**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc89783601)

[1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 5](#_Toc89783602)

[1.1. Состав устройства 5](#_Toc89783603)

[1.2. Микроконтроллер 5](#_Toc89783604)

[1.3. Датчик температуры и влажности 5](#_Toc89783605)

[1.4. Датчик углекислого газа 6](#_Toc89783606)

[1.5. Датчик угарного газа 6](#_Toc89783607)

[1.6. Дисплей 7](#_Toc89783608)

[2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА 8](#_Toc89783609)

[2.1. Перечень блоков 8](#_Toc89783610)

[2.2. Связи между блоками 8](#_Toc89783611)

[3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА 9](#_Toc89783612)

[3.1. Аппаратная платформа 9](#_Toc89783613)

[3.2. Датчик температуры и влажности 9](#_Toc89783614)

[3.3. Датчик углекислого газа 9](#_Toc89783615)

[3.4. Датчик угарного газа 10](#_Toc89783616)

[3.5. Дисплей 10](#_Toc89783617)

[4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА 11](#_Toc89783618)

[4.1. Разработка системы питания 11](#_Toc89783619)

[4.2. Расчёт нагрузки светодиодов 12](#_Toc89783620)

[4.3. Описание входов и выходов микроконтроллера 12](#_Toc89783621)

[5. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 13](#_Toc89783622)

[5.1. Требования к программе 13](#_Toc89783623)

[5.2. Схема программы 13](#_Toc89783624)

[5.3. Программа управления устройством 15](#_Toc89783625)

[5.3.1. Файл main.ino 15](#_Toc89783626)

[5.3.1. Файл chars.h 17](#_Toc89783627)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 18](#_Toc89783628)

[ЛИТЕРАТУРА 19](#_Toc89783629)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 20](#_Toc89783630)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 21](#_Toc89783631)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 22](#_Toc89783632)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г 23](#_Toc89783633)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Д 24](#_Toc89783634)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Е 25](#_Toc89783635)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Ж 36](#_Toc89783636)

# ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии делают возможным создание умных решений для выращивания растений. Умная теплица – это система, предназначенная для создания оптимальных условий для роста растений в ограниченном пространстве.

Актуальность такого проекта обусловлена несколькими факторами. Во-первых, растущий интерес к здоровому образу жизни и экологически чистым продуктам питания стимулирует людей выращивать собственные овощи, фрукты и зелень. Во-вторых, климатические изменения и сезонные ограничения создают потребность в устройствах, способных обеспечить оптимальные условия для растений круглый год. В-третьих, развитие концепции "умного дома" создает спрос на интеллектуальные устройства, интегрируемые в общую систему автоматизации жилища.

Цель проекта заключается в создании компактной, эффективной и простой в использовании мини-теплицы с контролем микроклимата, способной автоматически поддерживать оптимальные условия для роста растений. Главные параметры микроклимата, которые необходимо контролировать в рамках теплицы, – это освещенность, температура воздуха, температура и влажность почвы.

Устройство, разрабатываемое в данном курсовом проекте, должно выполнять ряд задач:

– производить мониторинг температуры воздуха в теплице и автоматически переходить в режим проветривания в случае, если показатель выходит за установленные рамки;

– отслеживать уровень влажности воздуха и почвы, автоматически осуществлять полив и проветривание;

– определять интенсивность света в теплице, автоматически регулировать уровень искусственного освещения в зависимости от времени суток и погодных условий.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

# 1.1 Состав устройства

В состав устройства системы контроля микроклимата теплицы входит:

– микроконтроллер;

– датчик температуры и влажности воздуха;

– датчик уровня освещенности;

– датчик влажности почвы;

– мини помпа;

– фитолента;

– кулеры;

– реле;

– нагревающий провод.

# 1.2 Микроконтроллер

Среди микроконтроллеров доступных на рынке были рассмотрены популярные платы торговых марок Arduino, STM, Raspberry и ESP. Их общие сравнительные характеристики представлены в таблице 1.1.

Информация для составления сравнительной таблицы микроконтроллеров различных марок была взята из источников [1 – 4].

Таблица 1.1 – Характеристики микроконтроллеров

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | ESP32 | Raspberry Pi Pico RP2040 | Nordic nRF52840 | STM32WB55 |
| Процессор | Dual-core Xtensa LX6 32-bit | Dual-core ARM Cortex-M0+ | ARM Cortex-M4F | ARM Cortex-M4F |
| Тактовая частота, МГц | До 240 | 133 | 64 | 64 |
| ОЗУ, КБ | 520 | 264 | 256 | 256 |
| Flash-память, МБ | 16 | 2 | 2 | 2 |
| Выходное напряжение, В | 3.3 | 3.3 | 1.7 – 3.6 | 1.7 – 3.6 |
| Количество входов/выходов | 34 | 26 | 48 | 72 |
| Ток потребления, мА | 80 | 20 | 5.3 | 5.2 |
| Wi-Fi, ГГц | 2.4 | Нет | Нет | Нет |
| Bluetooth | BLE | Нет | BLE 5 | BLE 5 |

ESP32 выделяется высокой производительностью, большим объемом памяти и наличием как Wi-Fi, так и Bluetooth. Линейка ESP32 предлагает широкий выбор моделей, которые в зависимости от своих характеристик применяются в различных областях. Их сравнительная характеристика приведена в таблице 1.2.

Информация для составления сравнительной таблицы микроконтроллеров ESP была взята из источника [1].

Таблица 1.2 – Сравнительные характеристики моделей ESP32

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | ESP8266 | ESP32 | ESP32-S2 | ESP32-S3 | ESP32-C3 |
| Процессор | Tensilica L106 | Xtensa LX6 | Xtensa LX7 | Xtensa LX7 | RISC-V |
| Тактовая частота, МГц | 80-160 | До 240 | До 240 | До 240 | До 160 |
| ОЗУ, КБ | 160 | 520 | 320 | 512 | 400 |
| ROM, КБ | - | 448 | 128 | 384 | 384 |
| Flash память, МБ | 16 | 16 | 128 | 128 | 16 |
| Выходное напряжение, В | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 | 3.3 |
| Количество входов/выходов | 17 | 34 | 43 | 45 | 22 |
| Ток потребления, мА | 80 | 80 | 70 | 75 | 60 |
| GPIO | 17 | 34 | 43 | 45 | 22 |
| Wi-Fi, ГГц | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| Bluetooth | Нет | BT 4.2 & BLE | Нет | BLE 5.0 | BLE 5.0 |

# 

В результате анализа сравнительных характеристик различных микроконтроллеров был выбран ESP32-S3 в сборке ESP32-S3-DevKitC-1. Основными критериями выбора стали объем памяти и количество входных и выходных пинов, что делает данный вариант оптимальным для реализации запланированных задач.

# 1.3 Датчик температуры и влажности воздуха

На рынке распространены устройства, которые совмещают в себе функции измерения температуры и относительной влажности воздуха. Одним из таких решений являются датчики серии BME, которые совмещают в себе функции измерения температуры, влажности и атмосферного давления. Сравнение данных датчиков приведено в таблице 1.3.

Информация для составления сравнительной таблицы датчиков BME была взята из источника [5].

Таблица 1.3 – Сравнительные характеристики датчиков BME

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Датчик | BME280 | BME680 | BME688 |
| Измеряемые параметры | Температура, влажность, атмосферное давление | Температура, влажность, атмосферное давление, газ (VOC) | Температура, влажность, атмосферное давление, газ (VOC) |
| Диапазон измерения температуры, °C | -40 – +85 | -40 – +85 | -40 – +85 |
| Точность измерения температуры, °C | ±1 | ±1 | ±1 |
| Диапазон измерения относительной влажности воздуха, % | 0 – 100 | 0 – 100 | 0 – 100 |
| Точность измерения относительной влажности воздуха, % | ±3 | ±3 | ±3 |
| Время отклика, с | < 1 | < 1 | < 1 |

В результате был выбран датчик BME280. Этот выбор обусловлен его оптимальными характеристиками и функциональностью, которые подходят для данного проекта.

# 1.4 Датчик уровня освещенности

Датчик интенсивности света GY-302 (BH1750)

Таблица 1.4 – Сравнительные характеристики датчиков освещенности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Датчик | GY-302 | TSL2561 | Фоторезистор GL5528 |
| Тип | Цифровой | Цифровой | Аналоговый |
| Диапазон измерения освещенности, lx | 1 – 65535 | 0.1 – 40000 | 1 – 1000 |
| Точность измерения, % | ± 20 | ± 10 | Зависит от условий |
| Напряжение питания, В | 3,3 – 5 | 3,3 – 5 | 3,3 – 5 |
| Интерфейс | I2C | I2C | Аналоговый |
| Время отклика, с | < 1 | < 1 | < 1 |

# 1.5 Датчик влажности почвы

Емкостной датчик влажности почвы — это устройство, предназначенное для измерения уровня влаги в грунте. Он используется в системах автоматического полива, что позволяет обеспечить оптимальные условия для роста растений. Для данного проекта выбран Soil Moisture Sensor 1.2 – емкостной аналоговый датчик, который работает в диапазоне от 3,3 до 5 В и потребляет ток до 6 мА. Аналоговый выходной сигнал варьируется от 0,5 до 3,3 В в зависимости от уровня влажности.

# 1.6 Мини помпа

# 1.7 Фитолента

# 1.7 Кулеры

# 1.7 Реле

# 1.7 Источники питания

# 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

Структурная схема устройства приведена в приложении А.

# 2.1 Перечень блоков

В данном устройстве можно выделить 7 основных блоков:

1) блок датчика температуры и влажности;

2) блок датчика влажности почвы;

3) блок датчика температуры почвы;

4) микроконтроллер;

5) модуль проветривания;

6) модуль освещения;

7) модуль полива;

7) модуль управления и отображения информации.

В состав модуля управления и отображения информации входят кнопки для переключения отображаемой на дисплее информации и включения/отключения подсветки дисплея.

# 2.2 Связи между блоками

Датчики снимают показания и предают эту информацию микроконтроллеру.

Микроконтроллер обрабатывает информацию, принятую от датчиков, и передаёт её блоку отображения информации. Регистрируя отклонение значений, считанных датчиками, от допустимых границ, микроконтроллер

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Espressif Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.espressif.com/.

[2] Raspberry Pi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.raspberrypi.org/.

[3] Nordic Semiconductor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nordicsemi.com/.

[4] STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.st.com/.

[5] Сравнение датчиков DHT11, DHT22 и DHT21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voltiq.ru/dht11-dht22-and-dht21/>

[] WaveShare LCD1602 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.waveshare.com/datasheet/LCD_en_PDF/LCD1602.pdf>

[] WaveShare LCD2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.waveshare.com/datasheet/LCD_en_PDF/LCD2004.pdf>