СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc116863761)

[1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 4](#_Toc116863762)

[1.1 Состав устройства 4](#_Toc116863763)

[1.2 Микроконтроллеры 4](#_Toc116863764)

[1.3 Датчики освещенности 5](#_Toc116863765)

[1.4 Датчики температуры 5](#_Toc116863766)

[1.5 Датчики влажности и атмосферного давления 6](#_Toc116863767)

[1.6 Модули часов реального времени 6](#_Toc116863768)

[1.7 Светодиоды для индикации 7](#_Toc116863769)

[1.8 Устройства управления внешней нагрузкой 7](#_Toc116863770)

[1.9 Модуль информирования пользователя 8](#_Toc116863771)

[2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА 9](#_Toc116863772)

[2.1 Постановка задачи 9](#_Toc116863773)

[2.2 Определение компонентов структуры устройства 9](#_Toc116863774)

[2.3 Взаимодействие компонентов устройства 10](#_Toc116863775)

[3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА 11](#_Toc116863776)

[3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров 11](#_Toc116863777)

[3.2 Обоснование выбора датчика горючих газов 11](#_Toc116863778)

[3.3 Обоснование выбора датчика освещенности 11](#_Toc116863779)

[3.4 Обоснование выбора ультразвукового датчика расстояния 11](#_Toc116863780)

[3.5 Обоснование выбора модулей радиопередачи 12](#_Toc116863781)

[3.6 Обоснование выбора драйвера моторов 12](#_Toc116863782)

[3.7 Обоснование выбора мотор-редукторов 12](#_Toc116863783)

[3.8 Обоснование выбора модуля воспроизведения звука 13](#_Toc116863784)

[4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА 14](#_Toc116863785)

[4.1 Расчёт мощности элементов схемы 14](#_Toc116863786)

[4.2 Расчёт нагрузки светодиодов 15](#_Toc116863787)

[4.3 Микроконтроллеры 16](#_Toc116863788)

[4.4 Датчик горючих газов 16](#_Toc116863789)

[4.5 Датчик освещенности 16](#_Toc116863790)

[4.6 Ультразвуковой датчик расстояния 17](#_Toc116863791)

[4.7 Модуль радиопередачи 17](#_Toc116863792)

[4.8 Драйвер моторов 17](#_Toc116863793)

[4.9 Мотор-редукторы 17](#_Toc116863794)

[4.10 Пьезодинамик 17](#_Toc116863795)

[4.11 Джойстики 18](#_Toc116863796)

[5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 19](#_Toc116863797)

[5.1 Требования к разработке программного обеспечения 19](#_Toc116863798)

[5.2 Блок-схема алгоритма 19](#_Toc116863799)

[5.3 Исходный код программы для устройства управления 20](#_Toc116863800)

[5.4 Исходный код программы для передвижного устройства 20](#_Toc116863801)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 22](#_Toc116863802)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 25](#_Toc116863803)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 26](#_Toc116863804)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 27](#_Toc116863805)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г 28](#_Toc116863806)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Д 29](#_Toc116863807)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Е 34](#_Toc116863808)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Ж 35](#_Toc116863809)

# ВВЕДЕНИЕ

Вставить тут

# ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## Состав устройства

Проектируемое устройство должно решать поставленные задачи по мониторингу за параметрами окружающей среды в рамках тепличного комбината и при необходимости доведения эти параметров до состояния нормы. Данный мониторинг включает в себя отслеживание температуры и влажности, атмосферного давления и уровня освещенности, а также информирование пользователя об измеряемых параметрах. Для решения вышеперечисленных задач проектируемое устройство должно включать в себя:

- микроконтроллер

- датчик освещенности

- датчик температуры

- датчик влажности и атмосферного давления

- модуль часов реального времени

- светодиоды для индикации

- модуль управления внешней нагрузкой

- модуль информирования пользователя

## Микроконтроллеры

Существует огромное разнообразие плат с разными микроконтроллерами. Они могут различаться по исполнению, мощности, энергопотреблению, наличию периферии.

При выборе микроконтроллера для текущего проекты были рассмотрены отладочные платы на Arduino и STM (см таблицу 1.1)

Таблица 1.1 — Сравнение микроконтроллеров

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **Esp - 01** | **Arduino Nano** | **STM32F4DISCOVERY** |
| Микроконтроллер | Xtensa L106 | ATmega328p | STM32F407VGT6 |
| Входное напряжение | 5 – 20 В | 6 – 20 В | 3- 5 В |
| Флэш-память | 1024 Кб | 32 Кб | 1024 Кб |
| ОЗУ | 96 Кб | 2 Кб | 192 Кб |
| Тактовая частота | 80 МГц | 16 МГц | 168 МГц |
| Разрядность | 32 бит | 8 бит | 32 бит |
| Цифровые  входы/выходы | 11 шт | 14 шт | 82 шт |
| Аналоговые  входы/выходы | 1 шт | 6 шт | 16 шт |
| Выходное напряжение | 3.3В | 3.3В, 5 В | 3.3В |

Продолжение таблицы 1.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочая температура | от -25 до +85 ºС | от -25 до +85 ºС | от -40 до +85 ºС |
| Встроенный видеочип | нету | нету | нету |
| Размеры | 24 мм × 515 мм | 45 мм × 18 мм | 97 мм × 66 мм |

Для получения более подробной информации о рассмотренных микроконтроллерах использовались источники [ Ссылки на источики].

## Датчики освещенности

К наиболее популярным можно отнести такие модели датчиков освещенности, как датчик освещенности CJMCU-TEMT6000, цифровой датчик освещенности GY-302 и фоторезистивный датчик освещенности XD-80 на чипе **LM393**. В таблице 1.3 приведены их сравнительные характеристики.

Таблица 1.3 — Сравнение датчиков освещенности

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **Цифровой датчик освещенности GY-302** | **Фоторезистивный датчик**  **освещенности KY-018** | **Датчик освещенности CJMCU-TEMT6000** | |
| Угол чувствительности | 180 | 180 | 180 | |
| Напряжение питания | 3.3 – 5 В | 3.3 – 5 В | 3 – 5 В |
| Рабочая температура | от -5 до +70 ºС | от -40 до +85 ºС | от -25 до +85 ºС |
| Потребляемый ток | до 17 мА | до 130 мА | до 20 мкА |
| Измеряемые значения | 65536 градаций | 65536 градаций | 65536 градаций |
| Тип выходного канала | Цифровой, интерфейс I2C | аналоговый | аналоговый |

Для получения характеристик о данных датчиках использовалась источники [11, 12, 13 ссылки].

## Датчики температуры

Датчик температуры используется для определения температуры окружающей среды (см. таблицу 1.3). К популярным можно отнести датчик DHT22, DHT11, ds18b20, передающие данные по цифровому интерфейсу 1-WIRE.

Таблица 1.3 – Сравнение датчиков температуры

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **DS18B20** | **DHT11** | **DHT22** |
| Напряжение питания | 3–5.5 В | 3-5 | 3-5 |
| Точность, % | 0,5 | 2 | 1 |
| Температурный диапазон | -55–+125 ºС | 0-50 ºС | -40–+80 ºС |
| Потребляемый ток, | 9 мА | <2.5 мА | <2.5 мА |
| Измерение влажности воздуха | нет | да | да |

Для получения характеристик о данных датчиках использовалась источники [11, 12, 13].

## Датчики влажности и атмосферного давления

Наиболее распространенными датчиками такого типа являются модели BME280, HTS221 и LPS25. При этом BME280 может измерять и давление, и влажность одновременно, HTS221 – только влажность, LPS25 – только давление. Все они измеряют температуру. Информация о них приведена в таблице 1.4

Таблица 1.4 — Сравнение датчиков

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **BME280** | **HTS221** | **LPS25** |
| Напряжение питания | 3.3 В | 1.7– 3.6 В | 1.7 – 3.6 В |
| Потребляемый ток | до 2 мкА | до 1 мкА | до 2 мкА |
| Рабочая температура | от -40 до +85 ºС | от -40 до +85 ºС | от -15 до +70 ºС |
| Точность измерения | 0.01 гПа, 0.01 ºС, 3% | 1 °С, 0,1% | 1 гПа и 2°С |

Для получения точной информации о данных датчиках использовалась информация из источников [].

## Модули часов реального времени

Наиболее распространенными моделями часов являются DS1302, DS1307, DS3231. Они основаны на подключаемом модуле RTC (часы реального времени).

Сравнение приведено в таблице 1.5

Таблица 1.5 — Сравнение модулей RTC

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **DS1307** | **DS1302** | **DS3231** |
| Частота | 1 Гц, 4.096 кГц, 8.192 кГц, 32.768 кГц | 32.768 кГц | Два выхода – первый на 32.768 кГц, второй – программируемый от 1 Гц до 8.192 кГц |
| Напряжение питания | 5 В | 5 В | 5 В |
| Потребляемый ток | до 14 мА | до 28 мА | до 6 мА |
| Рабочая температура | от -40 до +85 ºС | от -20 до +85 ºС | от -40 до +85 ºС |
| Протокол передачи | I2C | I2C, SPI | I2C |
| Точность | 2,5 секунды в сутки | 5 секунд в сутки | до 2 сек |

Для получения информации о данных модулях использовались источники [18, 19].

## Светодиоды для индикации

Наиболее популярными решениями адресных светодиодов являются решения на базе чипов WS2812, WS2813 и WS2811.

Результаты сравнения представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 — Сравнение чипов адресных светодиодов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **WS2812** | **WS2813** | **WS2811** |
| Напряжение питания логики | 3.5 – 5.3 В | 3.5 – 5.3 В | 12 -24 В |
| Светодиодов на чип | 1 | 1 | 3 |
| Потребляемый ток  светодиодов | до 12 мА | до 15 мА | до 20 мА |
| Количество информационных входов | 1 | 2 (дублирующий) | 1 |

Для получения информации о данных светодиодах использовался источник [20, 21, 22].

## Устройства управления внешней нагрузкой

Классическим способом управления мощной внешней нагрузкой является использование механических реле. Сравнение модулей реле приведено в таблице 1.7.

Таблица 1.7 — Сравнение модулей реле

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметры сравнения** | **Relay Shield v3.0** | **Relay MOD 250-10** |
| Управляющее напряжение | 5 В | 5 В |
| Коммутация переменного напряжения | Нет | Да |
| Максимальный ток нагрузки | До 5А | До 10 А |
| Количество коммутируемых каналов | 4 | 4 |

Для получения информации о модулях реле использовался источник [23].

## Модуль информирования пользователя

Для информирования пользователя о состояниях датчиков были рассмотрены следующие модели экранов:

Результаты сравнения экранов приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 — Сравнение экранов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **LCD 1602** | **LCD 2004** | **OLED 12864** | **LCD 12864** |
| Технология | Жидкокристаллический | Жидкокристаллический | OLED | Жидкокристаллический |
| Разрешение | 16 символов  2 стоки | 20 символов  4 строки | 128x64 | 128x64 |
| Питание | 3.3 – 5В | 3.3 – 5В | 3.3 - 5В | 5В |
| Интерфейс подключения | Параллельный | I2C, параллельный | I2C | Параллельный, SPI |
| Подсветка | Да / нет | Да / нет | Да | Да |
| Регулировка яркости | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Адресуемость отдельного пикселя | Нет | Да | Да | Да |
| Размер, мм | 69.5\*14.5 | 98 \* 60 | 28 \* 28 | 93 \* 70 |

Для получения информации о данных экранах использовались источники [24, 25].

# РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

## 2.1 Постановка задачи

Перед тем как составить структуру разрабатываемого устройства, необходимо выделить функции, которые будет выполнять устройство.

Необходимо разработать микропроцессорное устройство контроля окружающей среды в рамках тепличного комбината. Функции, выполняемые данным устройством:

- контроль внешней температуры воздух;

- контроль влажности воздуха в помещении;

- контроль атмосферного давление;

- отслеживание уровня освещенности;

- автоматическое управление подключенной нагрузкой в зависимости от текущих значений датчиков

-  информирование пользователя о текущем состоянии окружающей среды.

- обеспечение возможности отправки получаемых значений по сети WiFi.

## 2.2 Определение компонентов структуры устройства

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

1)  Модуль взаимодействия с пользователем – экран, который отображает информацию об окружающей среде, а также поворотный энкодер, с помощью которого осуществляется взаимодействие с интерфейсом.

2) Модуль питания — стабилизатор напряжения и источник питания схемы.

3) Модуль RTC – модуль часов реального времени.

4) Модуль радиопередачи — передатчик, который передает информацию по Wifi.

5) Датчик влажности и атмосферного давление – датчик, считывающий информацию об указанных параметрах.

6) Датчик температуры – датчик, получающий температуру окружающей среды

7) Датчик освещенности — датчик, считывающий информацию о степени освещенности рабочего пространства устройства.

8) Модуль индикации — светодиод, выполняющий функцию индикации состояния устройства.

9) Модуль управления нагрузкой – контроль включения внешней сетевой нагрузки.

10) Микроконтроллер – анализирует информацию и вырабатывает управляющие сигналы.

2.3 Взаимодействие компонентов устройства

Микроконтроллер производит периодические запрос на считывание данных с датчиков, проверяет полученные данные на выход за пределы допустимых значений параметров.

Контроллер сравнивает допустимые значения и полученные значения с датчиков освещенности, температуры, влажности, давления и, при превышении, подает сигнал на модуль оповещения, который включает звуковой сигнал.

При обнаружении отклонений от нормы и/или сигнала с модуля управления микроконтроллер отдает сигнал модулю индикации для светового оповещения и, в зависимости от настроек, включает или отключает внешнюю нагрузку модуль управления нагрузкой.

Одновременно с этим микроконтроллер выводит собираемые данные на экран и получаем сигналы управления от энкодера, с которым взаимодействует пользователь.

Дополнительно микроконтроллер производит проверку входного буфера UART. При наличии в нём данных, выполняется обработка и сохранение либо отправка необходимых данных

В зависимости от режима, микроконтроллер может с заданной периодичностью сохранять текущие значения окружающей среды себе в флэш-память либо передавать их на радиопередатчик.

# ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

## Обоснование выбора микроконтроллеров

Микроконтроллер является главным модулем разрабатываемого устройства, потому что берет на себя главные функции: управление всеми внешне подключёнными модулями, а также производить обработку получаемых с датчиков данных.

В таблице 1.1 были продемонстрированы ключевые параметры устройств. Микроконтроллеры STM32F407 и Esp-01 опережают Arduino Nano по многим параметрам, но было принято решение о достаточности параметров Arduino Nano для выполнения поставленных задач. Также данный микроконтроллер обладает большим количеством пользовательских библиотек для различных сценариев использования данного устройства.

## Обоснование выбора датчика освещенности

Рассмотрев сравнительные характеристики датчиков освещенности, представленных в таблице 1.2, было принято решение выбрать аналоговый датчик на основе фоторезистора. Данный датчик прост в своем устройстве и легкодоступен. Минусом его использования является отсутствие аппаратного гистерезиса.

## Обоснование выбора датчика температуры

В таблице 1.3 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков температуры. Все они цифровые и работают по протоколу 1-Wire. Самым точным из них является ds18b20. Он также существует в выносном герметичном исполнении, что и обусловило выбор данного датчика.

## Обоснование выбора датчика влажности и атмосферного давления

После сравнения представленных датчиков видно, что BME280 – единственный, который может проводить измерения температуры, влажности и атмосферного давления одновременно. Также он достаточно точный и недорогой, что обусловило выбор в его пользу.

## Обоснование выбора часов реального времени

Сравнение модулей RTC, представленных в таблице 1.5 обзора литературы показало, что они все имеют схожие параметры. Поэтому модуль на основе DS3231 был выбран как наиболее точный и энергоэффективный.

## Обоснование выбора светодиода

Из представленных адресных светодиодов был выбран вариант на чипе WS2812, т.к они существуют в маленьких типоразмерах. Также причиной выбора в его пользу было то, что напряжение его питания согласуется с напряжением питания устройства.

## Обоснование выбора устройства управления внешней нагрузкой

В качестве устройства управления нагрузкой было выбран модуль недорогих механических реле, расчитанных на коммутацию достаточно маломощной нагрузки. Был выбран вариант в исполнении, включающем 2 блока реле.

## Обоснование выбора модуля информирования пользователя

После анализа альтернатив, в качестве экрана для использования была выбрана именно модель LCD2004, т.к она способна отображать 4 символьных строки по 20 символов. Вместе с достаточно большими размерами и низкой ценой, данный экран становится идеальным выбором для применения в проекте

Опционально пользователь может информироваться по сети Wifi. Для этого в проекте использован контроллер Esp-01, характеристики которого были рассмотрены в разделе 1. Плюсом его использования является дешевизна и наличие возможности подключения к Wifi сетям.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

**Схема структурная**

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

**Схема функциональная**

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

**Схема принципиальная**

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

**Схема программы**

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

**Листинг кода**

# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

**Перечень элементов**

# ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

**Ведомость документов**