

Содержание

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 4 |
| 1.1 Требования к проектируемому устройству | 4 |
| 1.2 Микроконтроллер | 4 |
| 1.3 Датчик температуры и влажности воздуха | 5 |
| 1.4 Датчик влажности почвы | 6 |
| 1.5 Модули отображения информации | 6 |
| 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА | 7 |
| 2.1 Постановка задачи | 7 |
| 2.2 Определение компонентов структуры устройства | 7 |
| 2.3 Взаимодействие компонентов устройства | 8 |
| 3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА | 8 |
| 3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров | 8 |
| 3.2 Обоснование выбора датчика температуры и влажности воздуха | 9 |
| 3.3 Обоснование выбора датчика влажности почвы | 9 |
| 3.4 Расчёт мощности элементов схемы | 9 |
| 4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ | 10 |
| 4.1 Микроконтроллер | 10 |
| 4.2 Датчик температуры и влажности воздуха | 10 |
| 4.3 Датчик влажности почвы | 10 |
| 4.4 Дисплей | 11 |
| 4.5 Органы управления | 11 |
| 4.6 Блок питания | 11 |
| 4.7 Описание подключения модулей устройства | 11 |
| 5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ | 13 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 14 |
| ЛИТЕРАТУРА | 15 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 16 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б | 17 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 18 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г | 19 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д | 20 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е | 21 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж | 22 |

ВВЕДЕНИЕ

Темой данного курсового проекта является разработка микропроцессорного устройства контроля параметров объекта. Объектом выбрана оранжерея.

Оранжерея служит для выращивания различных растений по средствам создания искусственной экосистемы.

Оранжереи строятся из стекла или пластика. Внутри них исходящее от солнца инфракрасное излучение подогревает растения и почву. Воздух, нагретый от внутренней поверхности, удерживается внутри конструкции крыши и стенками.

Оранжереи часто используются для выращивания цветов, овощей, фруктов и табака.

Условия оранжереи должны отвечать особым требованиям, сравнимым с растениеводством на открытом грунте. Вредители и болезни, чрезмерность и недостаточность температуры и влажности должны контролироваться при обязательном наличии источника для полива. Особые виды оранжерей для определённых культур, таких как томаты, повсеместно используются для растениеводства в коммерческих масштабах.

Разработка курсового проекта будет происходить поэтапно. В первую очередь необходимо подобрать элементы устройства, учитывая их надежность, стоимость, функциональность и размеры. Затем необходимо собрать устройство и разработать программное обеспечение для корректной обработки информации и поддержания связи между элементами схемы. В конце устройство подлежит тестированию, чтобы проверить правильность сборки и исключить сбои при эксплуатации.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Требования к проектируемому устройству

Разрабатываемое микропроцессорное устройство выполняет функции контроля параметров оранжереи: измеряет температуру воздуха, определяет влажность почвы, измеряет влажность воздуха. Так же выводит полученную информацию на устройство отображения информации, информирует пользователя о несоответствии параметров окружающей среды. Для решения этих задач в состав устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- датчик температуры и влажности воздуха;
- датчик влажности почвы;
- устройство отображения информации;
- светодиоды для индикации;
- органы управления.

1.2 Микроконтроллер

Управление параметрами оранжереи и всех соответствующих датчиков осуществляется при помощи специального контроллера, в основе которого лежит микроконтроллер. Микроконтроллер представляет собой программно-управляемое электронное устройство, предназначенное для сбора данных и их передачи устройствам, занимающимся их обработкой, а также для управления этими устройствами и выполнения простых арифметических операций. На рынке существует множество компаний, выпускающих микроконтроллеры различных типов и характеристик, включая современные 32-битные, 16-битные и даже 8-битные модели. Каждая из этих моделей микроконтроллеров имеет свои уникальные характеристики, включая размеры, параметры, предустановленные интерфейсы и спектр выполняемых задач. Эти различия позволяют выбирать наиболее подходящий микроконтроллер в зависимости от конкретных требований и особенностей проекта. Результаты сравнения наиболее важных характеристик приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Сравнение микроконтроллеров

| Параметры сравнения | ATmega328P-PU | ATmega2560 | ESP-12 |
|------------------------------------|---------------|------------|--------|
| Архитектура | RISC | RISC | RISC |
| Разрядность микроконтроллера, бит | 8 | 8 | 32 |
| Максимальная тактовая частота, МГц | 16 | 16 | 80 |
| ОЗУ, КБ | 2 | 8 | 82 |

Продолжение таблицы 1.1

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| EEPROM, КБ | 1,024 | 4 | 4 |
| Число циклов перезаписи у EEPROM | 100000 | 100000 | 100000 |
| Flash-память, КБ | 32 | 256 | 32 |
| Циклы перезаписи у Flash-памяти | 10000 | 10000 | 10000 |
| Температурный диапазон, °C | От -40 до +125 | От -40 до +85 | От -20 до +70 |
| Максимальное напряжение питания, В | 5 | 5 | 3,3 |
| Максимальное напряжение на выводах, В | 5 | 5 | 3,3 |
| Максимальный выходной ток, мА | 20 | 20 | 12 |
| Число цифровых выводов | 14 | 54 | 11 |
| Число аналоговых выводов | 6 | 16 | 1 |
| Число выводов, поддерживающих ШИМ | 6 | 15 | 10 |
| Интерфейсы | UART, SPI, I ² C | UART, SPI, I ² C | UART, SPI, I ² C |

Для получения более подробной информации о рассмотренных микроконтроллерах использовались источники [3, 4, 5].

1.3 Датчик температуры и влажности воздуха

В сфере измерения температуры и влажности воздуха представлены разнообразные датчики. Они бывают как индивидуальные, специализированные на измерении влажности воздуха или температуры, так и комбинированные, объединяющие эти функции в одном корпусе. При выборе конкретного варианта опираются на поставленную задачу и требования к измерениям. Результаты анализа и сравнения характеристик приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Сравнение датчиков температуры и влажности воздуха

| Параметры сравнения | DHT11 | DHT22 |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| Напряжение питания | 3 ... 5,5В | 3 ... 5,5В |
| Максимальный потребляемый ток | 2,5 мА | 2,5 мА |
| Рабочая температура | -55 ... +125°C | -50 ... +150°C |
| Точность для температуры | ±2°C | ±0,5°C |

Продолжение таблицы 1.2

| | | |
|------------------------|-------------|-------------|
| Точность для влажности | $\pm 5\%RH$ | $\pm 2\%RH$ |
| Частота измерений | 1 Гц | 0,5 Гц |

Для получения точной информации о данных датчиков температуры воздуха использовалась техническая спецификация [6, 7].

1.4 Датчик влажности почвы

Разнообразие датчиков влажности почвы предоставляет потребителям широкий выбор в зависимости от их потребностей и бюджета. Перед выбором конкретной модели важно ознакомиться с их сравнительными характеристиками, представленными в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Сравнение датчиков влажности почвы

| Параметры сравнения | SEN0193 | FC-28 |
|---------------------|--------------|------------|
| Напряжение питания | 3,3 ... 5,5В | 3,3...5В |
| Потребляемый ток | 5мА | 15мА |
| Точность измерения | $\pm 4.5 \%$ | $\pm 3 \%$ |

Для получения точной информации о данных датчиках освещенности использовалась техническая спецификация [8, 9].

1.5 Модули отображения информации

Модуль отображения информации представляет собой ЖК-дисплей.

Рассмотрим для сравнения символьные ЖК-дисплеи моделей LCD2004, LCD1602 и LCD0802. Основное различие между ними заключается в количестве символов, которые они могут отображать одновременно. Подробные характеристики каждого из дисплеев приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 — Сравнение модулей отображения информации

| Параметры сравнения | LCD2004 | LCD1602 | LCD0802 |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Количество символов | 20 x 4 | 16 x 2 | 8 x 2 |
| Угол обзора | 180° | 180° | 180° |
| Напряжение питания | 3.3 – 5 В | 3.3 – 5 В | 3.3 – 5 В |
| Максимальный потребляемый ток | 1.4 мА (120 мА с подсветкой) | 1 мА (100 мА с подсветкой) | 0.8 мА (50 мА с подсветкой) |
| Размер дисплея | 3.8 дюйма | 2.6 дюйма | 1.6 дюйма |
| Выходы | VCC, GND, SCL, SDA | VCC, GND, SCL, SDA | VCC, GND, SCL, SDA |

Продолжение таблицы 1.4

| | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|
| Интерфейс связи | I2C | I2C | I2C |
| Тип выходного канала | аналоговый | аналоговый | аналоговый |

Для получения более подробной информации о модулях отображения информации использовались источники [9, 10, 11].

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

2.1 Постановка задачи

Изучив предметную область системы контроля параметров оранжереи, были выделены основные требования, которым должна удовлетворять разрабатываемая система. Для эффективного проектирования системы предлагается разбить её на структурные блоки. Этот этап разработки также включает в себя создание структурной схемы. Структурная схема, представленная в приложении А, является важным компонентом проектирования, поскольку здесь выделяются основные модули и компоненты устройства.

В рамках данного курсового проекта необходимо разработать автономное устройство контроля параметров объекта. Для реализации было выбрано устройство, осуществляющее контроль параметров окружающей среды оранжереи. Исходя из этого, были выделены следующие функции, которые должно выполнять данное устройство:

- измерения выбранных ранее параметров окружающей среды;
- демонстрация полученных данных на устройство отображения;
- органы управления отображаемой информации;
- световая индикация о выходе за пределы установленной нормы каждого параметра.

2.2 Определение компонентов структуры устройства

Компоненты структуры устройства выбираются исходя из функций, определенных в постановке задачи. Проанализировав выделенные функции, были определены следующие компоненты, представленные ниже.

1) Микроконтроллер — ключевой компонент всей схемы. Выполняет функцию обработки поступающей информации и выдает управляющие сигналы.

2) Модуль питания — обеспечивающий надежное электропитание всей системы.

3) Модуль индикации — набор светодиодов, предназначенных для визуального оповещения пользователя о нарушении параметров.

4) Модуль отображения информации — предоставляет возможность отображать измерения влажности воздуха, температуры, влажности почвы, а также текущее время.

5) Датчик температуры и влажности воздуха — датчик, считывающий информацию о температуры и влажности воздуха.

6) Датчик влажности почвы — датчик, считывающий информацию о степени влажности почвы, что позволяет системе контроля параметров оранжереи обеспечивать точные и своевременные данные о влажности почвы.

2.3 Взаимодействие компонентов устройства

Устройство последовательно считывает информацию со всех датчиков, затем эти данные передаются на контроллер, который их анализирует.

Контроллер получает данные с датчика температуры и влажности воздуха, а также с датчика влажности почвы. В случае, если параметры, такие как температура, влажность земли или влажность воздуха, выходят за пределы установленного диапазона, то управляющий блок отправляет сигнал на соответствующий светодиод, который начинает мигать.

Модуль питания взаимодействует со всеми элементами схемы напрямую или через контроллер, благодаря ему осуществляется питание всех необходимых элементов.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Схема электрическая функциональная разрабатываемой системы представлена в приложении Б.

Ниже, в подразделах, приведены описания требований к компонентам. Для функциональной схемы выбраны абстрактные очертания будущих компонентов, то есть описываются только основные контакты и связи.

3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров

В данной курсовом проекте в качестве микроконтроллера могла быть использована любая плата из представленных в таблице 1.1 так как устройство не требует больших затрат в памяти и мощности для корректной работы. Микроконтроллеры ATmega2560 и ESP-12 превосходят ATmega328P-PU по памяти и мощности, но имеют большую стоимость. Так же у ESP-12 почти нет аналоговых выходов, которые могут пригодиться при сборке проекта.

Исходя из вышеперечисленного в данном проекте используется микроконтроллер ATmega328P-PU, так как он полностью подходит под поставленные задачи. Данный контроллер был выбран также по причине доступности.

3.2 Обоснование выбора датчика температуры и влажности воздуха

Рассмотрев сравнительные характеристики датчиков температуры и влажности воздуха, представленных в таблице 1.2 обзора литературы, видно, что все датчики имеют одинаковое напряжение питания, потребляемый ток. Было принято решение выбрать датчик DHT22, так как он имеет больший диапазон рабочей температуры и большую точность измерений.

3.3 Обоснование выбора датчика влажности почвы

В таблице 1.3 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков влажности земли. Как видно из сравнения, все они имеют схожие характеристики и отличаются потребляемым током, а также точностью измерения. В данном курсовом проекте был выбран датчик FC-28 в связи с большей точностью измерений, хоть и потребляет больше тока, чем остальные датчики.

3.4 Расчёт мощности элементов схемы

Потребляемая мощность разрабатываемого устройства равна сумме мощностей, потребляемых его элементами. Расчет мощности элементов схемы устройства представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства

| Блок | U, В | I, мА | Кол-во | P, мВт |
|--|------|-------|--------|--------|
| Микроконтроллер ATmega328P-PU | 5 | 0,2 | 1 | 1 |
| Приемник HX1838 | 5 | 7 | 1 | 35 |
| Датчик температуры и влажности воздуха DHT22 | 5 | 2,5 | 1 | 12,5 |
| Датчик влажности земли FC-28 | 5 | 15 | 1 | 75 |
| ЖКи дисплей LCD2004 | 5 | 40 | 1 | 200 |
| Светодиод | 5 | 20 | 7 | 700 |
| Суммарная мощность, мВт | | | | 1023,5 |

В реализованной схеме используются микроконтроллер ATmega328P-PU, приемник HX1838 для пульта дистанционного управления, датчик температуры и влажности воздуха DHT22, датчик влажности земли FC-28, ЖКИ дисплей LCD2004 и 7 светодиодов.

Таким образом потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 7 + 5 \cdot 2,5 + 5 \cdot 15 + 5 \cdot 40 + 5 \cdot 20 \cdot 7 = 1023,5 \text{ мВт.}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 1228,2 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1228,2}{5} = 0,24564 \approx 0.25 \text{ A}$$

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Схема электрическая принципиальная разрабатываемой системы представлена в приложении В.

Перечень используемых элементов для создания разрабатываемого устройства представлен в приложении Г.

4.1 Микроконтроллер

В качестве микроконтроллера для данной системы выбрана модель «ATmega328P-PU» [2], производимая компанией Microchip Technology Inc.

Все контакты портов В, С и D: PB0 – PB7, PC0 – PC7, PD0 – PD7, – являются двунаправленными: то есть могут как считывать сигнал, так и генерировать его. Выходы на внешние системы управления подключены к порту В. Датчики подключены к входам порта «С», так как они поддерживают обработку аналогового сигнала. Связь с дисплеем осуществляется через порт D.

Микроконтроллер обозначен как «DD1».

4.2 Датчик температуры и влажности воздуха

В схеме используется датчик температуры влажности воздуха с наименованием модели «DHT22» [6].

Датчик имеет два контакта для питания и один цифровой. Согласно информации из технической спецификации, для функционирования датчика необходимо в цепь между микроконтроллером и информационным выходом встроить резистор R1 номиналом 10 кОм.

Соединение с микроконтроллером осуществляется через цифровой выход Vout, который подключён к контакту PD2 микроконтроллера.

Имеет обозначение «DD3».

4.3 Датчик влажности почвы

В схеме используется датчик влажности почвы с наименованием модели «FC-28» [8].

Данный датчик имеет два контакта для питания и два информационных (аналоговый и цифровой).

Соединение с микроконтроллером осуществляется через аналоговый выход Vout, который подключён к контакту PC0 микроконтроллера.

Имеет обозначение «DA1».

4.4 Дисплей

В качестве дисплея выбрана жидкокристаллическая модель «LCD2004 I2C Module» [10].

Модель обладает четырьмя строками, вмещающими 20 ASCII-символов, светодиодной задней подсветкой и настраиваемой контрастностью.

Контакты VSS и VDD отвечают за питание дисплея, SDA — последовательная линия данных, SCL — последовательная линия тактирования.

Соединение дисплея с микроконтроллером осуществляется через PC4 и PC5. К данным контактам микроконтроллера подключены SDA и SCL соответственно.

Имеет обозначение «DD2».

4.5 Органы управления

В качестве органов управления выбран ИК пульт дистанционного управления с модулем приемника HX1838[14].

VSS и VDD предназначены для подачи питания на приемник. Контакт OUT является цифровым выходом приемника и, судя по всему, подключается к выводу PD7.

Имеет обозначение «DD4».

4.6 Блок питания

Блок питания включает в себя аккумулятор «GB1», два конденсатора C1, C2 и стабилизатор напряжения «DA2».

В качестве аккумулятора используется батарея Li-Ion 6F22 9В, после неё установлен стабилизатор напряжения модели «KP14EH5A». Номинал конденсаторов C1 и C2 составляет соответственно 2,2 мкФ, 1 мкФ. Благодаря такому устройству блока питания у разрабатываемой схемы будет питание 5В.

4.7 Описание подключения модулей устройства

Микроконтроллер ATmega328P-PU имеет как аналоговые, так и цифровые входы. Для обеспечения питания он имеет входы для положительного напряжения и заземления. Всего в данном микроконтроллере 28 разъемов, однако не все они используются при разработке устройства. Все

разъемы, которые были задействованы можно разделить на 4 группы: питание устройства, специальные, аналоговые, цифровые. Данное разделение представлено в таблице 4.1.

4.1 – Таблица разделения на группы разъемов микроконтроллера

| Номер группы | Наименование группы | Буквенно-цифровое обозначение разъема микроконтроллера |
|--------------|-------------------------|--|
| 0 | Питание | VCC |
| | | GND |
| | | AVCC |
| | | GND |
| 1 | Специального назначения | PB6 |
| | | PB7 |
| 2 | Цифровые входы | PD2 |
| | | PD4 |
| | | PD5 |
| | | PD6 |
| | | PC5 |
| | | PC4 |
| 3 | Аналоговые входы | PC0 |

Такое представление помогает облегчить понимание схемы, что в последствии сможет улучшить качество обслуживания и улучшения устройства. Однако данной таблицы недостаточно: в ней выделены группы разъемов, в то же время в некоторых группах собрано сразу несколько разъемов.

Таким образом, необходимо заполнить таблицу соответствия между названием разъемов микроконтроллера и условным обозначением на схеме. Данное соответствие представлено в таблицу 4.2.

4.2 – Таблица соответствия разъемов микроконтроллера и условного обозначения

| Название разъема | Буквенно-цифровое обозначение разъема микроконтроллера | Условное обозначение на схеме |
|-----------------------------|--|-------------------------------|
| Положительное питание | VCC | 001 |
| Заземление | GND | 002, 004 |
| Аналоговое питание | AVCC | 003 |
| Вход кварцевого генератора | PB6 | 101 |
| Всход кварцевого генератора | PB7 | 102 |

Продолжение таблицы 4.2

| | | |
|-----------------|-----|-----|
| Цифровой вход | PD2 | 201 |
| Цифровой вход | PD4 | 202 |
| Цифровой вход | PD5 | 203 |
| Цифровой вход | PD6 | 204 |
| Цифровой вход | PD7 | 205 |
| Цифровой вход | PC5 | 206 |
| Цифровой вход | PC4 | 207 |
| Аналоговый вход | PC0 | 301 |

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для корректной работы разрабатываемого устройства недостаточно собрать все компоненты в один блок. Необходимо так же разработать программное обеспечение, которое сможет выполнять ряд следующих функций:

- обработка поступающей с датчиков информации;
- установка допустимых границ для каждого параметра;
- информирование пользователя о выходе параметров за границы установленного диапазона;
- изменений настроек устройства.

Таким образом становится ясно, что в данной курсовой работе нужно написать такой код, который будет выполнять все вышеперечисленные пункты. Для этой задачи был выбран язык программирования C++ и удобное, а также понятное Arduino IDE.

Для удобства дальнейшего поддержания работоспособности и улучшения функций устройства лучшим решением было разделить код на функции, которые решают ограниченное количество задач.

Схема алгоритма представлена в приложении Д, полный код программного обеспечения разрабатываемого устройства представлен в приложении Е.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения курсового проекта создана схема устройства для управления параметрами оранжереи. Система помогает обеспечить комфортные условия для выращивания различных видов растений.

Система анализирует информацию с датчика температуры и влажности воздуха, а также с датчика влажности почвы. На основании полученных данных система информирует пользователя о выходе за установленные границы при помощи светодиодов. Так же пользователь может настраивать границы каждого параметра (температуры воздуха, влажности воздуха и влажности почвы) при помощи пульта дистанционного управления и ЖКИ дисплея. ЖКИ дисплей предоставляет возможности просмотра информации каждого параметра, что в свою очередь сможет облегчить наблюдение и выращивание растений в оранжереи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вычислительные машины, системы и сети: дипломное проектирование (методическое пособие) [Электронный ресурс]: Минск БГУИР 2019. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_136308.pdf
- [2]. ATMEGA328P-PU [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392289/ATMEL/ATMEGA328P-PU.html>
- [3]. ATMEGA2560 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html>
- [4]. ESP8266 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
- [5]. DHT11 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1440068/ETC/DHT11/194/3/DHT11.html>
- [6]. DHT22 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1132459/ETC2/DHT22/109/1/DHT22.html>
- [7]. SEN0193 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.micro-semiconductor.com/datasheet/2e-SEN0193.pdf>
- [8]. FC-28 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://datasheethub.com/fc-28-soil-moisture-sensor-module/>
- [9]. Specification for LCD Module 1602 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>
- [10]. Specification for LCD Module 2004 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://uk.beta-layout.com/download/rk/RK-10290_410.pdf
- [11]. LCD 0802 HWv1 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.embeddedadventures.com/datasheets/LCD-0802_hw_v1_doc_v1.pdf
- [12]. FC-403-65 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.fito-system.ru/upravlenie-mikroklimate-temperatura>
- [13]. OMNIPOINT 30 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://datchiki.com/wp-content/uploads/2021/08/OMNIPOINT-30.pdf>
- [14]. HX1838 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://handsontec.com/dataspecs/module/Infrared%20RxTx%20module.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Обязательное)

Схема электрическая структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Обязательное)

Схема электрическая функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(Обязательное)

Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(Обязательное)

Перечень элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(Обязательное)

Алгоритм программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(Обязательное)

Код программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(Обязательное)

Ведомость документов