а также с кнопок на контрольной панели (ограниченный набор настроек) [3].

Недостатки:

1. Высокая цена;
2. Низкий уровень автономности.

1.3 Обоснование выбора принятого решения

Из анализа представленных готовых решений микроконтроллерных систем видно что они, как правило, реализуют какой-то функционал по отдельности, например, поливка садового участка или охрана помещения.

По этой причине очень удобно реализовать каждую функцию в виде отдельных подсистем на своем микроконтроллере, и объединить их с помощью какого-то интерфейса в одну единую систему. Для этих целей очень хорошо подходит интерфейс CAN, который есть практически во всех современных микроконтроллерах, и их стоимость довольно низкая. Также этот интерфейс очень хорошо себя показывает в плане отказоустойчивости, удобной организации обмена данными, и довольно большими скоростями до

1 Мбит/с на небольшие расстояния и при низкой скорости большим расстоянием передачи данных не меньше 1 км.

Реализация каждой функции в виде отдельной подсистемы позволяет получить масштабируемую систему, в которую можно добавлять какой-то нужный функционал, или убирать тот функционал, который не нужен.

Поэтому согласно выпускной квалификационной работы разработаны прототипы модулей системы контроля и управления для дачного хозяйства на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN.

2 Разработка информационной модели процесса контроля и управления

2.1 Исходные данные для разработки информационной модели процесса

Для работы всей системы требуется наличие на участке электроэнергии, колодца или скважины, накопительной емкости для воды, распределенной системы форсунок для полива садового участка, бассейна и солнечного теплового коллектора.

Электропитание всех модулей осуществляется через блок питания с выходным напряжением 12 В от сети 220 В, и подводится к модулям подсистем, вместе с шиной CAN, по кабелю UTP2PR24AWG CAT5e.

Водяные электронасосы получают электропитание по отдельной линии от сети переменного тока 220 В.

На рисунке 4 изображена обобщенная информационная модель процесса управления и контроля разрабатываемой системы для дачного хозяйства. На ней изображен объект управления, которым управляет и над которым осуществляет контроль система. Так же на объект управления может воздействовать внешний поток воздействий - внешняя инициализация, например, там могут быть кнопки для включения системы, смены режима работы и другие. Объект управления в свою очередь порождает информационный поток состояний в форме аналоговых неэлектрических величин, которые поступают на блок датчиков. Блок датчиков создает информационный поток состояний в форме аналоговых электрических величин поступающие на блок ввода, обработки и вывода. Данный блок согласно заданным алгоритмам обрабатывает поступающие электрические сигналы и формирует информационный поток управляющих кодов в виде

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

цифровой информации (цифровая величина), который поступает на блок формирователей. Блок формирователей в свою очередь формирует информационный поток силовых управляющих воздействий в аналоговой форме (дискретной форме) поступающих на исполнительные устройства и приводящих их в действие. Исполнительные устройства формируют информационный поток управляющих воздействий в форме неэлектрических аналоговых величин, которые оказывают воздействие на объект управления.

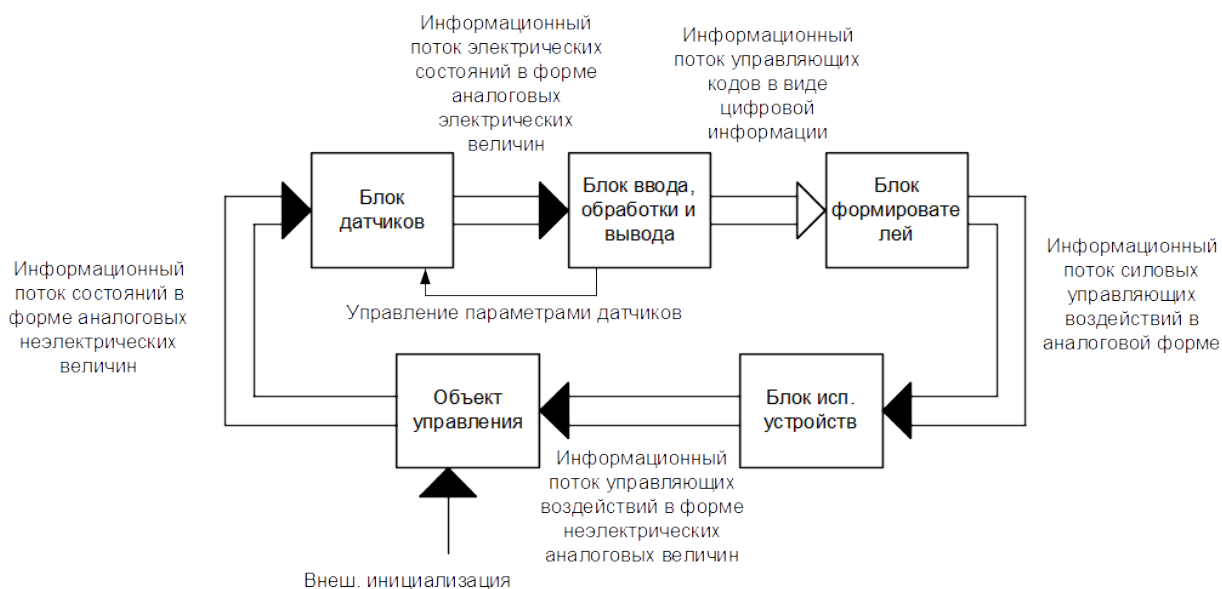


Рисунок 4 - Обобщенная информационная модель процесса управления и контроля

Предлагаемая система контроля и управления для дачного хозяйства содержит четыре блока - подсистемы ввода, обработки и вывода, которые функционируют независимо друг от друга и каждый имеет в своем составе свой микроконтроллер:

- охраны;
- автоматической поливки садового участка;
- нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора;
- дистанционного управления и оповещения.

2.1.1 Блок охраны

Блок имеет в своем составе микроконтроллер к которому подключены датчики. Имеются три датчика: Д1 и Д2 — датчики движения, Д3 — датчик открытия входной двери.

После подачи электропитания микроконтроллер инициализирует все необходимые для работы периферийные устройства.

В случае если полив будет завершен Д5 (влажность в заданном диапазоне) = 1, Д4 = 0, Д2 = 0, Д1 = 0 - будет отправлена тревога о том, что емкость не полная и отсутствует вода в скважине.

Может как получать команды от других блоков, так и передавать команды другим блокам по интерфейсу сопряжения CAN.

2.1.3 Блок нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

Блок имеет в своем составе микроконтроллер к которому подключены интерфейс сопряжения CAN, датчики и водяной насос. Имеется два датчика: Д1 — датчик температуры воды в бассейне, Д2 — датчик температуры поверхности солнечного теплового коллектора.

После подачи электропитания микроконтроллер инициализирует все необходимые для работы периферийные устройства.

Если включен нагрев воды, первым делом начинает проверять температуру, если Д1 < Д2, то включается водяной насос и начинает прогонять воду через коллектор, иначе остается в выключенном режиме.

При включении режима сигнализации о достижении температурой воды заданного диапазона и достижении этой температуры, блок отправляет команды, через интерфейс сопряжения CAN, на блок дистанционного управления и оповещения о том что температура воды в бассейне в необходимом диапазоне.

Может как получать команды от других блоков, так и передавать команды другим блокам по интерфейсу сопряжения CAN.

2.1.4 Блок дистанционного управления и оповещения

Блок имеет в своем составе микроконтроллер к которому подключены интерфейс сопряжения CAN и GSM-модуль.

После подачи электропитания микроконтроллер инициализирует все необходимые для работы периферийные устройства.

Может получать команды от других блоков и отправлять команды другим блокам через интерфейс сопряжения CAN.

По команде полученной GSM-модулем через интерфейс сопряжения передает микроконтроллеру эту команду на обработку.

При получении команд от других блоков, могут поступать команды на отправку AT - команд микроконтроллером через интерфейс сопряжения в GSM – модуль.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2.2 Разработка схем электрических структурных системы

После описания информационной модели процесса управления и контроля системы для задач дачного хозяйства, на ее основе были разработаны схемы электрические структурные.

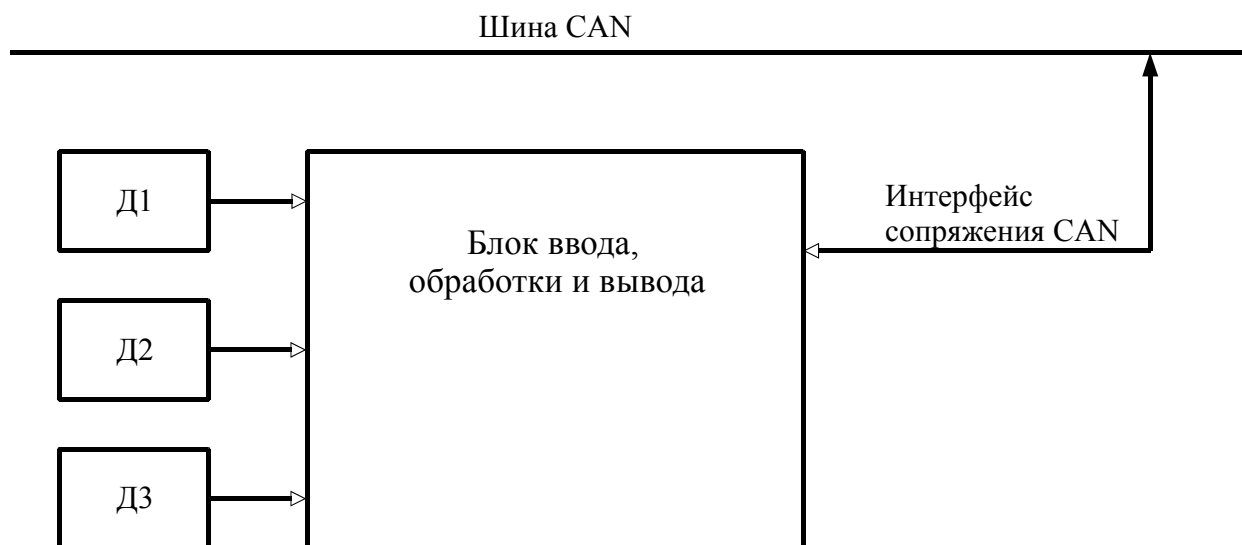


Рисунок 5 — Схема электрическая структурная блока охраны

Схема электрическая структурная блока охраны на рисунке 5 содержит:

- Блок ввода, обработки и вывода, который обеспечивает контроль и управление всеми процессами связанными с охраной помещения или какой-то другой области;
- Интерфейс сопряжения CAN, необходим для подключения данного блока в систему;
- Д1 — датчик движения №1;
- Д2 — датчик движения №2;
- Д3 — датчик открытия уличной входной двери.

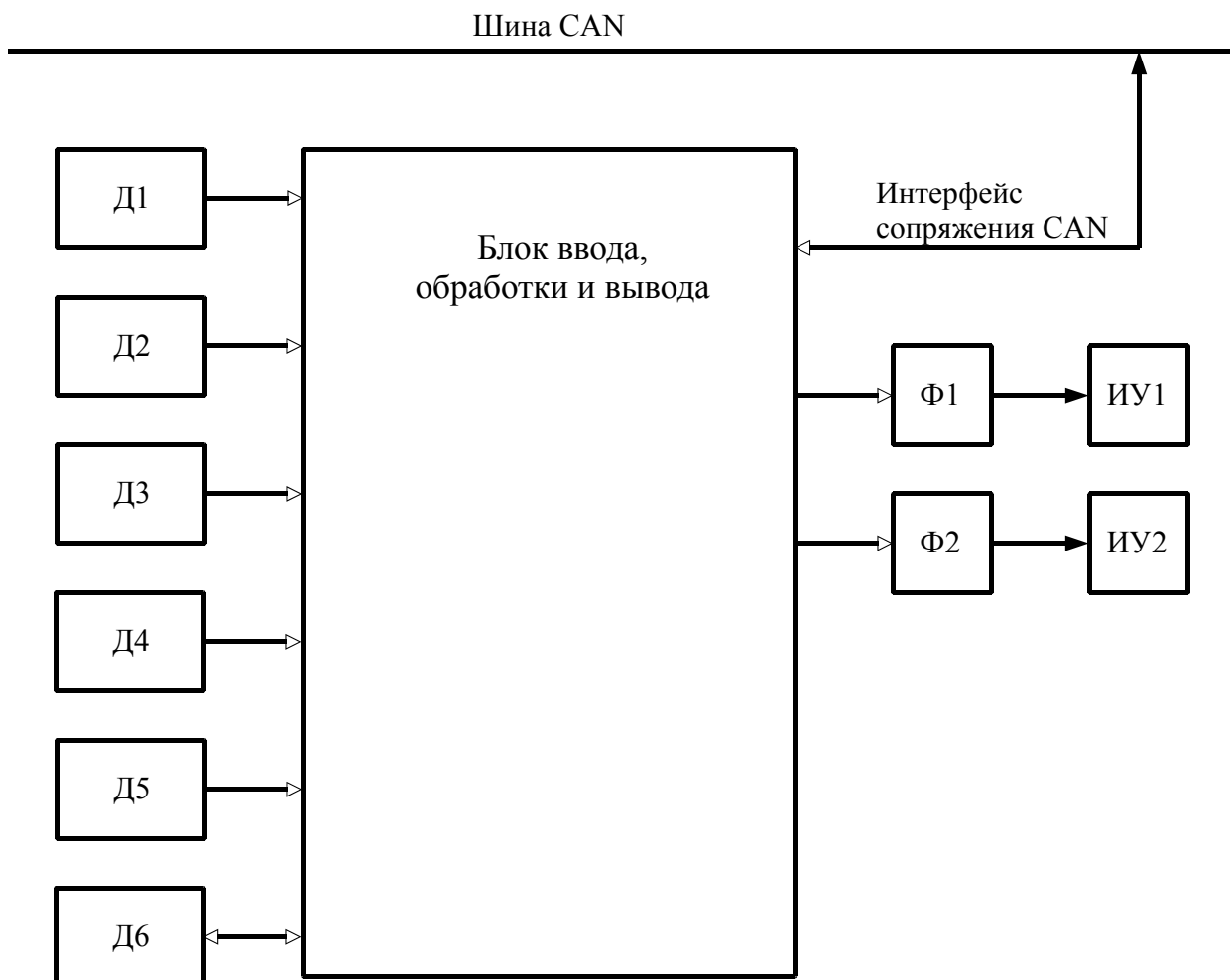


Рисунок 6 — Схема электрическая структурная блока автоматической поливки садового участка

Схема электрическая структурная блока автоматической поливки садового участка на рисунке 6 содержит:

- Блок ввода, обработки и вывода, который обеспечивает контроль и управление всеми процессами поливки;
- Интерфейс сопряжения CAN, необходим для подключения данного блока в систему;
- Д1 - датчик наличия воды в скважине (колодце) - нижний;
- Д2 - датчик, указывающий на то, что скважина (колодец) заполнен - верхний;
- Д2 - датчик наличия воды в емкости с водой - нижний;
- Д3 - датчик верхнего уровня в емкости с водой - верхний;
- Д4 - датчик влажности почвы (цифровой);
- Д5 - датчик температуры воздуха (цифровой);
- Ф1 - формирователь напряжения для исполнительного устройства №1;
- ИУ1 - исполнительное устройство №1, водяной насос, расположенный в емкости с водой;
- Ф1 - формирователь напряжения для исполнительного устройства №2;
- ИУ2 - исполнительное устройство №2, водяной насос, расположенный в скважине (колодце).



Рисунок 7 — Схема электрическая структурная блока нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

Схема электрическая структурная блока нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора на рисунке 7, содержит:

- Блок ввода, обработки и вывода, который обеспечивает контроль и управление всеми процессами нагрева воды в бассейне;
- Интерфейс сопряжения CAN, необходим для подключения данного блока в систему;
- Д1 — датчик температуры воды в бассейне;
- Д2 — датчик температуры поверхности солнечного теплового коллектора;
- Ф1 — формирователь напряжения для исполнительного устройства №1;
- ИУ1 — исполнительное устройство №1, водяной насос, расположенный в бассейне.

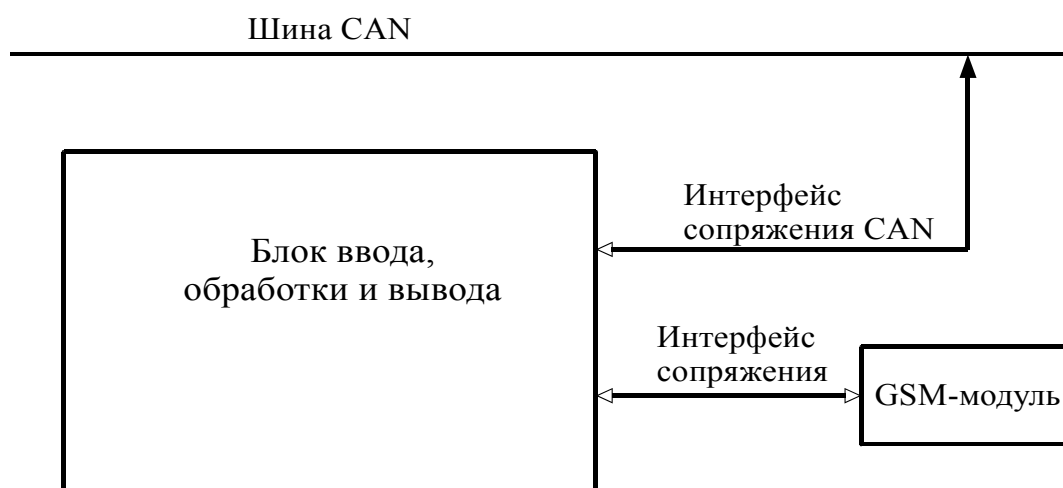


Рисунок 8 - Схема электрическая структурная блока дистанционного управления и оповещения

Схема электрическая структурная блока дистанционного управления и оповещения на рисунке 8, содержит:

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- Протокол PAP для подключения PPP;
- встроенный протокол TCP/IP;
- поддерживается канал управления широковещательной передачей пакетов (PBCCH).
- поддерживаются неструктурированные данные дополнительных услуг (USSD);
- поддерживаются sms – сообщения в режимах MT, MO, CB, текстовом и PDU, которые хранятся на SIM карте;
- поддерживаются SIM карты 1,8 В и 3 В;
- внешняя антенна;
- один полный последовательный порт USART (UART) со скоростью от 1200 бит/с до 460800 бит/с, поддерживается авто-определение скорости от 1200 до 115200 бит/с, так же по этому интерфейсу происходит обновление прошивки.

3.1.4 Датчик движения

Был выбран инфракрасный датчик движения HC-SR501, который вполне подходит как по характеристикам, так и по цене — изображен на рисунке 12.



Рисунок 12 — Инфракрасный датчик движения HC-SR501

При вхождении человека в зону обзора датчика фиксируется присутствие. Принцип работы модуля HC-SR501 заключается в регистрации инфракрасного излучения от подвижного объекта. Чувствительный элемент - пироэлектрический датчик 500BP. Он состоит из двух элементов заключенных в одном корпусе. Чувствительный элемент закрыт белым куполом - линзой Френеля. Особенности линзы Френеля таковы, что инфракрасное излучение от подвижного объекта попадает сначала на один элемент датчика 500BP, затем на другой. Электроника модуля HC-SR501 регистрирует поочередное поступление сигналов от двух элементов из состава 500BP и при фиксации движения выходная цепь модуля формирует логический сигнал [4].

Характеристики датчика HC-SR501:

- напряжение питания: 4,5-20 В;
- диапазон рабочих температур: от -20°C до +80°C;
- напряжения логической единицы и нуля соответствуют 3,3 В TTL - логике;
- дальность обнаружения: 3-7 м (регулируется);
- угол обнаружения: до 110°, на расстоянии 7 м — 120°;
- длительность импульса при обнаружении: 5-200 сек. (регулируется);
- время блокировки до следующего замера: 2,5 сек (регулируется заменой SMD – резисторов);
- имеются два режима: L – одиночный захват, Н – повторяемые измерения (которые включаются установкой перемычки).

3.1.5 Датчик открытия входной двери

В качестве датчика открытия входной двери выбран обычный герконовый датчик SNR-DS-01, который прост и в тоже время надежен, имеет низкую стоимость. Изображен на рисунке 13.

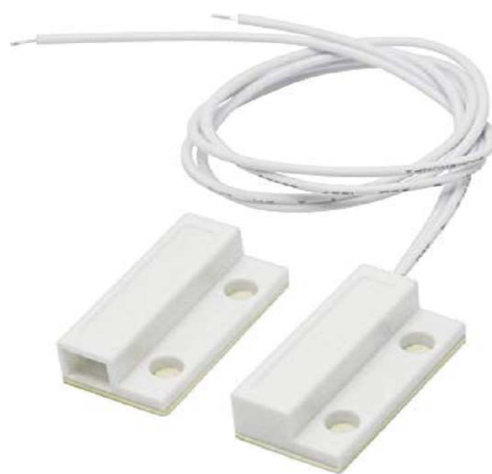


Рисунок 13 — Датчик открытия входной двери SNR-DS-01

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Датчик дождя состоит из двух частей — пластины с контактными дорожками, имеющими определенное сопротивление; и модуля где размещены потенциометр и компаратор LM293. При попадании жидкости на пластину с контактными дорожками, сопротивление начинает снижаться и по достижению заданного уровня, который установлен потенциометром, происходит срабатывание компаратора, и на дискретном выходе D0 появляется логический 0. На модуле так же есть аналоговый выход A0, который изменяет уровень выходного сигнала в зависимости от площади погружения пластины в воду, в разрабатываемой системе он не потребуется, нам достаточно знать есть вода или нет на установленном уровне.

Для данной системы потребуется 4 датчика, при установке пластин с контактными дорожками в емкость с водой и в скважину, необходима герметизация (от воды) соединений подключаемых проводов.

3.1.8 Датчик влажности почвы

В качестве датчика влажности выбран емкостной датчик влажности почвы, изображенный на рисунке 16, который имеет подходящие характеристики, имеет низкую стоимость и в отличие от резистивных датчиков влажности почвы не подвержен коррозии. У датчика есть три вывода: вывод питания V, вывод земли G, и аналоговый вывод A.

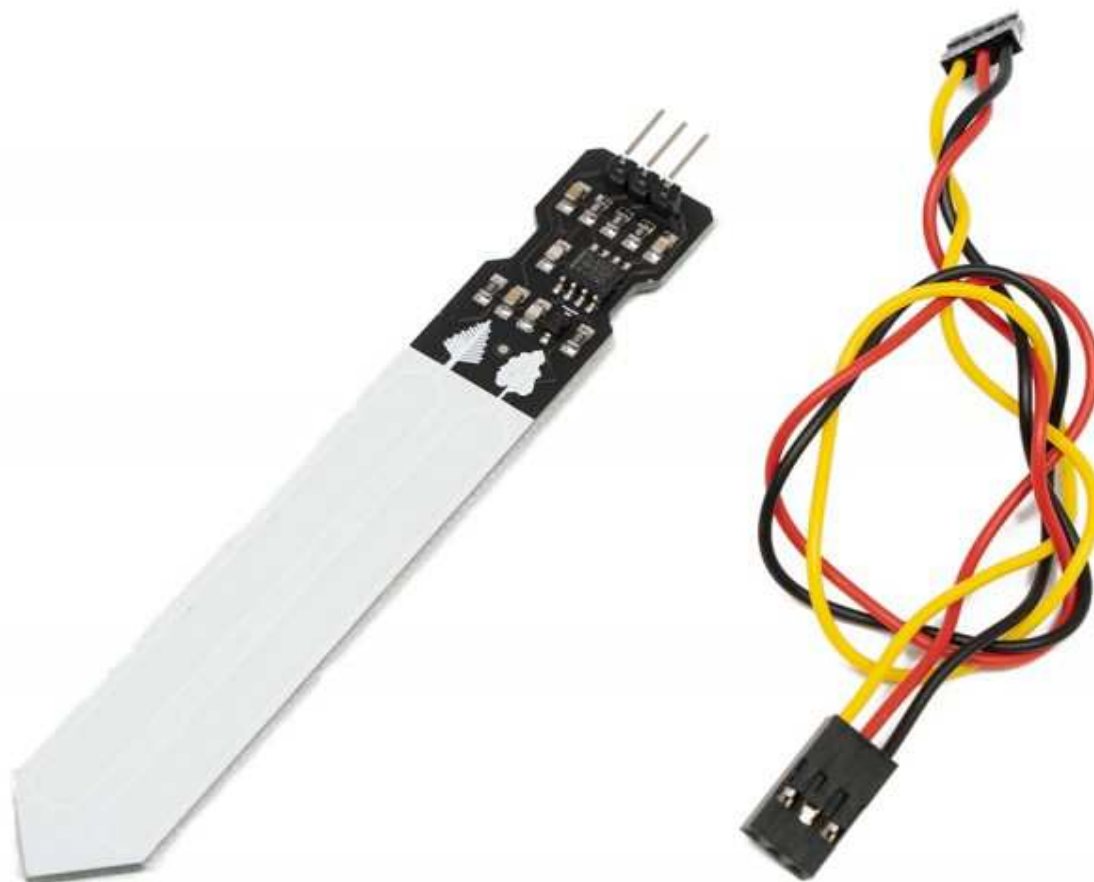


Рисунок 16 — Емкостной датчик влажности почвы

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Так же перед эксплуатацией данного датчика требуется изоляция компонентов и соединений проводов от воздействия окружающей среды.

Имеет следующие характеристики:

- напряжение питания: 3,3 В или 5 В;
- диапазон рабочих температур: от 0°C до +85°C;
- напряжение на выходе датчика: 0,5 – 3,3В;
- глубина погружения в почву: 65мм.

3.1.9 Исполнительные устройства

В качестве исполнительных устройств выступают электрические водяные электронасосы в количестве трех штук: один требуется для перекачивания воды из скважины (колодца) в емкость для воды, другой требуется для перекачивания воды из емкости в распределенную систему форсунок для полива садового участка, и третий необходим для осуществления циркуляции воды между бассейном и тепловым солнечным коллектором.

Для перекачивания воды из скважины (колодца) и из емкости с водой был выбран водяной насос Ручеек-1М изображенный на рисунке 17, который подходит по характеристикам и имеет неплохое соотношение цена/качество.



Рисунок 17 — Водяной электронасос Ручеек-1М

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Водяной насос Ручеек-1М имеет следующие характеристики:

- тип: погружной колодезный;
- глубина погружения: 60 м;
- максимальный напор: 60 м;
- пропускная способность: 1,05 м³/час;
- напряжение питания: 220/230 В;
- потребляемая мощность: 225 Вт;
- механизм насоса: вибрационный;
- установка насоса: вертикальная;
- верхний забор воды, защита от перегрева;
- размеры (ШxВ): 10x28 см;
- вес: 3,6 кг.

К насосу обеспечивающему циркуляцию воды из бассейна в солнечный тепловой коллектор предъявляются более жесткие требования: вал электромотора должен быть изолирован от механизма подачи воды, не должен погружаться непосредственно в бассейн, и должен иметь довольно низкую производительность , чтобы вода могла наиболее эффективней поглощать тепло солнечного теплового коллектора.

В качестве водяного насоса для циркуляции воды из бассейна в солнечный тепловой коллектор выбран фильтр-насос Intex-28638 изображенный на рисунке 18, который подходит по характеристикам и имеет довольно низкую стоимость.



Рисунок 18 — Водяной фильтр-насос Intex-28638

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Водяной фильтр-насос Intex-28638 имеет следующие характеристики:

- тип: фильтр-насос;
- производительность: 3785 л/ч;
- напряжение питания: 220в;
- потребляемая мощность: 130 Вт;
- диаметр отверстия для подключения шлангов: 32 мм;
- вес: 3,67 кг.

3.1.10 Формирователь напряжения

Принято решение использовать в качестве формирователя напряжения для исполнительного устройства, транзисторный электронный ключ - управляющий включением/выключением подачи электропитания на катушку электромагнитного реле.

Ключевым критерием выбора данной конфигурации явилось использование переменного тока 220В для электропитания водяных насосов.

Так как используются водяные насосы с потреблением тока немного превышающим 1А решено выбрать реле с коммутируемым током до 5 А, с небольшим запасом, и напряжением питания катушки реле 5 В, так как наиболее распространены.

Было выбрано реле NRP05-A-05D-H компании «NCR», которое соответствует необходимым характеристикам и имеет низкую стоимость. Изображено на рисунке 19.



Рисунок 19 — Электромагнитное реле NRP05-A-05D-H

Электромагнитное реле NRP05-A-05D-H имеет следующие характеристики:

- напряжение питания катушки: 5 В;
- ток питания обмотки: 40 мА;
- моностабильное;
- поляризация: нейтральное;
- состояние контактов: нормально разомкнутое;
- максимально коммутируемое переменное напряжение: 250 В;
- максимальный коммутируемый ток: 5 А.

Для транзисторного ключа выбран биполярный транзистор типа n-p-n BCX19LT1G в корпусе SOT-23 компании «Fairchild» подходящий по характеристикам и имеющий низкую стоимость, изображен на рисунке 20.



Рисунок 20 — Биполярный транзистор n-p-n BCX19LT1G в корпусе SOT-23

Биполярный транзистор BCX19LT1G имеет следующие характеристики:

- структура: n-p-n;
- максимальное напряжение коллектор-база при заданном обратном токе к и разомкнутой цепи э (Укбо макс): 50 В;
- максимальное напряжение коллектор-эмиттер при заданном токе к и разомкнутой цепи б (Укэо макс): 45 В;
- максимально допустимый ток к (Ik макс): 0,5 А;
- статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$ мин: 100-600;
- граничная частота коэффициента передачи тока $f_{гр.}$: 100 МГц;
- максимальная рассеиваемая мощность: 0,25 Вт
- корпус: SOT-23.

					ДП-230101.65	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.2 Схемы электрические функциональные системы контроля и управления

На Рисунках 21-24 изображены четыре схемы электрических функциональных блоков - подсистем системы контроля и управления для задач хозяйственного назначения на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN.

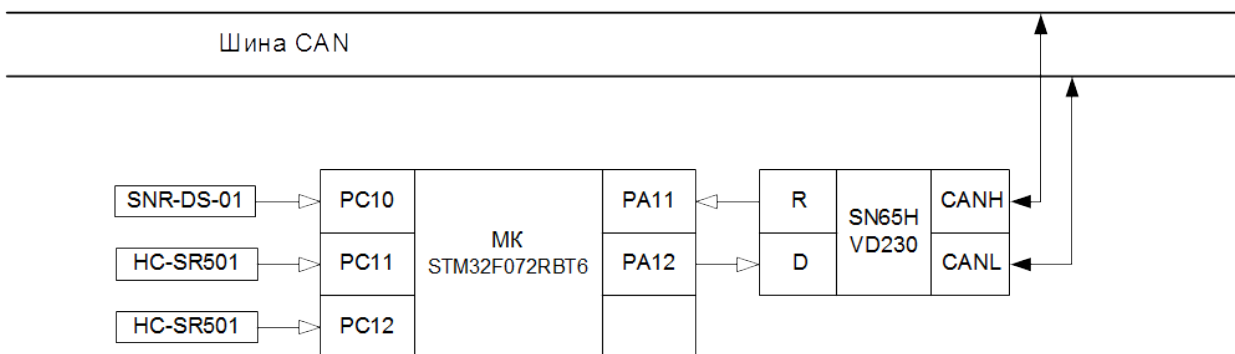


Рисунок 21 — Схема электрическая функциональная блока охраны

На Рисунке 21 изображены следующие элементы подключенные к соответствующим выводам микроконтроллера:

- PA11, PA12 – схема интегральная приемопередатчика CAN SN65HVD230;
- PC10 – датчик открытия входной двери SNR-DS-01;
- PC11, PC12 – инфракрасный датчик движения HC-SR501.

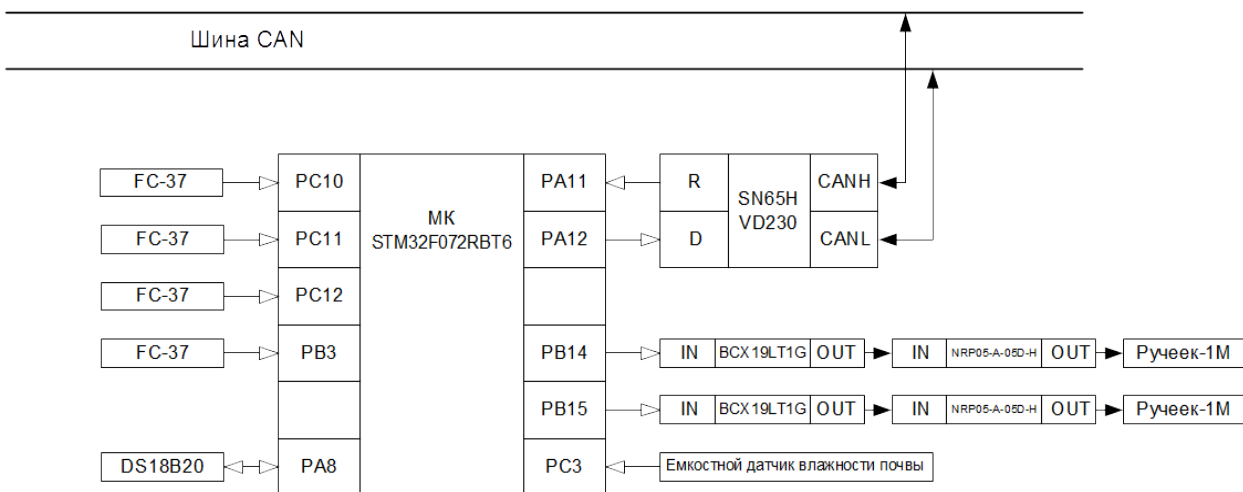


Рисунок 22 — Схема электрическая функциональная блока автоматической поливки садового участка

На Рисунке 22 изображены следующие элементы подключенные к соответствующим выводам микроконтроллера:

- PC10 – датчик наличия воды в скважине (колодце) FC-37;
- PC11 – датчик FC-37, указывающий на то, что скважина (колодец) заполнена;

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

- PC12 – датчик наличия воды в емкости FC-37;
- PB3 - датчик верхнего уровня воды в емкости FC-37;
- PA8 – цифровой датчик температуры DS18B20;
- PA11, PA12 – схема интегральная приемопередатчика CAN SN65HVD230;
- PB14, PB15 – транзистор BCX19LT1G, реле NRP05-A-05D-H и водяной электронасос Ручеек-1М;
- PC3 – емкостной датчик влажности почвы.

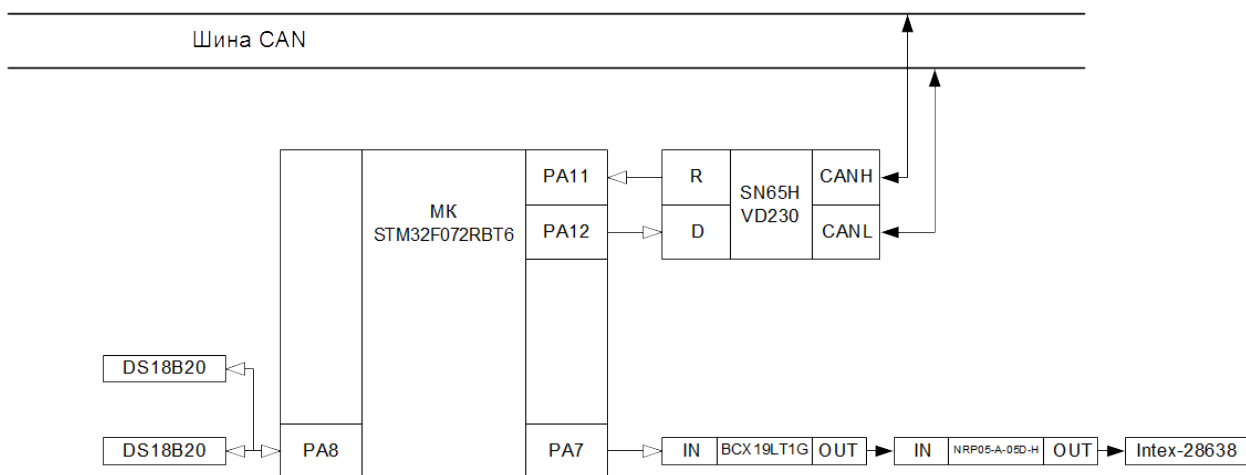


Рисунок 23 — Схема электрическая функциональная блока нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

На Рисунке 23 изображены следующие элементы подключенные к соответствующим выводам микроконтроллера:

- PA8 – два цифровых датчика температуры DS18B20: один для измерения температуры воды, другой для измерение температуры солнечного теплового коллектора;
- PA11, PA12 – схема интегральная приемопередатчика CAN SN65HVD230;
- PA7 – транзистор BCX19LT1G, реле NRP05-A-05D-H и водяной фильтр-насос Intex-28638.

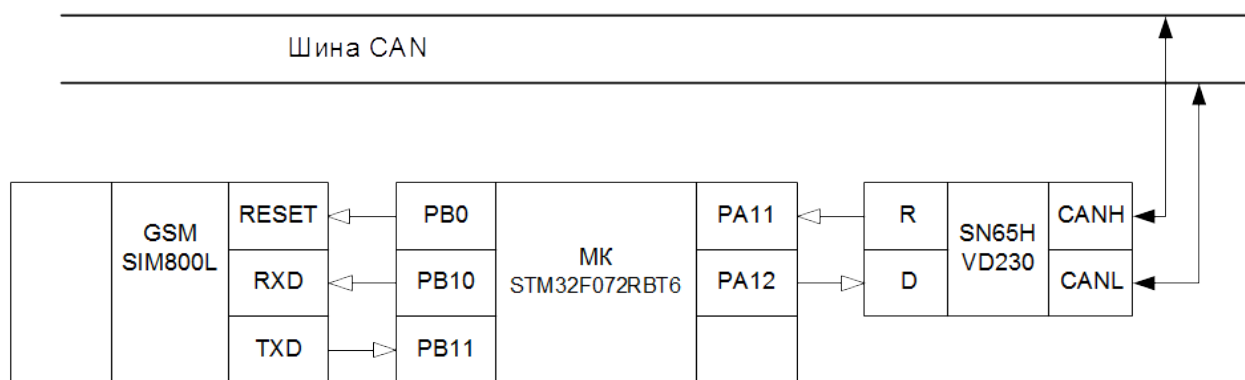


Рисунок 24 - Схема электрическая функциональная блока дистанционного управления и оповещения

На рисунке 24 изображены следующие элементы подключенные к соответствующим выводам микроконтроллера:

- PA11, PA12 - схема интегральная приемопередатчика CAN SN65HVD230;
- PB0, PB10, PB11 - GSM модуль SIM800L.

4 Разработка схем электрических принципиальных прототипов модулей системы контроля и управления

Типовая схема для микроконтроллера STM32F072RBT6 представлена в документации: «AN4080 - Примечание по применению - Начало работы с STM32F0x1/x2/x8 разработка оборудования», которую предоставляет сам разработчик данных микроконтроллеров. Она будет одинакова для всех четырех прототипов модулей системы контроля и управления для задач хозяйственного назначения на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN.

Схема электрическая фильтров электропитания микроконтроллера имеет следующий вид, изображенный на рисунке 25.

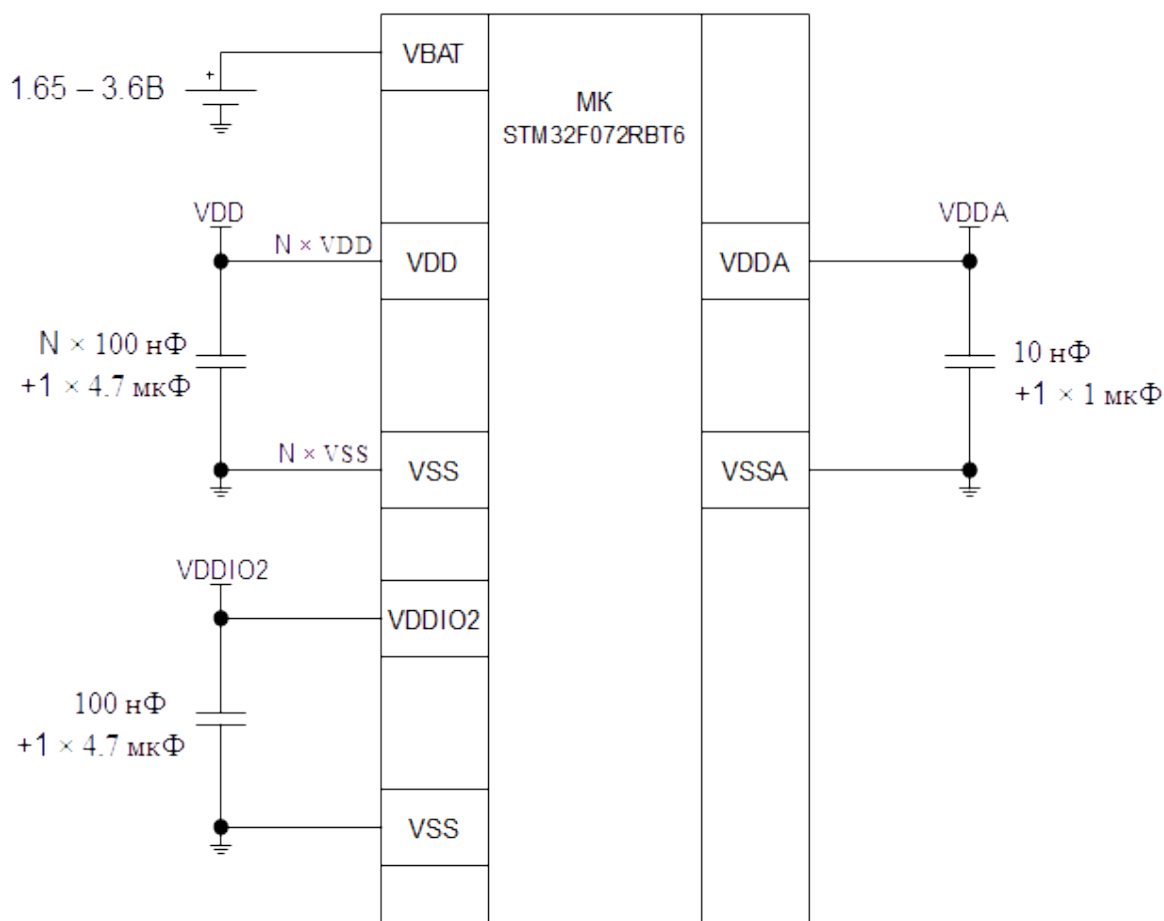


Рисунок 25 — Схема электрическая фильтров электропитания

Так как отдельного питания для VBAT, VDDA и VDDIO2 не будет то эти выводы следует подключить к VDD.

Выводов VDD у данного микроконтроллера в корпусе LQFP64 всего три, следовательно нужно подключить три керамических конденсатора по 100 нФ параллельно и плюс один электролитический конденсатор на 4,7 мкФ.

На рисунке 26 изображен фрагмент схемы, который отвечает за выбор памяти для загрузки программы для исполнения. JP3 – переключатель, R – резистор 10 кОм. При установке перемычки на переключателе в позицию 1-2 на выводе BOOT будет установлена логическая «1», что соответствует выбору системной памяти, при которой запустится системный загрузчик и произведет инициализацию USART1 для загрузки прошивки. При установке перемычки на переключателе в позицию 2-3 на выводе BOOT будет установлен логический «0», что соответствует выбору основной флеш памяти, при которой будет исполняться прошивка микроконтроллера.

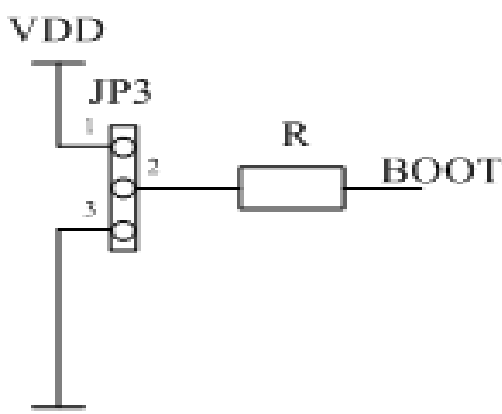


Рисунок 26 — Фрагмент схемы электрической: выбор области памяти при старте микроконтроллера

На рисунке 27 изображен разъем JP2, который необходим для загрузки прошивки в микроконтроллер через внешний переходник USB-UART. Вывод 1 — PA10 – USART1_RX, вывод 2 - PA9 – USART1_TX, а вывод 3 — GND.

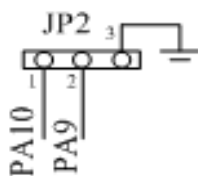


Рисунок 27 — Фрагмент схемы электрической: загрузка прошивки через USART1

На рисунке 28 изображено подключение часового кварца Y, где C1 и C2 – керамические конденсаторы емкостью 10 пФ.

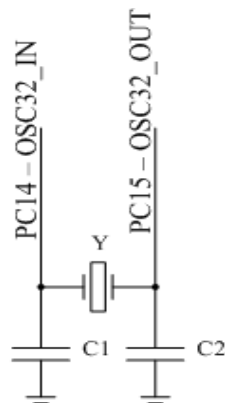


Рисунок 28 — Фрагмент схемы электрической: подключение часового кварца

На рисунке 29 изображено подключение кварца $Y - 8$ МГц, где $C1$ и $C2$ — керамические конденсаторы емкостью 20 пФ, R — резистор, сопротивлением 390 Ом.

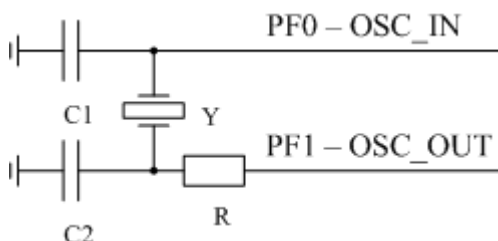


Рисунок 29— Фрагмент схемы электрической: подключение основного кварца

На рисунке 30 изображена кнопка сброса B и керамический конденсатор C емкостью 100 нФ.

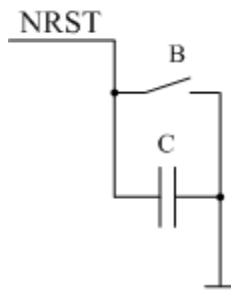


Рисунок 30 — Фрагмент схемы электрической: подключение кнопки сброса

Так же во всех прототипах модулей системы, подключается схема интегральная $D1$ приемопередатчика CAN — $SN65HVD230$. Где $R1$ — резистор, сопротивлением 120 Ом, необходимый для настройки шины CAN. Включается и отключается установкой переключки в разъем $X2$, чтобы подключить резисторы на обеих сторонах шины CAN. Необходимые для устранения отражения сообщений на концах шины и убедиться, что она получает соответствующие уровни тока. Для корректной работы шины CAN между проводами $CANH$ и $CANL$ должно быть сопротивление близкое или равное 60 Ом. Резистор $R2$ необходим для подтяжки вывода Rs к земле,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

чтобы приемопередатчик CAN находился постоянно в рабочем состоянии. С помощью разъема X1 блоки подключаются к шине CAN, где вывод 1 — CANH и вывод 2 — CANL.

Электропитание для каждого блока будет выполнено в виде сборочных единиц. Для прототипа модуля дистанционного управления и оповещения условное графическое обозначение электропитания представлено на рисунке 31 и схема электрическая принципиальная на рисунке 32.

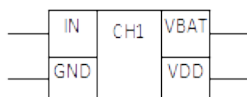


Рисунок 31 - Условное графическое обозначение электропитания прототипа модуля дистанционного управления и оповещения

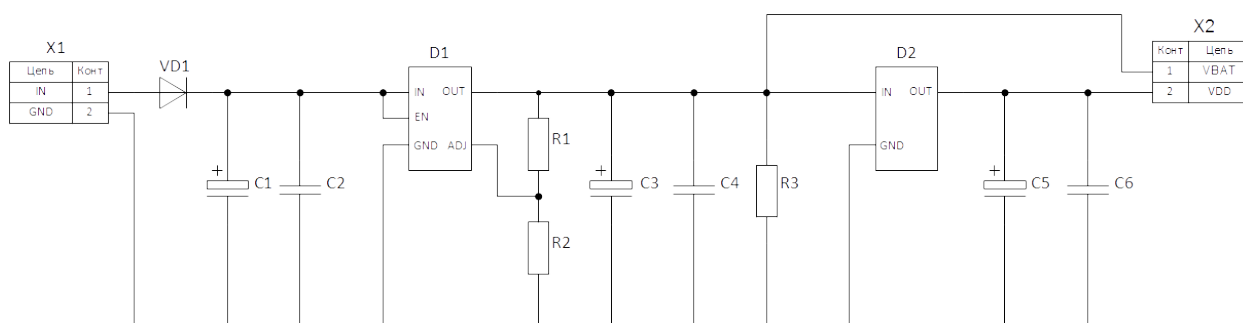


Рисунок 32 - Схема электрическая принципиальная электропитания прототипа модуля дистанционного управления и оповещения

На рисунке 32 изображены следующие элементы:

1. Регуляторы напряжения: D1 - MIC29302, D2 - LM1117GS-3.3;
2. Выпрямительный диод VD1 - GS3A;
3. Конденсаторы: C1 - 100 мкФ, C2 - 1 мкФ, C3 - 330 мкФ, C4 - 100 нФ, C5 - 10 мкФ, C6 - 100нФ;
4. Резисторы: R1 - 150 кОм, R2 - 43 кОм, R3 - 470 Ом.

На вход IN разъема X1 подается +12В, и выдает напряжение на выходах разъема X2: VBAT - 5.6В, VDD - 3.3В.

Для прототипов модулей охраны, автополива садового участка и нагрева воды в бассейне условное графическое обозначение представлено на рисунке 33 и схема электрическая принципиальная на рисунке 34.

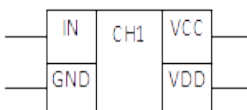


Рисунок 33 - Условное графическое обозначение электропитания прототипов модулей охраны, автополива садового участка и нагрева воды в бассейне

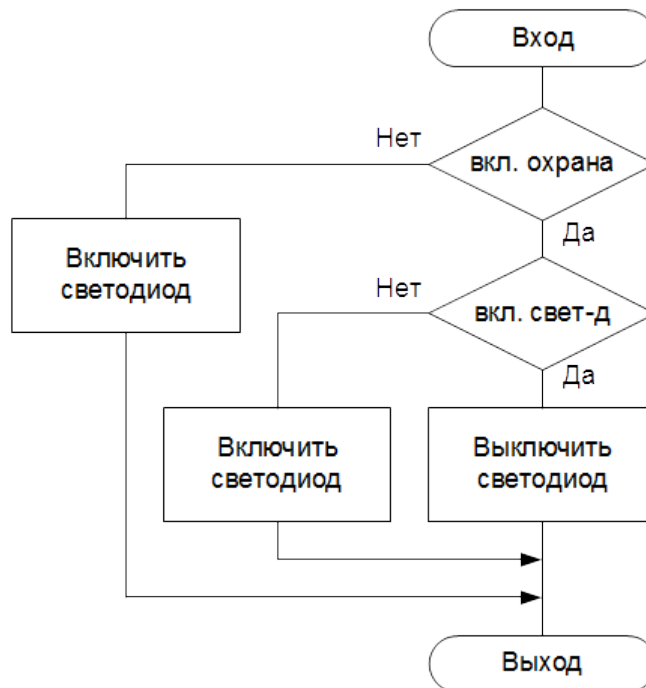


Рисунок 37 - Блок-схема функционирования световой индикации

На рисунке 38 изображена блок-схема проверки датчиков. На ней видно что при включении режима охраны происходит опрос всех датчиков. При обнаружении срабатывания датчиков происходит отправка соответствующей тревоги по CAN шине прототипу модуля дистанционного управления и оповещения.

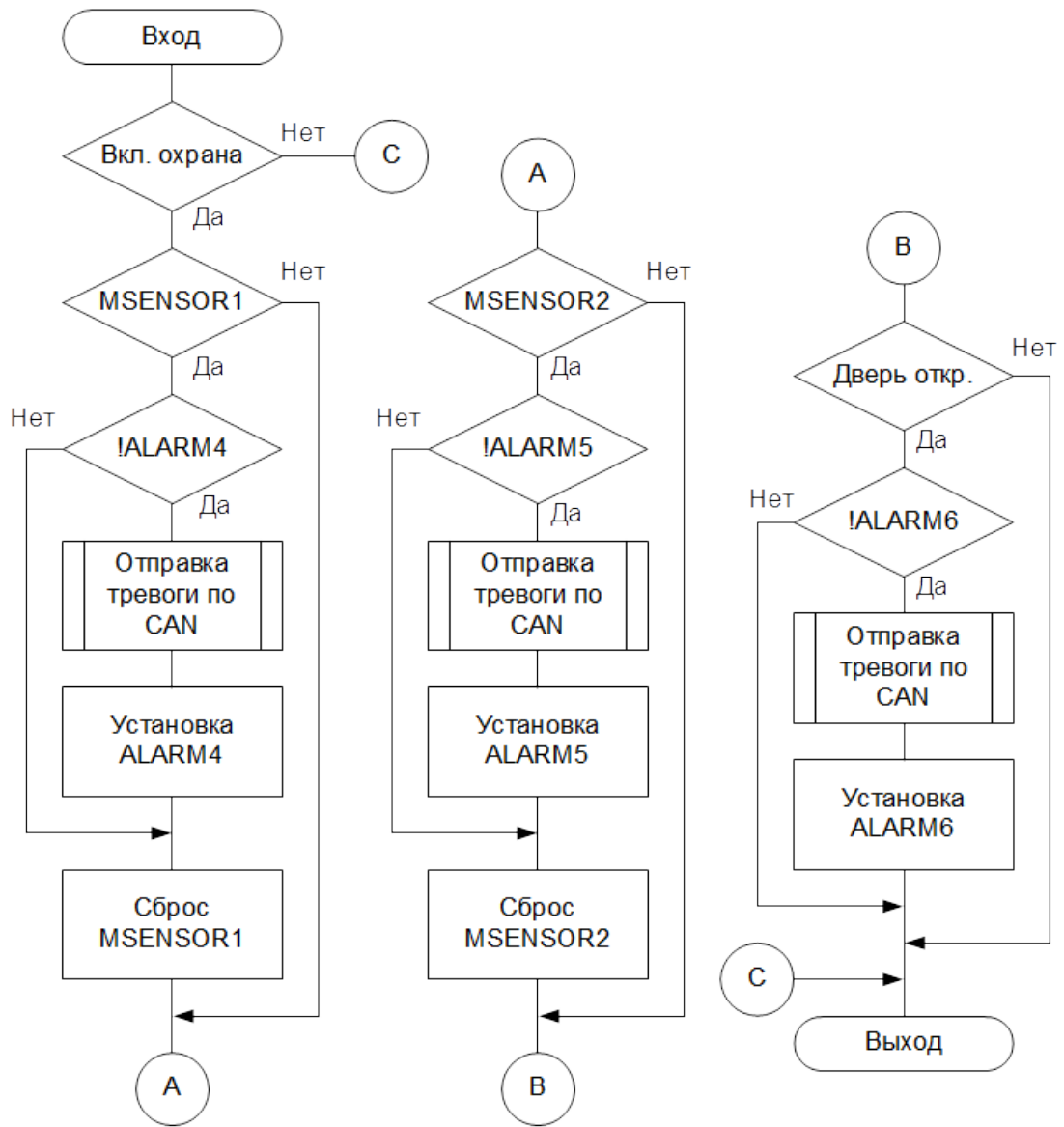


Рисунок 38 - Блок-схема проверки датчиков

На рисунке 39 изображена блок-схема обработки прерывания CAN.

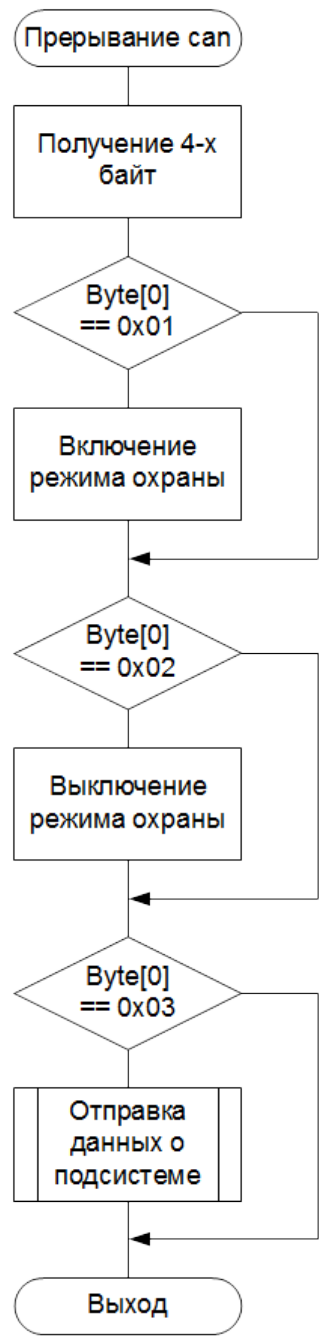


Рисунок 39 - Блок-схема обработки прерывания CAN

5.2 Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля автополива садового участка

На рисунке 40 изображена блок-схема функционирования прототипа модуля автополива садового участка.

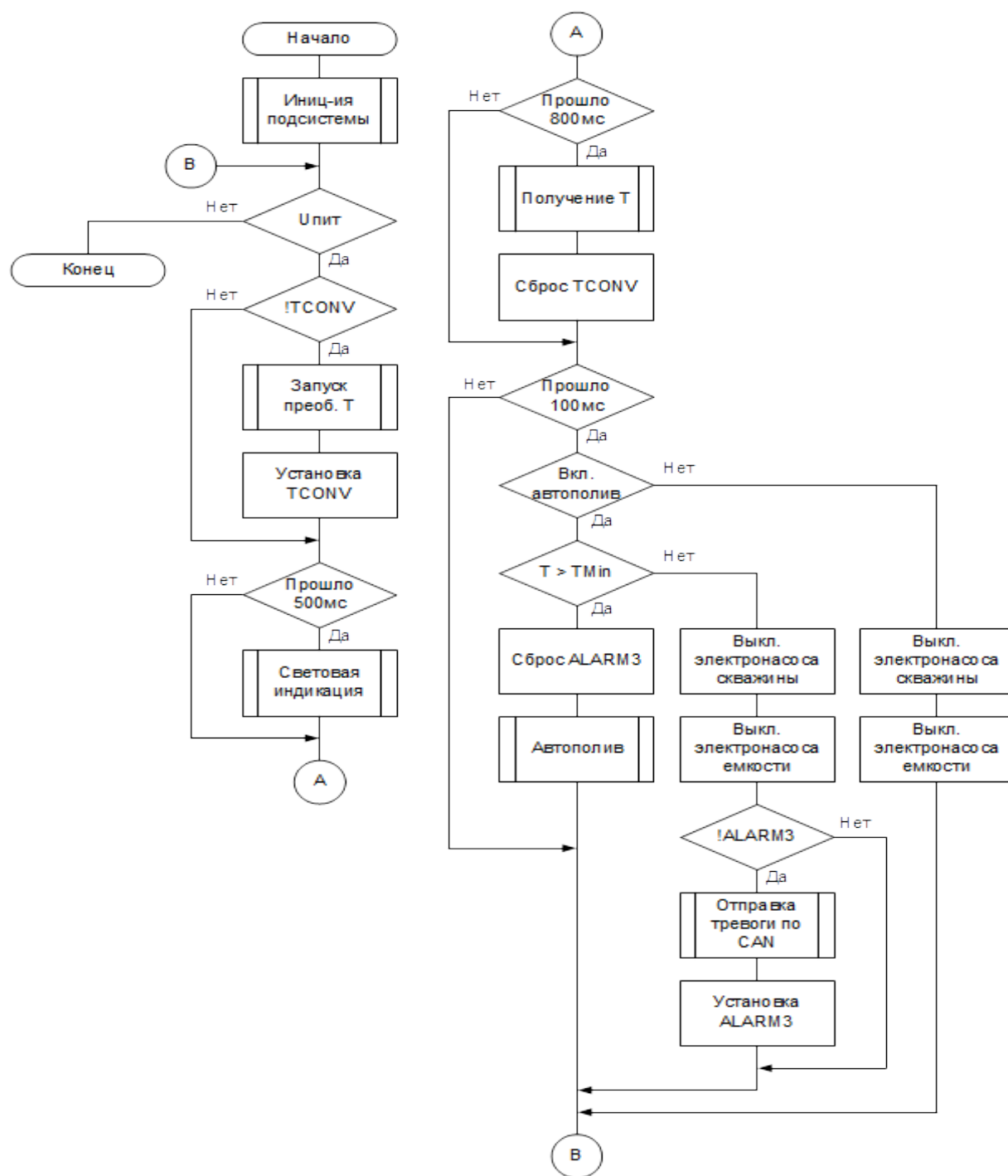


Рисунок 40 - Блок-схема функционирования прототипа модуля автополива садового участка

На рисунке 41 изображена блок-схема функционирования автополива.

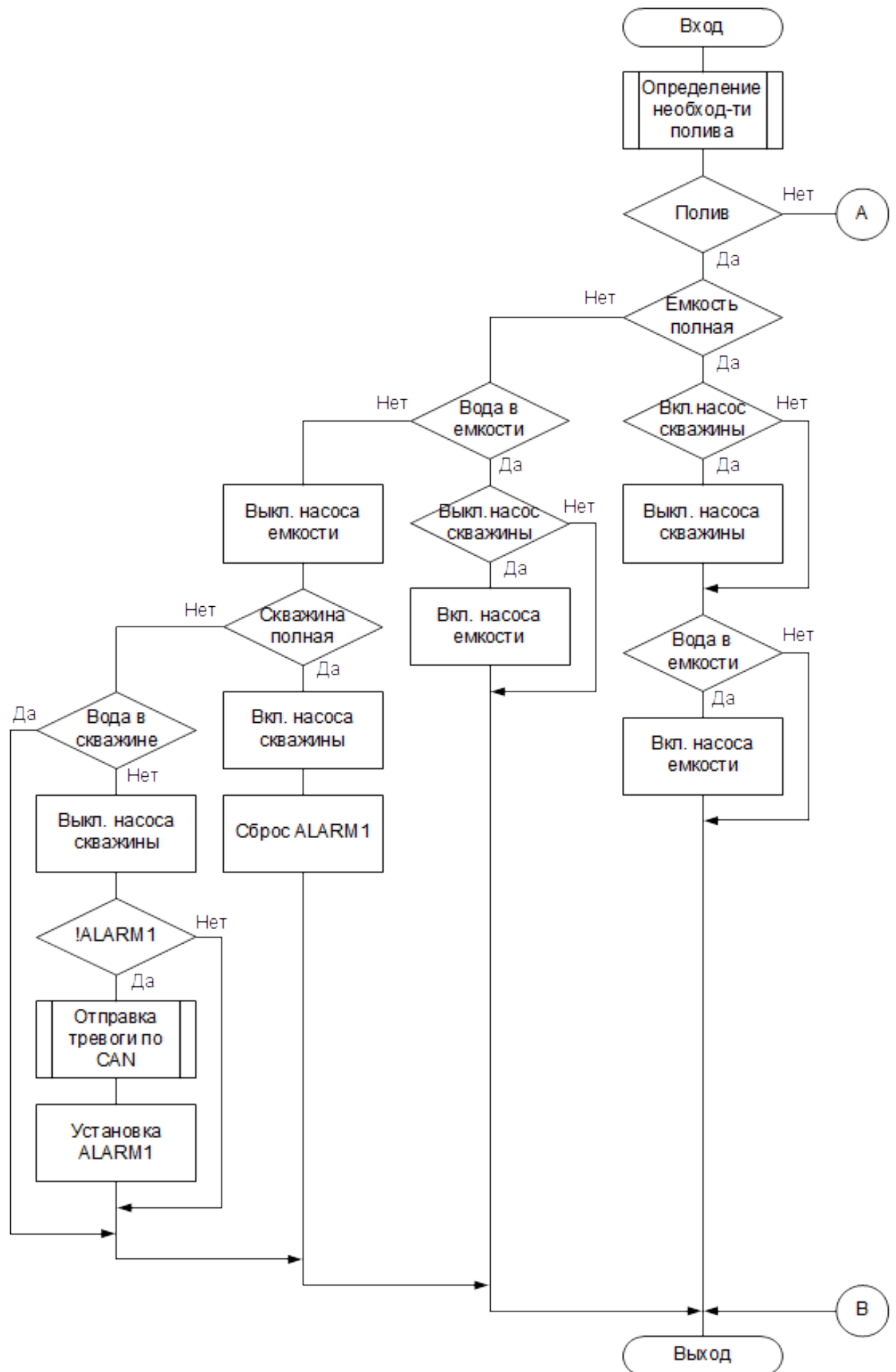


Рисунок 41 - Граф-схема функционирования автополива

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

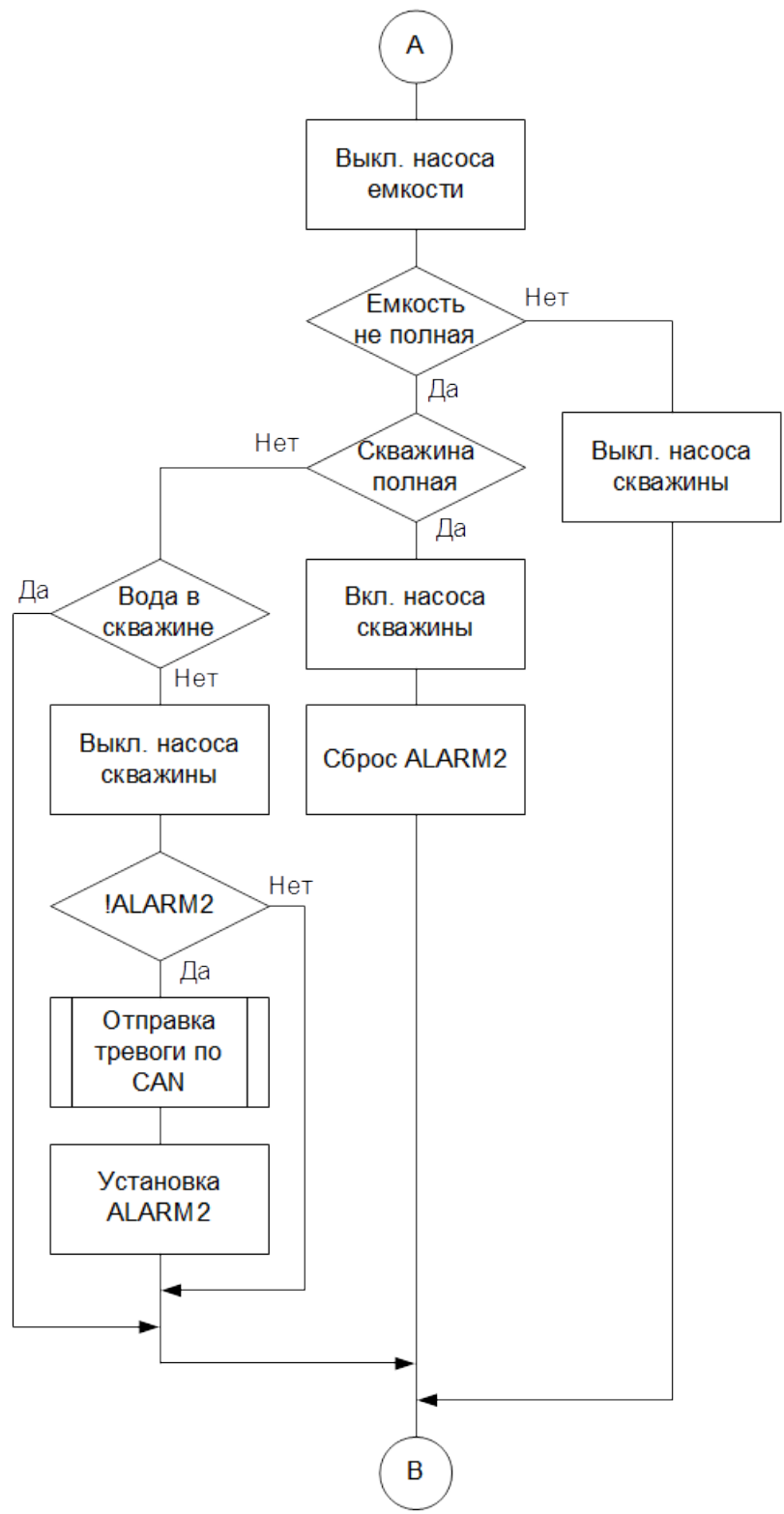


Рисунок 41 - Блок-схема функционирования автополива (продолжение)

На рисунке 42 изображена блок-схема алгоритма определения необходимости полива садового участка.

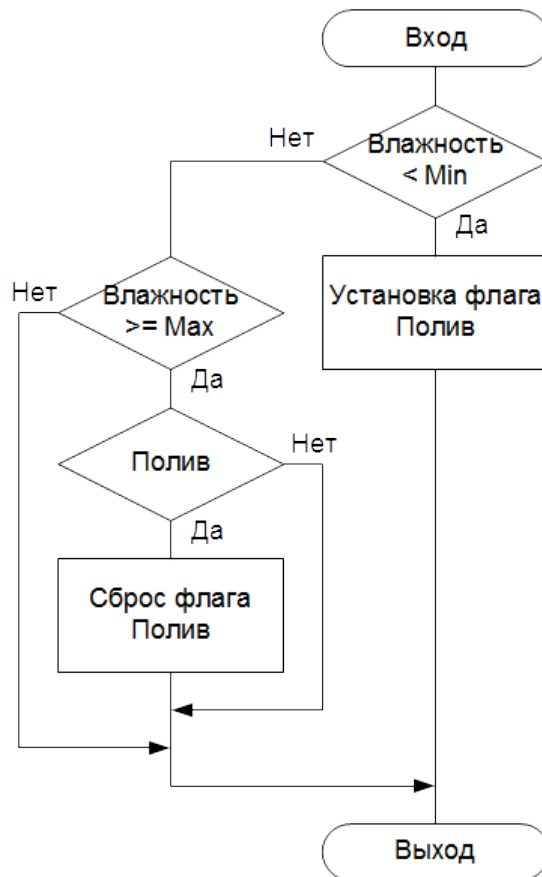


Рисунок 42 - Блок-схема алгоритма определения необходимости полива садового участка

На рисунке 43 изображена блок-схема функционирования световой индикации.

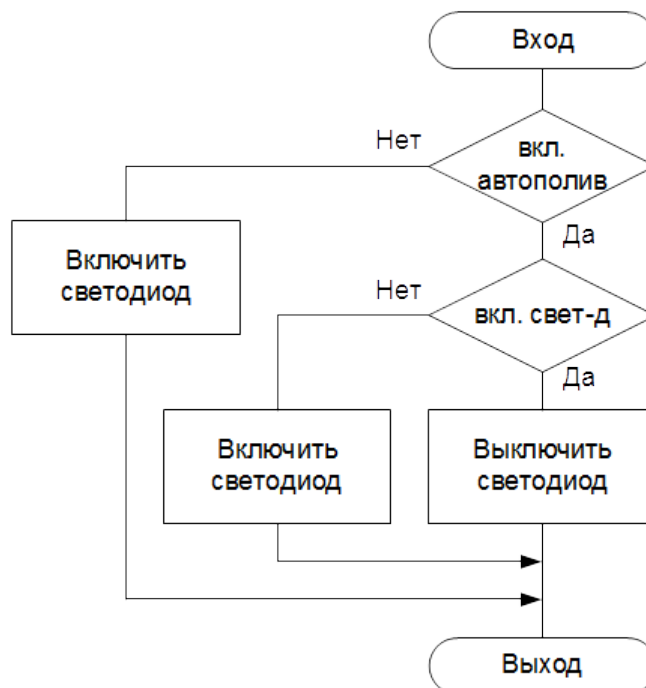


Рисунок 43 - Блок-схема функционирования световой индикации

На рисунке 44 изображена блок-схема обработки прерывания CAN.

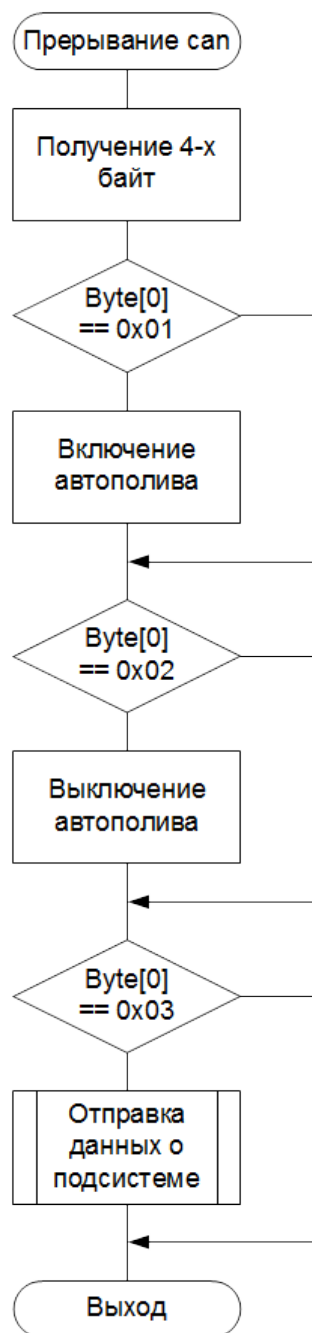


Рисунок 44 - Блок-схема обработки прерывания CAN

5.3 Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

На рисунке 45 изображена блок-схема функционирования прототипа модуля нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора.

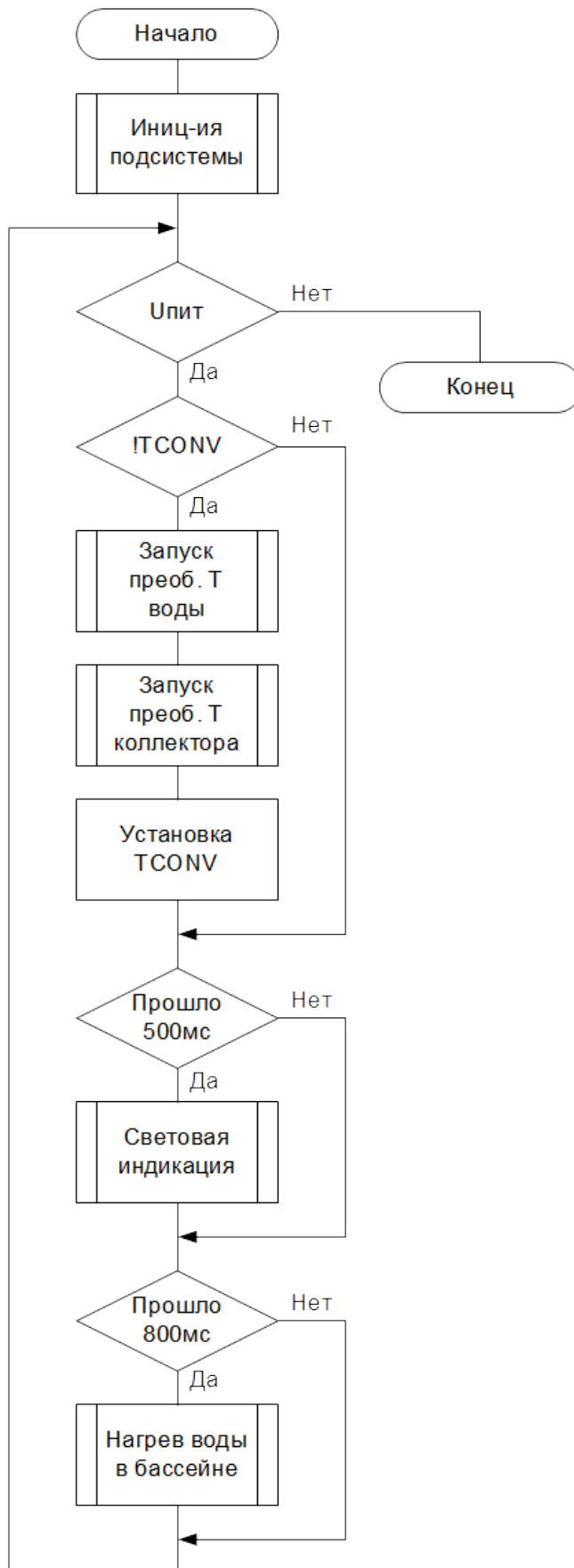


Рисунок 45 - Блок-схема функционирования прототипа модуля нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

На рисунке 46 изображена блок-схема функционирования световой индикации прототипа модуля нагрева воды.

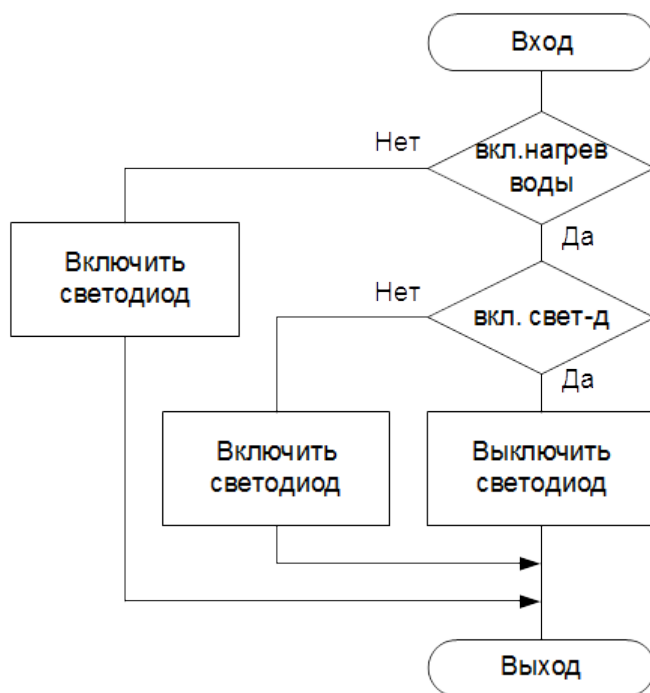


Рисунок 46 - Блок-схема функционирования световой индикации

На рисунке 47 изображена блок-схема обработки прерывания при получении данных по CAN шине.

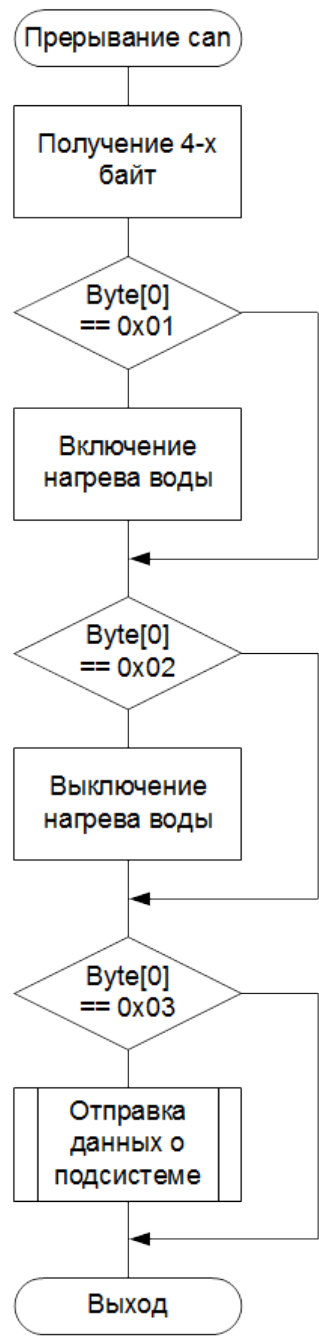


Рисунок 47 - Блок-схема обработки прерывания CAN

На рисунке 48 изображена блок-схема функционирования нагрева воды в бассейне.

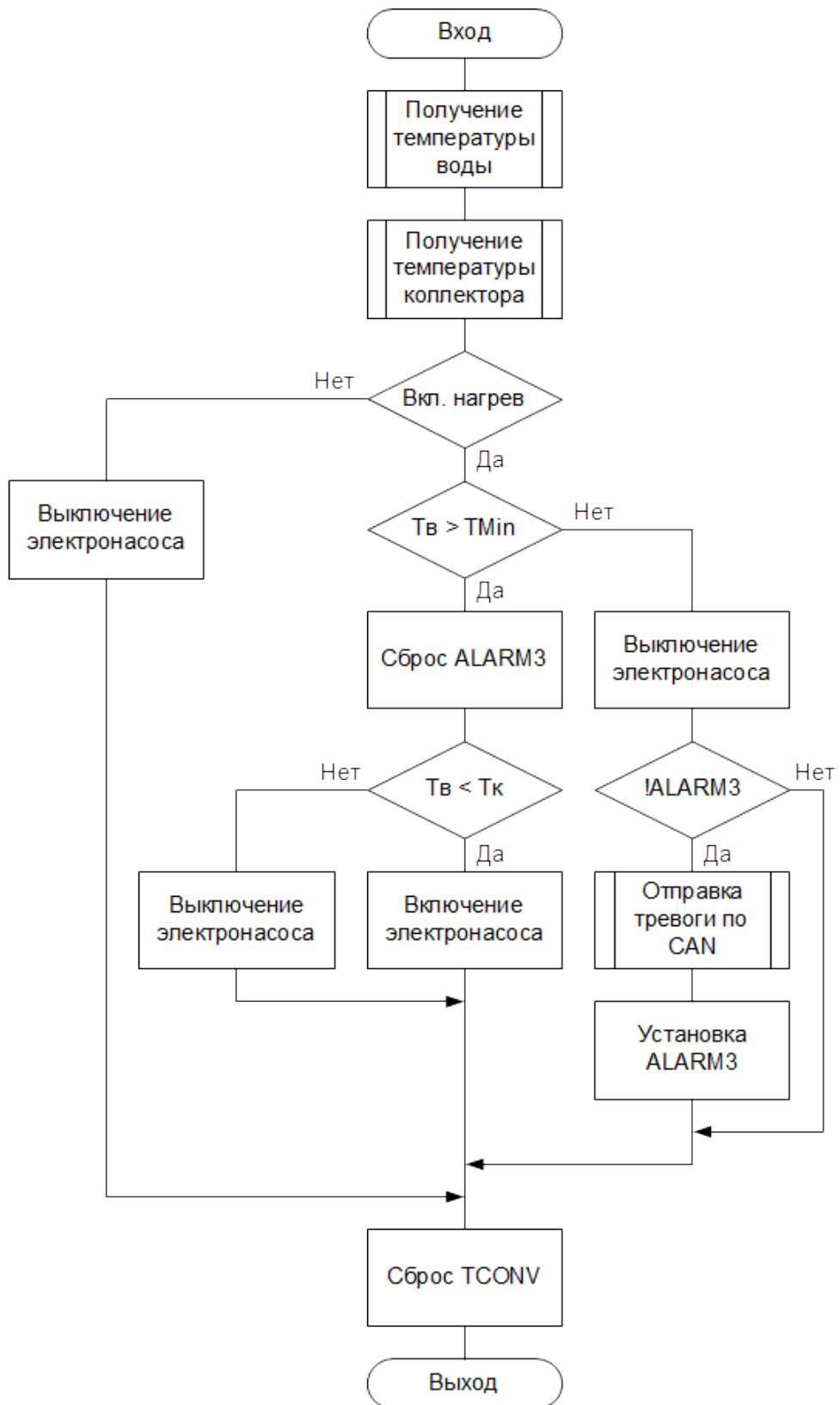


Рисунок 48 - Блок-схема функционирования нагрева воды в бассейне

5.4. Разработка блок-схем алгоритмов функционирования прототипа модуля дистанционного управления и оповещения

На рисунке 49 изображена блок-схема функционирования прототипа модуля дистанционного управления и оповещения.

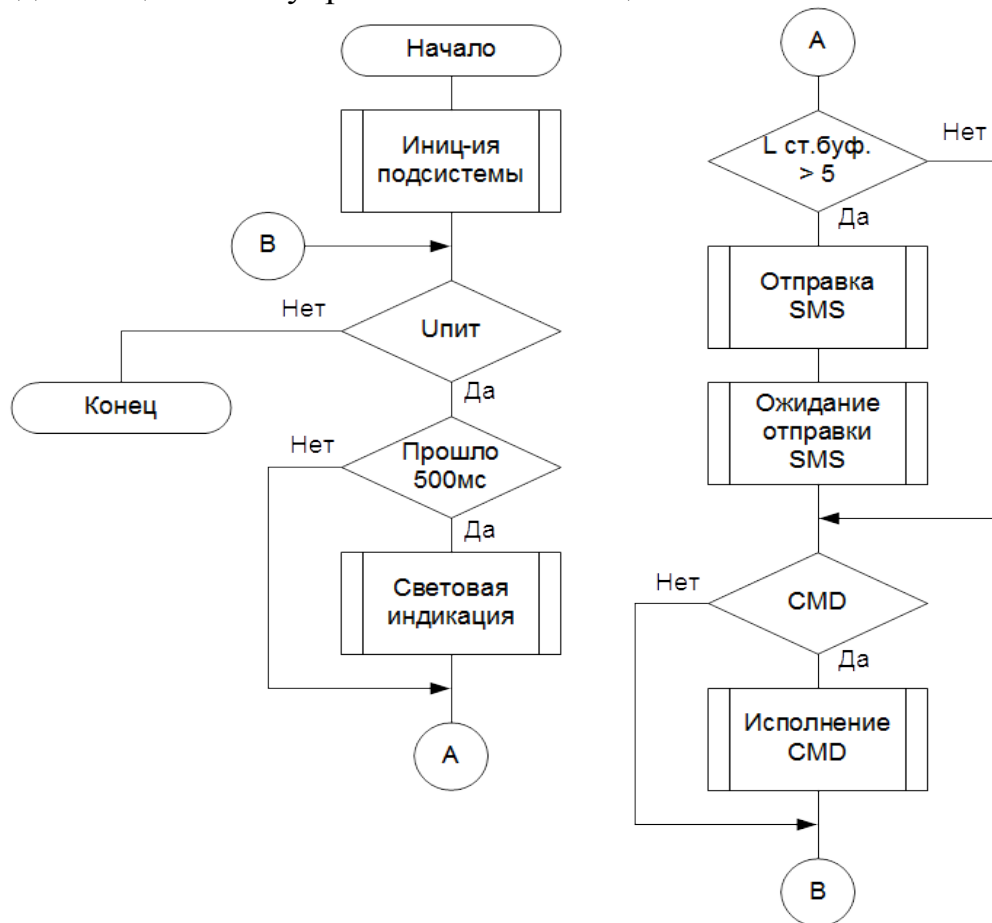


Рисунок 49 - Блок-схема функционирования прототипа модуля дистанционного управления и оповещения

На рисунке 50 изображена блок-схема функционирования световой индикации.

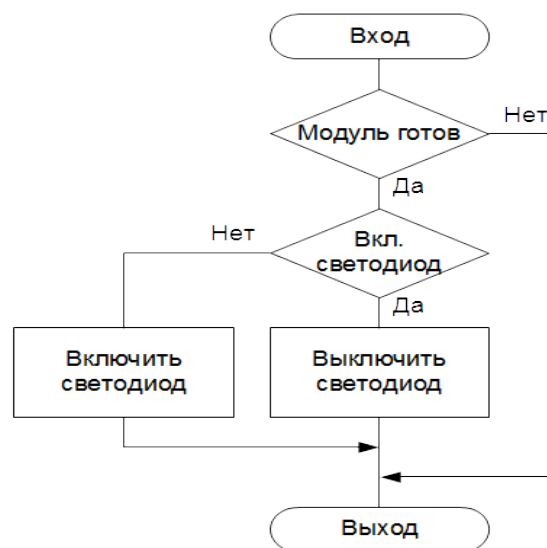


Рисунок 50 - Блок-схема функционирования световой индикации

На рисунке 51 изображена блок-схема алгоритма получения данных от GSM-модуля.

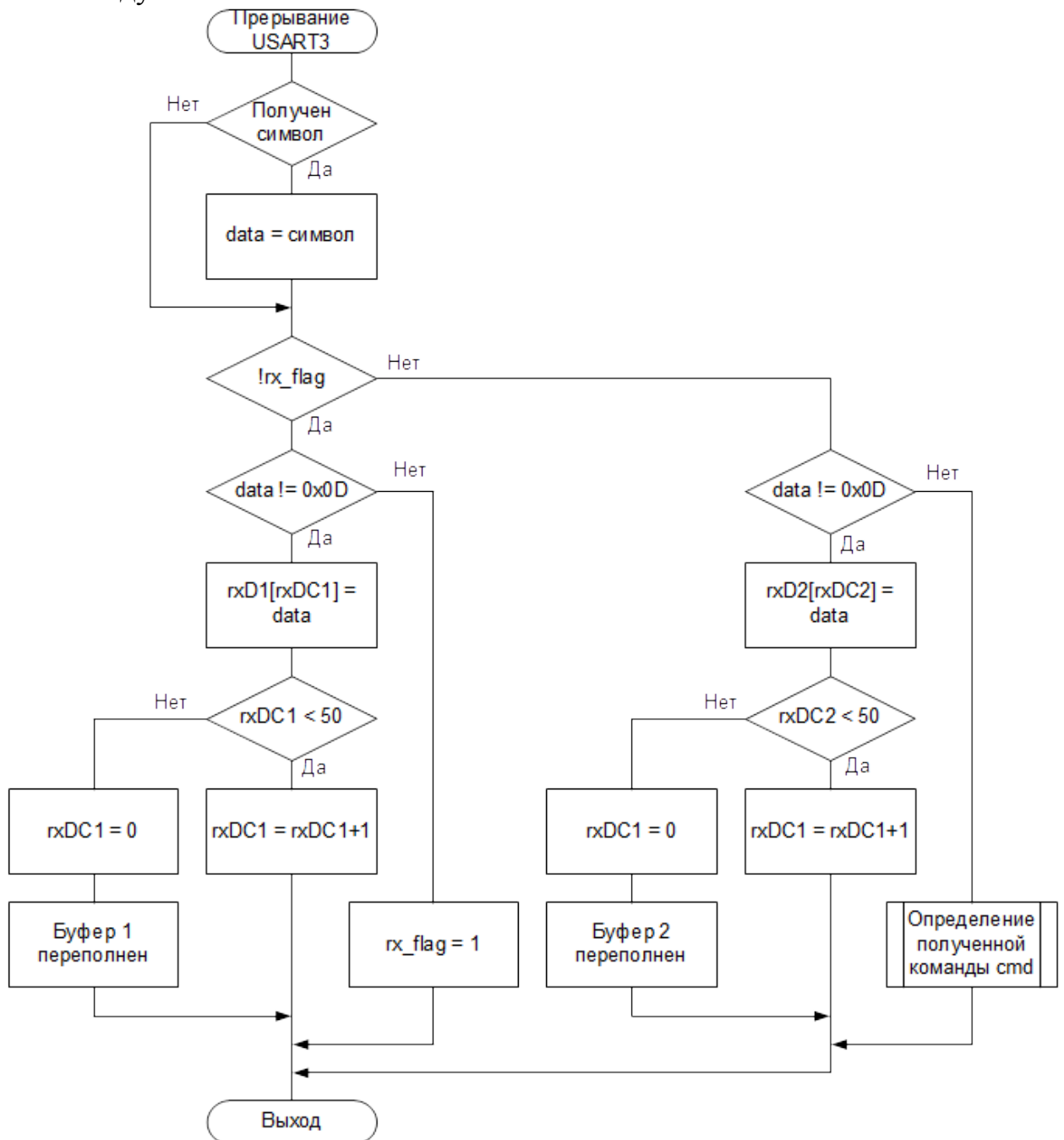


Рисунок 51 - Блок-схема получения данных от GSM-модуля

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

На рисунке 52 изображена блок-схема обработки прерывания CAN.

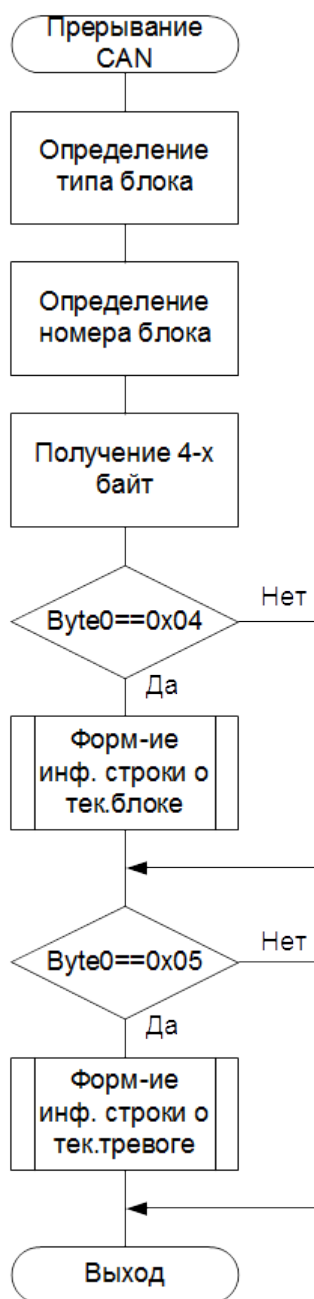


Рисунок 52 - Блок-схема обработки прерывания CAN

6. Обоснование и разработка программного обеспечения для прототипов модулей подсистем в структуре системы контроля и управления

Разработка программного обеспечения проводится с ориентировкой на отладочные платы и модули, которые максимально приближены к реальным устройствам, на которые в будущем будут загружаться прошивки микроконтроллеров, что позволит минимизировать дальнейшие переделки или вовсе избавиться от них.

В качестве языка программирования выбран C/C++, который является основным языком для разработки программного обеспечения для микроконтроллеров.

Для разработки программного обеспечения использована бесплатная среда разработки Visual Studio Code представленная на рисунке 49, которая имеет богатым функционал и может расширять свой функционал посредством установки разных плагинов.

Также используются бесплатный набор инструментов ARM-NONE-EABI, который содержит компилятор C/C++ и стандартная библиотека CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), позволяющая работать с регистрами ядра и периферийных устройств. Компиляция проекта прописана через Makefile, сборка проекта запускается командой make в терминале, который тоже есть в Visual Studio Code. Фрагмент листинга программы представлен в Приложении А, а в полном объеме приведен на CD-диске.

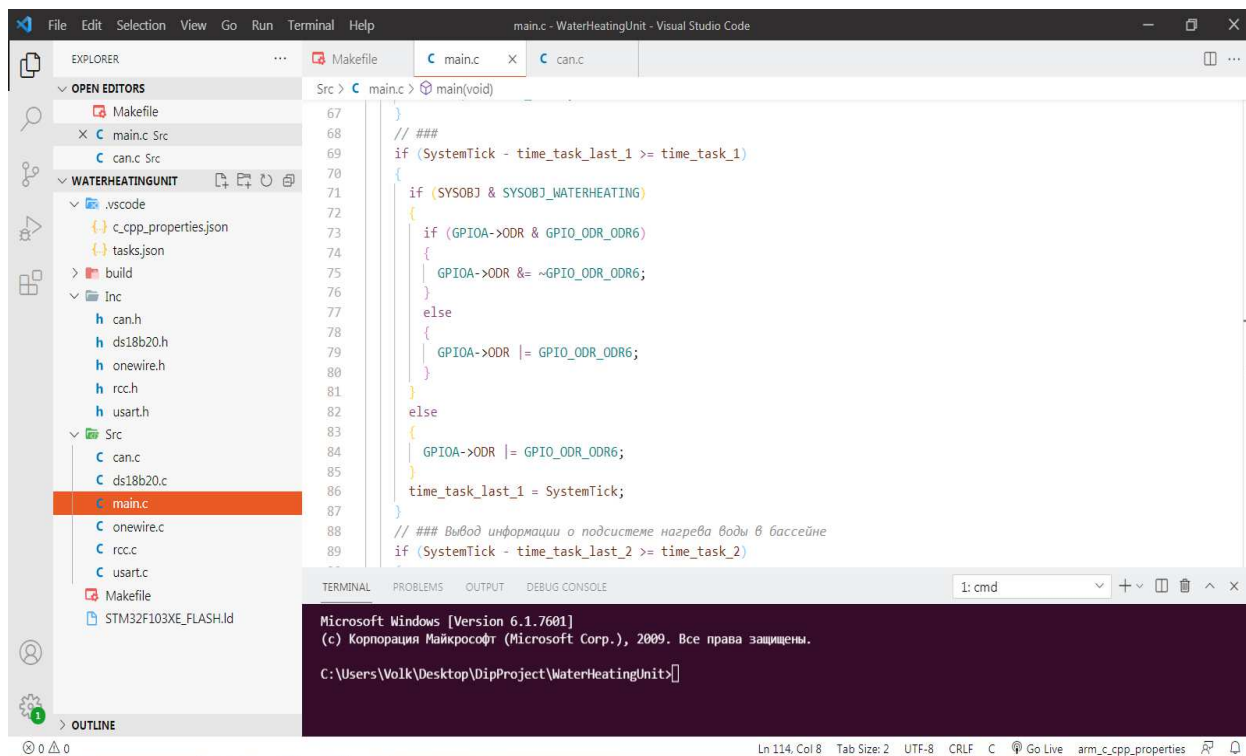


Рисунок 53 - Visual Studio Code

6.1 Адаптация протокола CAN под решаемую задачу

Подсистема охраны:

1) protecton – 0x01 – включение сигнализации (в ответ посылает - Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x01, 0x00, 0x00, 0x00.

2) protectoff – 0x02 – выключение сигнализации (в ответ посылает — Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x02, 0x00, 0x00, 0x00.

3) sysinf1 – 0x03 – получение информации о подсистеме охраны;

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x03, 0x00, 0x00, 0x00.

Подсистема автополива садового участка:

1) wateringon – 0x04 – включение автополива (в ответ посылает — Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x01, 0x00, 0x00, 0x00.

2) wateringoff – 0x05 – выключение автополива (в ответ посылает — Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x02, 0x00, 0x00, 0x00.

3) sysinf2 – 0x06 – получение информации о подсистеме автополива;

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x03, 0x00, 0x00, 0x00.

Подсистема нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора:

1) heaton – 0x07 – включение автополива (в ответ посылает — Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x01, 0x00, 0x00, 0x00.

2) heatoff – 0x08 – выключение автополива (в ответ посылает — Ok);

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x02, 0x00, 0x00, 0x00.

3) sysinf3 – 0x09 – получение информации о подсистеме автополива;

По CAN шине подсистеме передается 4 байта: 0x03, 0x00, 0x00, 0x00.

Все передачи данных по CAN осуществляются с соответствующим идентификатором подсистемы которая должна получить данные, и передают данные подсистемы со своими идентификаторами. Идентификатор используется 11 битный, где 5 первых старших битов используются для идентификации типа подсистемы (00001 – подсистема охраны, 00010 — подсистема автополива, 00011 — подсистема нагрева воды), оставшиеся 6 битов будут использоваться для идентификации конкретного модуля.

Указанные выше четыре байта имеют следующие значения:

1-й байт:

0x01 – Включение;

0x02 – Выключение;

0x03 – Запрос о состоянии подсистемы;

0x04 – Ответ на запрос о состоянии подсистемы;

0x05 – Тревога.

Если 1-й байт 0x04 и если получены данные от подсистемы охраны — 2-м байтом будет состояние подсистемы, 3-м байтом 0x00, 4-м байтом 0x00.

Если 1-й байт 0x04 и если получены данные от подсистемы автополива — 2-м байтом будет состояние подсистемы, 3-м байтом влажность почвы, 4-м байтом температура воздуха.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Если 1-й байт 0x04 и если получены данные от подсистемы нагрева воды в бассейне — 2-м байтом будет состояние подсистемы, 3-м байтом температура воды, 4-м байтом температура коллектора.

Если 1-й байт 0x05 – 2-й байт будет код тревоги, 3-й байт будет 0x00, 4-й байт будет 0x00.

Коды тревоги:

- 1) Тревога: нет воды в емкости и скважине [0x01];
- 2) Тревога: не полная емкость, отсутствие воды в скважине (колодце) [0x02];
- 3) Тревога: низкая температура [0x03];
- 4) Тревога: сработал датчик движения 1 [0x04];
- 5) Тревога: сработал датчик движения 2 [0x05];
- 6) Тревога: входная дверь открыта [0x06].

6.2 Адаптация GSM-модуля под решаемую задачу

Для адаптации GSM-модуля под решаемую задачу необходимо дождаться когда модуль будет готов к работе и сделать его настройку. Отправляется AT-команда: AT+CPAS, пока не будет получен "0", что значит модуль готов к выполнению команд из терминала. Далее необходимо настроить модуль. Отправляется AT-команда "AT+CMGF=1" - включение текстового режима, по умолчанию используется режим PDU, сообщения передаются в форме шестнадцатиричных (HEX) данных. Далее отправляется AT-команда: AT+CSCS="GSM", которая задает кодировку и определяет в каком виде будут передаваться тексты сообщений и другое. Самой удобной является кодировка "GSM", где символы представляются в ASCII кодах, которые хорошо понимают разные компиляторы. Для использования кириллицы надо использовать режим "UCS2" Unicode. Далее отправляется AT-команда: AT+CNMI=1,2,0,0,0 - которая настраивает GSM модуль на отправку получаемых сообщений сразу микроконтроллеру. Далее отправляется AT-команда: AT+GSMBUSY=0, которая запрещает входящие звонки - это делается для того чтобы работа GSM модуля не была нарушена. После этих команд модуль готов, отправлять сообщения с помощью команды AT+CMGS=...

Краткое описание используемых AT-команд:

AT+CPAS (состояние GSM модуля).

+CPAS: <pas>

OK

<pas> - состояние:

- 0 — готовность к исполнению команд по интерфейсу USART;
- 2 — неизвестно (исполнение команд не гарантируется);
- 3 — входящий вызов, но модуль готов к исполнению команд;
- 4 — исходящий вызов, но модуль готов к исполнению команд.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

AT+CMGF=1 (Включение текстового режима):

- 0 – выключить (PDU – формат по умолчанию);
- 1 — включить.

AT+CSCS="GSM" (Кодировка текстового режима).

Могут быть использованы следующие кодировки:

IRA, GSM, UCS2, HEX, PCCP, PCDN, 8859-1.

AT+CNMI=1,2,0,0,0 - настраивает как будут обрабатываться недавно поступившие SMS-сообщения.

В ответ приходит +CMT: все поля разделены запятыми:

- первый параметр, указывает номер телефона отправившего SMS;
- второй параметр, имя человека, отправляющего SMS;
- третий параметр, время получения SMS;
- четвертый параметр, сообщение.

AT+GSMBUSY=0 (Блокировка входящих звонков):

- 0 — заблокированы;
- 1 — разблокированы.

AT+CMGS=<da>[,<todo>]<CR>строка сообщения<ctrl-Z/ESC>

(Отправление SMS):

- <da> - номер телефона получателя в международном формате, в кавычках;
- <todo> - дополнительный номер (не используется);
- <CR> - начало строки, после отправки модуль переходит в режим приема текста сообщения.

После того как строка сообщения будет передана, следует отправить либо <ctrl-Z> для отправки сообщения, либо <ESC> для отмены.

Записываем номер получателя в кавычках и отправляем модулю с символом переноса строки (13 в ASCII). После получения «>» вводим строку сообщения. Для отправки в конце строки сообщения отправляем символ SUB (26 в ASCII) или ESC (27) для отмены.

7. Тестирование и отладка прототипов модулей системы контроля и управления на стенде

Тестирование и отладка прототипов модулей системы осуществляется на стенде выполненном на отладочных платах и модулях. На рисунке 54 представлена отладочная плата NUCLEO-F072RB на которой производится тестирование подсистемы охраны, и дистанционного управления и оповещения. К плате подключены все необходимые датчики и сам GSM-модуль.

					ДП-230101.65	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

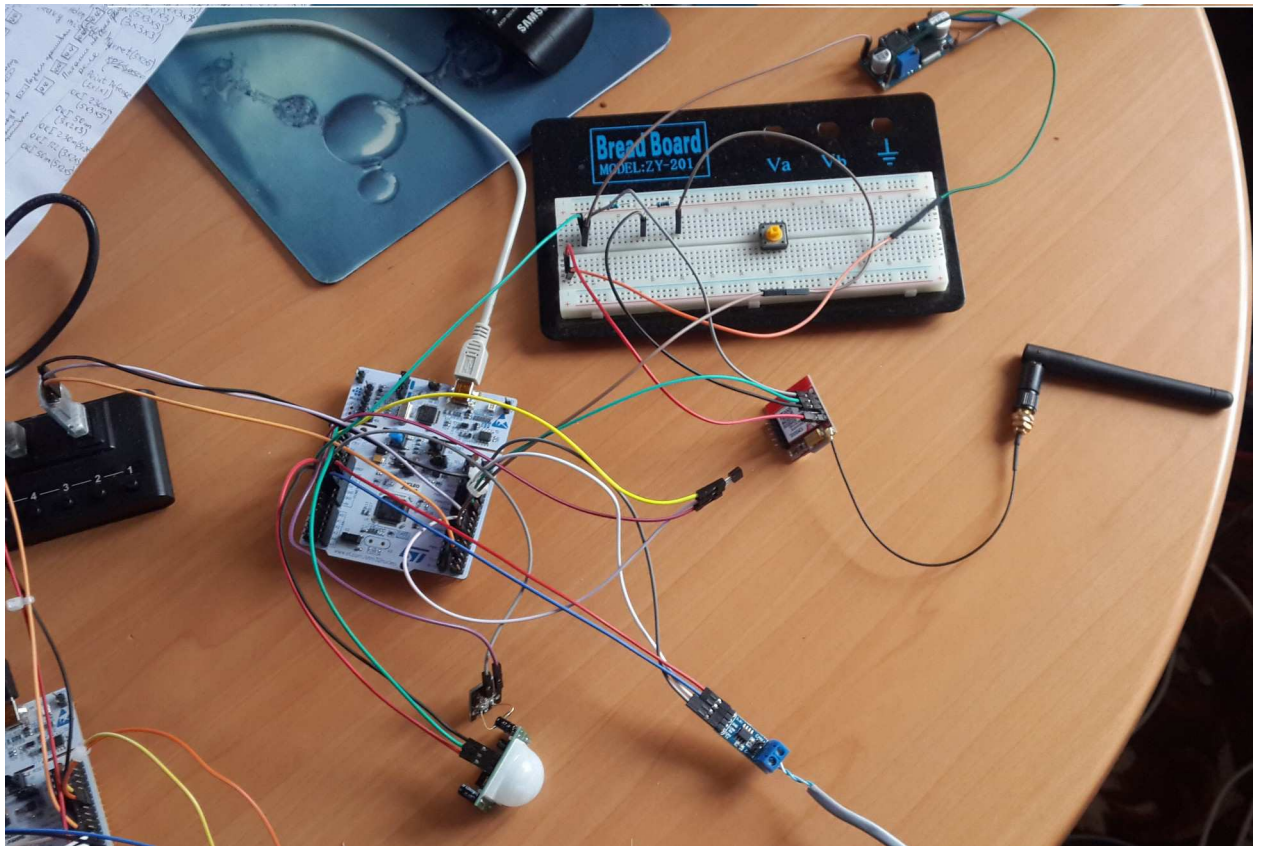


Рисунок 54 - Блок охраны, и дистанционного контроля и управления

На рисунке 55 представлена отладочная плата NUCLEO-F446RE на которой производится тестирование подсистемы автополива садового участка. В качестве датчиков наличия воды и датчиков верхнего уровня воды используются переключатели. В качестве датчика влажности почвы использован переменный резистор, который позволяет устанавливать влажность от 0 до 100. Вместо электронасосов используются два светодиода подключенные через транзисторный ключ.

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

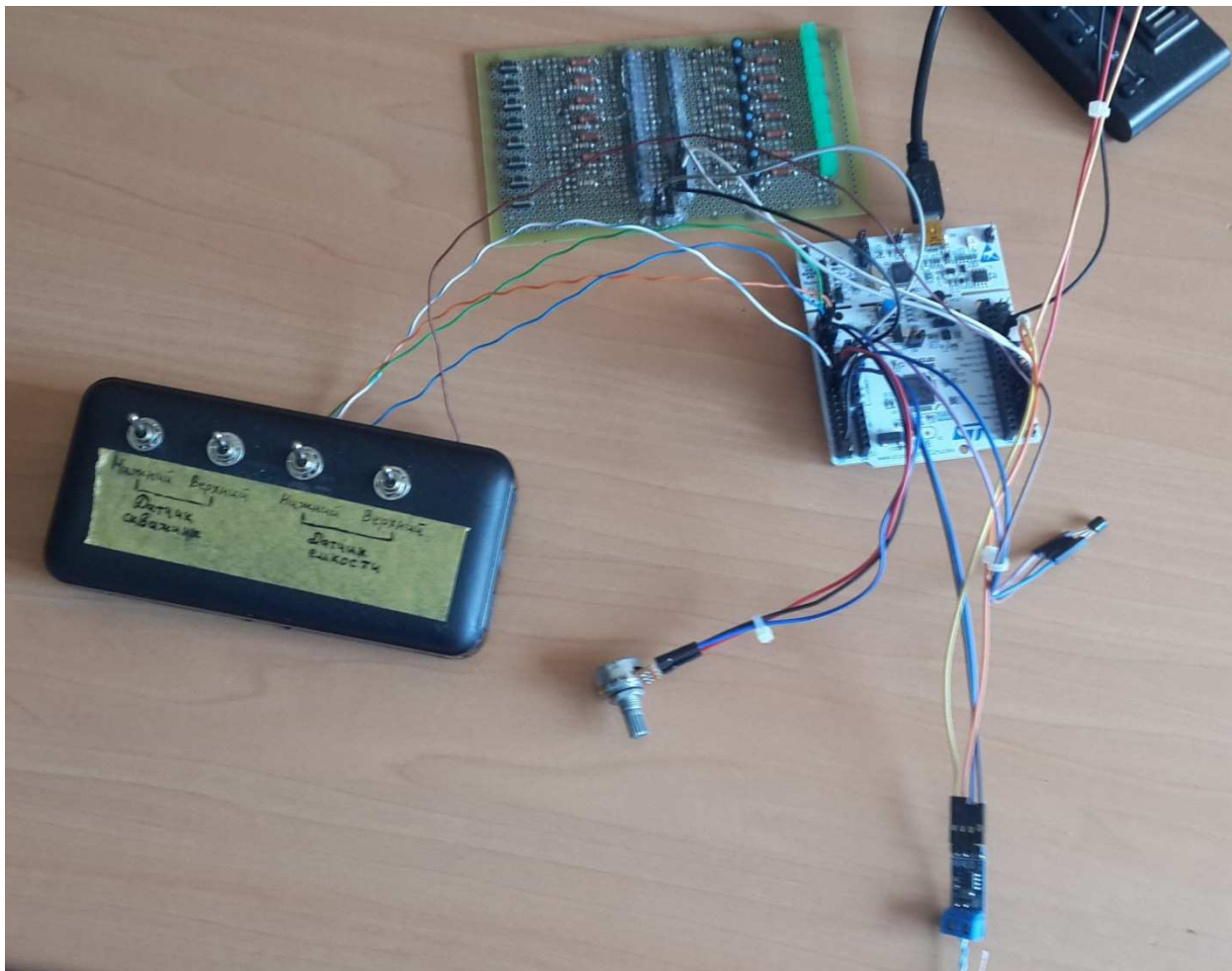


Рисунок 55 - Блок автополива садового участка

На рисунке 56 представлена отладочная плата на микроконтроллере STM32F103RET6 на которой тестируется подсистема нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора. К плате подключены два датчика температуры, и в качестве электронасоса включается светодиод LED 1.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

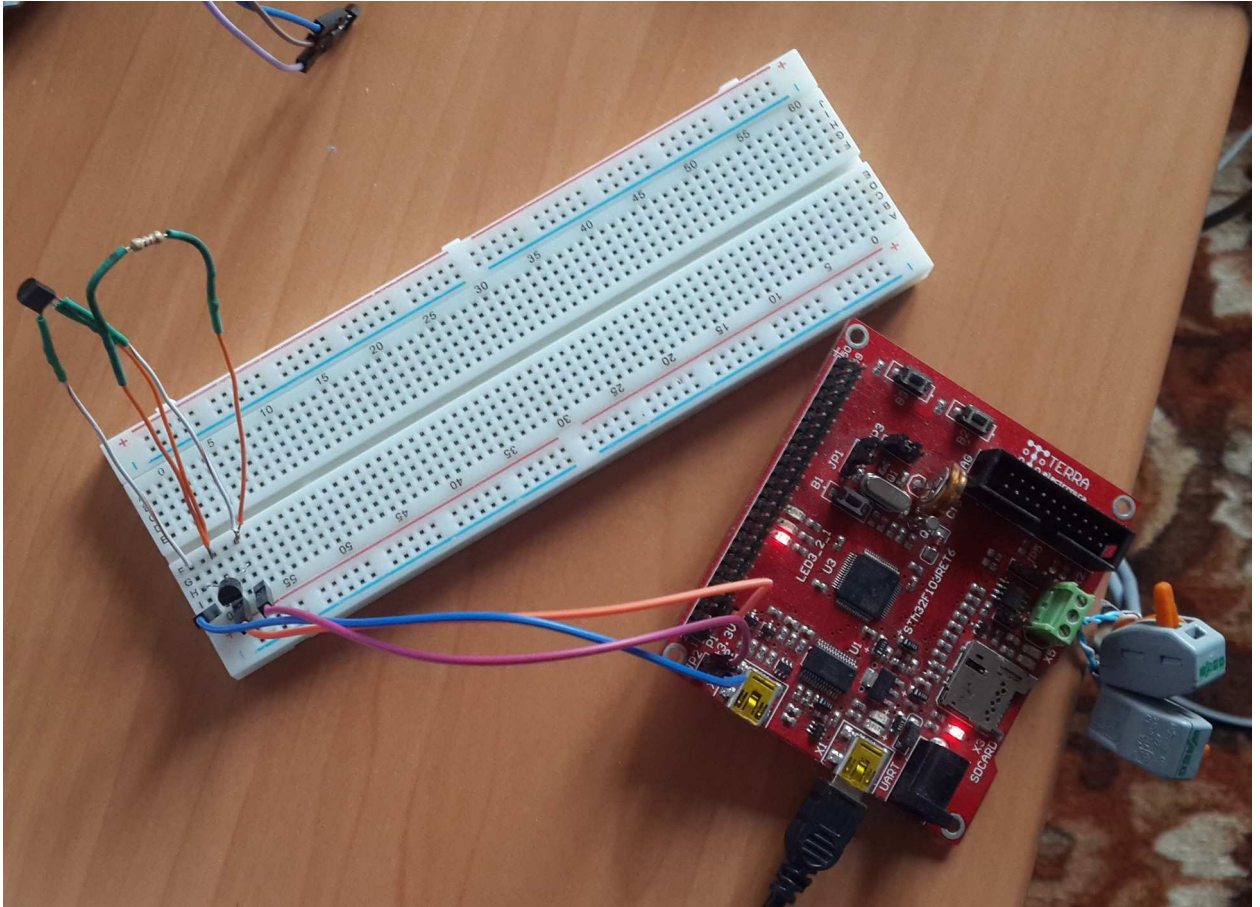


Рисунок 56 - Подсистема нагрева воды в бассейне посредством солнечного теплового коллектора

Хоть и не все прототипы модулей тестировались на STM32F072RBT6 перенос будет с минимальными изменениями. Благодаря использованию библиотеки CMSIS в которой при переходе от одного микроконтроллера к другому изменяются только адреса регистров, а названия остаются одинаковыми или совсем незначительно отличаются. Необходимо поменять подключаемую библиотеку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ задания и обзор существующих решений. Согласно заданию разработаны схемы электрические структурные.

Так же был сделан выбор, и обоснован выбор, функциональных узлов системы и произведена разработка схемы электрической функциональной, электрической принципиальной системы управления и контроля. Разработаны алгоритмы работы прототипов модулей системы, которые были протестированы и отлажены на стенде.

Разработанный прототип системы управления и контроля для задач хозяйственного назначения на микроконтроллерной базе с использованием промышленного интерфейса CAN полностью соответствует заданию на выпускную квалификационную работу в форме дипломного проекта, является простым в реализации и программировании.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бастион [Электронный ресурс]: Охранная система GSM сигнализации. - Режим доступа: <https://umniedoma.ru/oxrannaya-sistema-gsm-signalizacii-bastion/>.
2. Дачник [Электронный ресурс]: GSM охранная сигнализация. - Режим доступа: <https://signalkaman.ru/zamena/gsm-ohrannaya-signalizatsiya-dachnik-preimushhestva-harakteristiki.html>.
3. Инструкция пользователя Sapsan GSM PRO 6 [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.sapsanalarm.ru/cnt/sapsanpro6.pdf>.
4. Датчик движения HC-SR501 [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/hc-sr501-infrared-pir-motion-sensor-module>.
5. SIM800L (MT6261) _Hardware Design_ V1.01 - P. R. China: 2016 - 64с.
6. SIM800 Series _AT Command Manual_ V1.01 - P. R. China: 2013 - 315с.
7. Datasheet STM32F072x8, STM32F072xB - : 2019 - 128с.
8. AN1709 Application note - EMC design guide for STM8, STM32 and Legacy MCUs - : 2018 - 38с.
9. RM0091 Reference manual - STM32F0x1/STM32F0x2/STM32F0x8 advanced ARM -based 32-bit MCUs - : 2017 - 1004с.
10. PM0215 Programming manual - STM32F0xxx Cortex-M0 programming manual - : 2012 - 91с.
11. AN4080 Application note - Getting started with STM32F0x1/x2/x8 hardware development - : 2014 - 35с.
12. Errata sheet - STM32F072x8/xB device errata - : 2020 - 33с.
13. RM0008 Reference manual - STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced Arm®-based 32-bit MCUs - : 2018 - 1134с.
14. RM0390 Reference manual - STM32F446xx advanced Arm®-based 32-bit MCUs - : 2021 - 1347с.
15. Datasheet DS18B20 - Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer - : 2018 - 20с.
16. Datasheet MIC29150/29300/29500/29750 - High-Current Low-Dropout Regulators - : 2012 - 26с.
17. Datasheet NRP series - : 2013 - 2с.
18. Datasheet SN65HVD230, SN65HVD231, SN65HVD232 - : 2002 - 29с.
19. Datasheet ESDAxxL - DUAL TRANSIL ARRAY FOR ESD PROTECTION - : 2000 - 6с.
20. Datasheet LM1117GS - 1A L.D.O VOLTAGE REGULATOR - : 2020 - 12с.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Фрагмент листинга кода программы

usart.c

```
// Инициализация USART3
void AsyncUSART3_Init(void)
{
    // PB10 - TX
    GPIOB->MODER |= GPIO_MODER_MODER10_1;
    GPIOB->OSPEEDR |= GPIO_OSPEEDR_OSPEEDR10_1 | GPIO_OSPEEDR_
OSPEEDR10_0;
    GPIOB->AFR[1] |= 4 << GPIO_AFRH_AFRH2_Pos;
    // PB11 - RX
    GPIOB->MODER |= GPIO_MODER_MODER11_1;
    GPIOB->OSPEEDR |= GPIO_OSPEEDR_OSPEEDR11_1 | GPIO_OSPEEDR_
OSPEEDR11_0;
    GPIOB->AFR[1] |= 4 << GPIO_AFRH_AFRH3_Pos;
    // Включение тактирования USART1
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_USART3EN;
    // 9600
    USART3->BRR = 0x1388;
    USART3->CR1 |= USART_CR1_TE | USART_CR1_RE | USART_CR1_RXNE
IE;
    USART3->CR1 |= USART_CR1_UE;
    NVIC_EnableIRQ(USART3_4_IRQn);
}

// Функция отправки данных по USART3
void USART_Transmit_Str(USART_TypeDef *pUSART, uint8_t *pData, uint16_
t Size)
{
    uint16_t byteNumber = 0;
    while (pData[byteNumber] != '\0' && byteNumber < Size)
    {
        pUSART->TDR = pData[byteNumber];
        while ((pUSART->ISR & USART_ISR_TXE) == 0)
        {
        }
        byteNumber++;
    }
}
```

rcc.c

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

```

// Настройка тактовой частоты 48 МГц
void SysClockTo48(void)
{
    // Включение внутреннего RC генератора 8 МГц
    RCC->CR |= RCC_CR_HSION;
    while (!(RCC->CR & RCC_CR_HSIRDY))
    {
    }
    // Настройка Flash
    FLASH->ACR &= ~FLASH_ACR_PRFTBE;
    FLASH->ACR |= FLASH_ACR_PRFTBE | FLASH_ACR_LATENCY;
    // Настройка
    RCC->CFGR |= RCC_CFGR_PLLMUL_2 | RCC_CFGR_PLLSRC_HSI_PREDI
V;
    // Включение PLL
    RCC->CR |= RCC_CR_PLLON;
    while (RCC->CR & RCC_CR_PLLRDY)
    {
    }
    // Включение PLL как системного генератора
    RCC->CFGR |= RCC_CFGR_SW_1;
    while (RCC->CFGR & RCC_CFGR_SWS_PLL)
    {
    }
}

```

onewire.c

```

// Инициализация onewire
void onewire_Init(void)
{
    // PC3
    //GPIOC->MODER |= GPIO_MODER_MODER3_0;
    //GPIOC->OSPEEDR |= GPIO_OSPEEDR_OSPEEDR3_1 | GPIO_OSPEEDR_
OSPEEDR3_0;
    //GPIOC->OTYPER |= GPIO_OTYPER_OT_3;

    // PA8
    GPIOA->MODER |= GPIO_MODER_MODER8_0;
    GPIOA->OSPEEDR |= GPIO_OSPEEDR_OSPEEDR8_1 | GPIO_OSPEEDR_O
SPEEDR8_0;
    GPIOA->OTYPER |= GPIO_OTYPER_OT_8;
    GPIOA->PUPDR |= GPIO_PUPDR_PUPDR8_0;
}

```

						ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			66

```

// Сброс onewire
uint8_t onewire_Reset(void)
{
    uint16_t status;
    GPIOA->ODR &= ~GPIO_ODR_8;
    delay_us(485);
    GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_8;
    delay_us(65);
    status = GPIOA->IDR & GPIO_IDR_8;
    delay_us(500);
    return (status ? 1 : 0);
}

// Чтение одного бита
uint8_t onewire_ReadBit(void)
{
    uint8_t bit = 0;
    GPIOA->ODR &= ~GPIO_ODR_8;
    delay_us(2);
    GPIOA->ODR |= GPIO_ODR_8;
    delay_us(13);
    bit = (GPIOA->IDR & GPIO_IDR_8 ? 1 : 0);
    delay_us(45);
    return bit;
}

```

ds18b20.c

```

// Чтение странички с данными
void ds18b20_ReadScratchpad(uint8_t mode, uint8_t *Data, uint8_t DevNum)
{
    uint8_t i;
    onewire_Reset();
    if (mode == SKIP_ROM_DS)
    {
        onewire_WriteByte(SKIP_ROM);
    }
    else
    {
        onewire_WriteByte(MATCH_ROM);
        for (i = 0; i < 8; i++)
        {
            onewire_WriteByte(Dev_ID[DevNum - 1][i]);
        }
    }
}

```

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

```

onewire_WriteByte(READ_SCRATCHPAD);
for (i = 0; i < 8; i++)
{
    Data[i] = onewire_ReadByte();
}
}

// Получение температуры
int16_t ds18b20_Get_iTemperature(uint8_t mode, uint8_t DevNum)
{
    uint8_t dt[8];
    uint16_t raw_temper;
    int16_t sign = 1;
    ds18b20_ReadScratchpad(mode, dt, DevNum);
    raw_temper = (dt[1] << 8) | dt[0];
    if (ds18b20_GetSign(raw_temper))
    {
        raw_temper = 0xFFFF - raw_temper;
        sign = -1;
    }
    raw_temper = raw_temper >> 4;
    return raw_temper * sign;
}

```

Листинг разработанного программного обеспечения в полном объеме приведен на CD-диске.

					ДП-230101.65 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Вычислительная техника
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

О.В. Непомнящий

Подпись инициалы, фамилия

« 10 » 06 2021 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

230101.65 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
код и наименование направления

Система контроля и управления для дачного хозяйства на
микроконтроллерной основе с использованием промышленного интерфейса
CAN

Пояснительная записка

Руководитель

В. Г. Середкин
подпись, дата

доцент, канд.техн.наук
должность, ученая степень

В. Г. Середкин
инициалы, фамилия

Выпускник

А. В. Веремеев
подпись, дата

А. В. Веремеев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

В. Г. Середкин
подпись, дата

В. Г. Середкин
инициалы, фамилия

Красноярск 2021