

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Факультет компьютерных наук

Кафедра информационных систем

Анализатор качества воздуха на базе ESP-32

Курсовая работа по дисциплине

Технологии интернета вещей

6 семестр 2024/2025 учебного года

09.03.02 Информационные системы и технологии

Зав. кафедрой _____ к.т.н., доцент Д.Н.Борисов

Обучающийся _____ ст. 3 курса Д.А.Пальчикова

Руководитель _____ ст. преподаватель А.В.Максимов

Воронеж 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Литературный обзор.....	5
1.1 Xiaomi Air Quality Monitor.....	5
1.2 Honeywell HAQ.....	6
2 Описание устройства.....	8
2.1 Микроконтроллер.....	8
2.2 Датчики.....	9
2.2.1 MQ-135.....	9
2.2.2 DHT11.....	10
2.3 Схема устройства и разводка платы.....	11
3 Диаграммы.....	13
3.1 Use-case - диаграмма.....	13
3.2 Sequence - диаграмма.....	14
3.3 UML - диаграмма.....	15
4 Техническая реализация.....	16
4.1 Аппаратная часть.....	16
4.2 Программная часть.....	17
Заключение.....	18
Список использованных источников.....	19
Приложение.....	20

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, где урбанизация и индустриализация продолжают расти, качество воздуха становится одной из ключевых проблем, влияющих на здоровье и благополучие человека. Загрязнение воздуха вредными газами, такими как аммиак (NH_3), оксиды азота (NO_x), диоксид углерода (CO_2) и другими, может приводить к серьезным последствиям для дыхательной системы и общего состояния здоровья. В связи с этим, разработка систем мониторинга качества воздуха становится важной задачей для обеспечения безопасности и комфорта в жилых, рабочих и общественных помещениях.

Целью данной курсовой работы является разработка анализатора качества воздуха на базе микроконтроллера ESP32 и датчиков MQ-135 и DHT11. Этот анализатор будет способен измерять концентрацию вредных газов, температуру и влажность воздуха, а также передавать эти данные для дальнейшего анализа и мониторинга.

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько ключевых задач.

1. Требуется изучить теоретические основы работы датчиков MQ-135 и DHT11, а также возможности микроконтроллера ESP32 для сбора и передачи данных.
2. Необходимо разработать аппаратную часть системы, включая подбор и подключение необходимых компонентов, а также создание схемы подключения датчиков к микроконтроллеру.
3. Важно написать программное обеспечение для считывания данных с датчиков и реализации передачи этих данных через интернет на облачную платформу или сервер.

Кроме того, необходимо провести сбор и анализ данных о качестве воздуха, а также оценить эффективность разработанной системы.

Реализация данного проекта позволит создать устройство, способное в реальном времени мониторить качество воздуха и предоставлять пользователям

важную информацию для принятия мер по улучшению условий проживания и работы.

1 Литературный обзор

На рынке представлено множество моделей, которые различаются по функциональности, точности и стоимости. Рассмотрим наиболее популярные из них.

1.1 Xiaomi Air Quality Monitor

На рисунке 1 изображено устройство мониторинга качества воздуха:



Рисунок 1 - Xiaomi Air Quality Monitor

Это компактный анализатор, контролирующий концентрацию CO₂, уровень влажности, температуру, твердые частицы PM_{2.5} и летучие органические соединения.

Преимущества: Доступная цена, удобство использования.

Недостатки: Ограниченная функциональность по сравнению с профессиональными моделями.

Данные о качестве воздуха обычно отображаются на встроенном дисплее, а также могут передаваться в приложение через Bluetooth или Wi-Fi для дальнейшего анализа и визуализации. Xiaomi также использует мобильное приложение для контроля и настройки устройства [1].

1.2 Honeywell HAQ

Honeywell HAQ — это профессиональное устройство для мониторинга качества воздуха, которое включает датчики для измерения концентрации:

1. PM2.5 и PM10: Для измерения концентрации твердых частиц в воздухе.
2. CO2: Для мониторинга уровня углекислого газа.
3. Летучие органические соединения (VOC): Эти соединения, такие как бензол, формальдегид и другие химические вещества, часто присутствуют в воздухе и могут быть вредными.



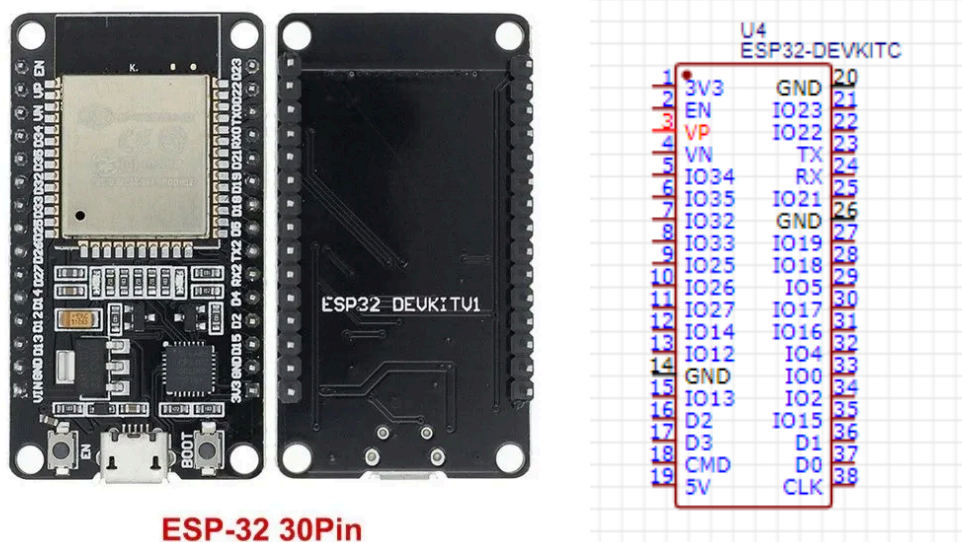
Рисунок 2 - Honeywell HAQ

Honeywell HAQ имеет дисплей для отображения состояния качества воздуха и может передавать данные в мобильные приложения или через Wi-Fi в облачные платформы для анализа. Поддержка смарт-устройств и интеграция с умным домом позволяют интегрировать устройство в различные экосистемы [2].

2 Описание устройства

2.1 Микроконтроллер

Рассмотрим основные комплектующие анализатора качества воздуха. В качестве микроконтроллера был выбран ESP-32 (рисунок 3) - это мощный микроконтроллер от компании Espressif, который сочетает в себе Wi-Fi и Bluetooth функциональность.



ESP-32 30Pin

Рисунок 3 - ESP-32

Рассмотрим основные преимущества использования ESP32 в контексте выполняемой задачи. Так, основные характеристики ESP32 включают:

1. Двухъядерный процессор Tensilica LX6, который позволяет выполнять более сложные задачи и обрабатывать больше данных одновременно.
2. Поддержка Wi-Fi 802.11 b/g/n и Bluetooth 4.2 (включая BLE).
3. Большое количество GPIO (до 34 универсальных входов/выходов).
4. Низкое энергопотребление благодаря встроенным режимам энергосбережения.

В качестве модуля был выбран ESP32-WROOM-32. Данный модуль оснащен микроконтроллером ESP32. Основные компоненты модуля включают:

1. ESP32-WROOM-32: Это основной модуль с микроконтроллером ESP32 в своей основе.
2. Кнопка EN (Enable): Кнопка сброса, которая используется для перезагрузки устройства.
3. Кнопка Boot: Кнопка загрузки, которая предназначена для установки устройства в режим прошивки, что позволяет загружать прошивку через последовательный порт.
4. Мост USB-to-UART: Одиночный чип-мост USB-UART обеспечивает скорость передачи данных до 3 Мбит/с.
5. Микро-USB порт
6. Выводы I/O

2.2 Датчики

2.2.1 MQ-135

Для измерения качества воздуха необходимо установить концентрацию различных газов, например, NH_3 , NO_x , CO_2 и другие. Для этого подходят датчики MQ-135 (рисунок 4) и MQ-7. Это основные газовые сенсоры. Однако MQ-7 специализирован для обнаружения угарного газа (CO) и зачастую используется в бытовых и промышленных системах для обнаружения утечек угарного газа.

Поэтому в работе был выбран датчик MQ-135. Рассмотрим его основные характеристики:

1. Обнаруживаемые газы: может обнаруживать широкий спектр газов, включая аммиак, бензол, угарный газ, сероводород и другие летучие органические соединения.

2. Чувствительность: универсальный сенсор, способный обнаруживать различные типы газов.
3. Применение: Используется в системах мониторинга качества воздуха, где требуется обнаружение нескольких типов газов.

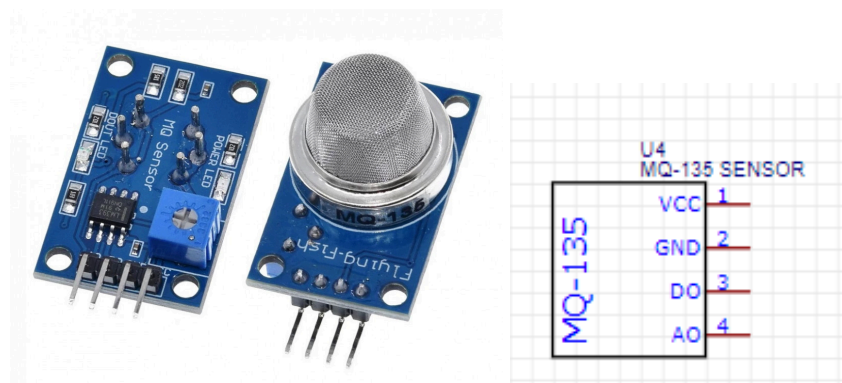


Рисунок 4 - MQ-135

Датчик имеет два выхода: аналоговый и цифровой. Когда концентрация газов превысит заранее заданное значение, на цифровом выходе появится логическая единица и загорится зелёный светодиод. Это значение задается с помощью подстроечного резистора [3].

Характеристики:

1. Напряжение питания: 5 В
2. Потребляемый ток: 160 мА
3. Рабочая температура: -10 - 45 С

2.2.2 DHT11

DHT11 - цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе

АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Датчик показан на рисунке 5.

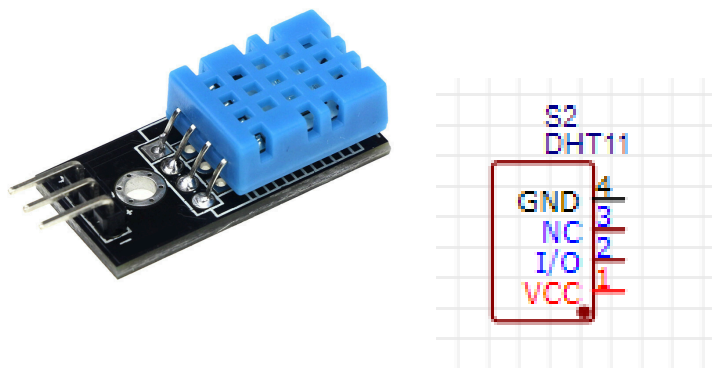


Рисунок 5 - DHT11

Характеристики:

1. Потребляемый ток: 2.5 мА;
2. Измеряет влажность в диапазоне от 20% до 80%. Погрешность может составлять до 5%;
3. Применяется при измерении температуры в интервале от 0 до 50 градусов (точность – 2%)
4. Питание: от 3 до 5 Вольт

2.3 Схема устройства и разводка платы

На рисунке 6 изображена схема анализатора качества воздуха, отображенная в среде разработки EASY EDA.

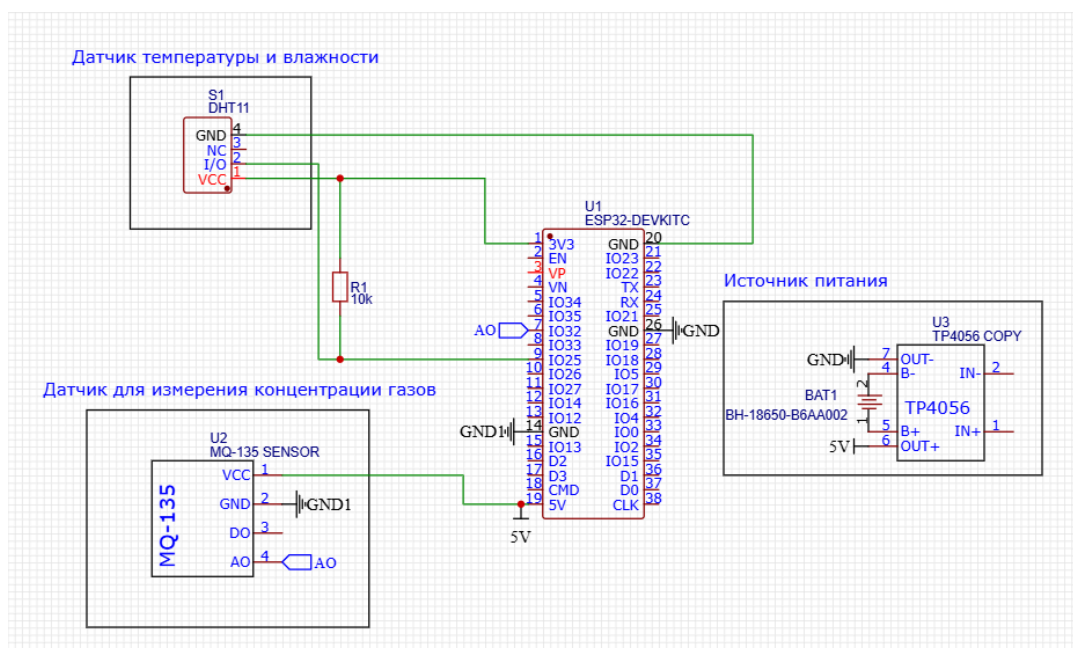


Рисунок 6 - Схема устройства

На рисунке 6 представлена разводка платы для анализатора качества воздуха.

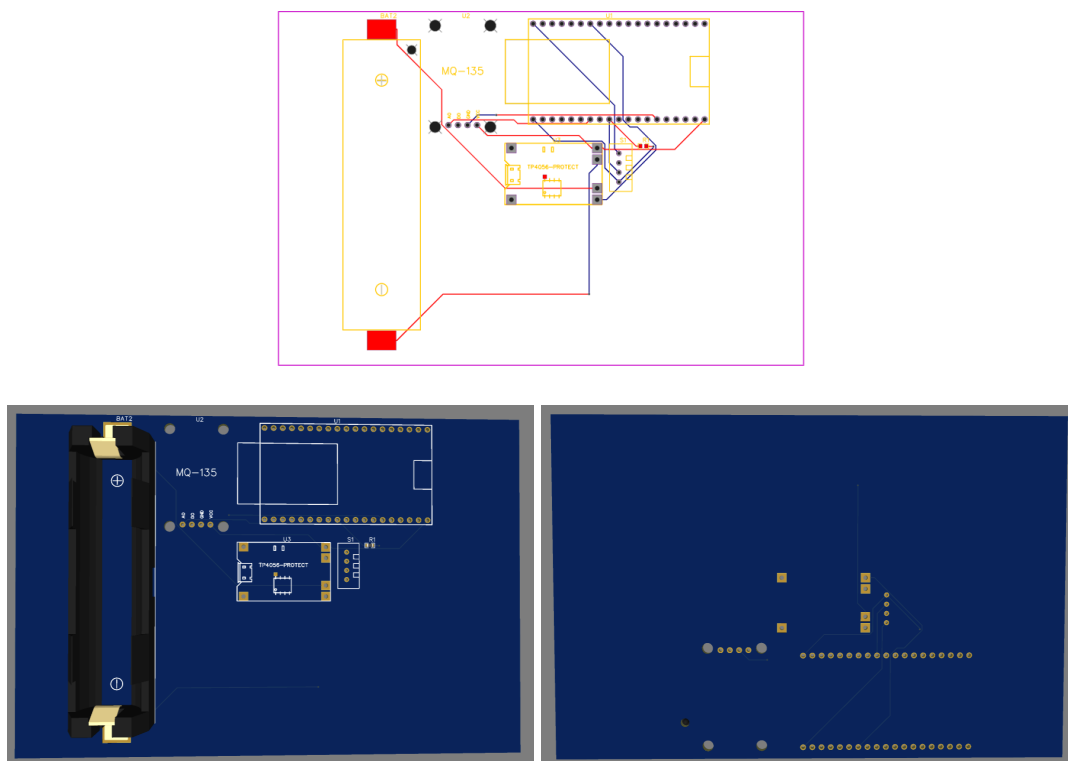


Рисунок 7 - Разводка платы

3 Диаграммы

3.1 Use case - диаграмма

Диаграмма иллюстрирует взаимодействие пользователя и системы анализатора качества воздуха.

Акторы:

1. Пользователь – взаимодействует с системой, просматривает данные, настраивает параметры и получает рекомендации.
2. Система (интерфейс) – получает данные от анализатора и принимает изменения от пользователя.

Сценарии использования:

1. Просмотр текущих данных – пользователь может получить информацию о состоянии воздуха.
2. Ручная настройка пороговых значений – пользователь задает допустимые уровни газа, температуры и влажности.
3. Получение рекомендаций от системы – система анализирует данные и советует пользователю, какие действия предпринять.
4. Получение изменений от пользователя – система обновляет настройки на основе введенных пользователем данных.
5. Получение данных от анализатора – система получает измерения от датчиков.

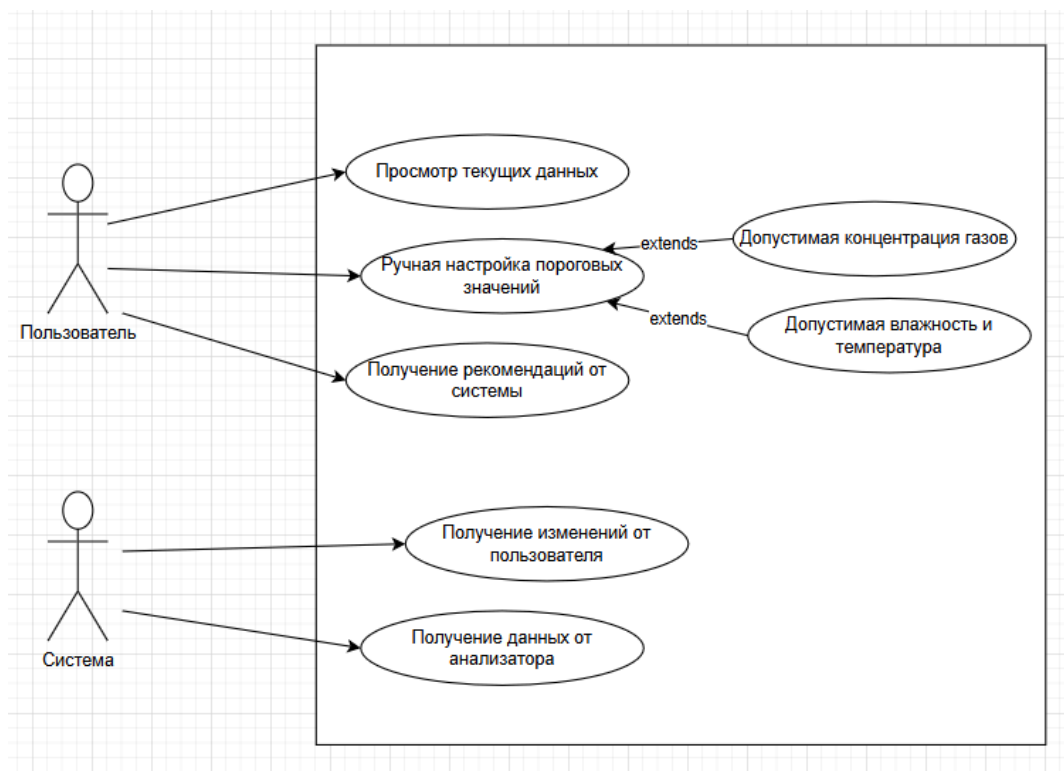
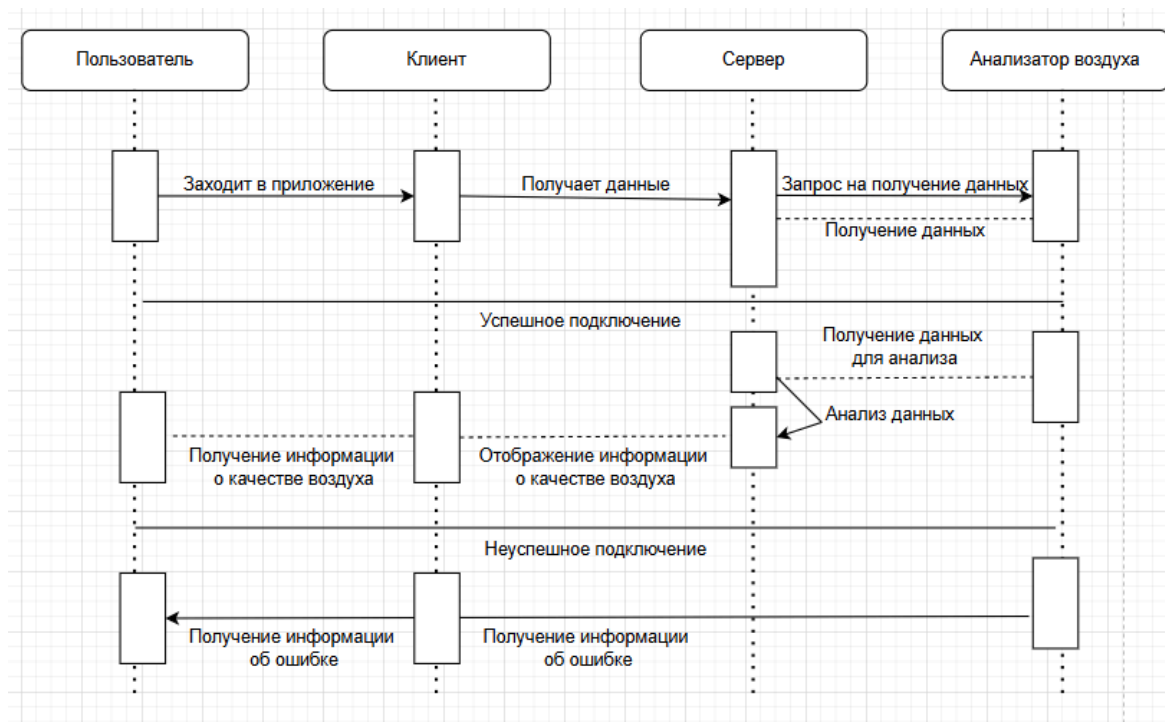


Рисунок 9 - Сценарии

3.2 Sequence - диаграмма



3.3 UML - диаграмма

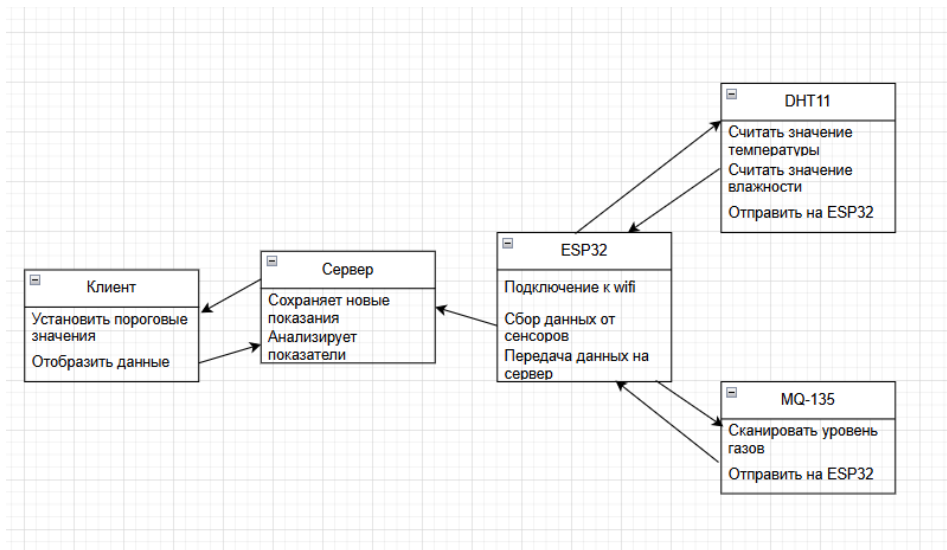


Рисунок 8 - UML - диаграмма

4 Техническая реализация

4.1 Аппаратная часть

Аппаратная часть устройства состоит из следующих компонентов:

1. Микроконтроллер ESP32 DEVKITC

Используется для сбора, обработки и передачи данных от датчиков. Обладает встроенными модулями Wi-Fi и Bluetooth, а также необходимыми цифровыми и аналоговыми входами/выходами.

2. Датчик температуры и влажности DHT11

Цифровой датчик, подключённый к GPIO-пину ESP32. Передаёт данные о температуре и влажности. Для стабильной работы линии данных используется подтягивающий резистор 10 кОм между выводами питания и данных.

3. Газовый датчик MQ-135

Аналоговый датчик, определяющий уровень загрязнения воздуха (включая газы типа CO₂, аммиак, бензол и др.). Сигнал с его аналогового выхода поступает на вход АЦП ESP32.

4. Модуль питания на базе TP4056

Обеспечивает зарядку литий-ионного аккумулятора 18650 и подачу питания 5 В на остальные компоненты. Модуль подключается к аккумулятору через выводы В+ и В–, а к нагрузке — через OUT+ и OUT–.

5. Литий-ионный аккумулятор 18650

Служит автономным источником питания. Подключён к зарядному модулю TP4056.

6. Соединительные провода и резистор 10 кОм

Используются для электрического соединения компонентов и обеспечения корректной работы цифровой линии датчика DHT11.

Все компоненты объединены по схеме с общей землёй и получают питание от одного источника. Такое решение обеспечивает надёжную работу устройства и позволяет использовать его в автономном режиме.

4.2 Программная часть

Программная часть проекта реализована с использованием среды разработки Arduino IDE, которая обеспечивает удобный способ программирования микроконтроллера ESP32.

Основной задачей программного обеспечения является сбор и передача информации с датчиков: температуры и влажности (DHT11) и датчика качества воздуха (MQ-135), а также её вывод для последующего анализа.

Для корректной работы с подключёнными датчиками в проекте используются следующие библиотеки:

1. DHT.h — для работы с датчиком температуры и влажности DHT11
2. Adafruit_Sensor.h — вспомогательная библиотека для универсального доступа к различным сенсoram; стандартная библиотека
3. ESP32 analogRead() — для получения аналоговых данных с MQ-135

Основная логика работы реализована в функции loop, которая выполняется циклически. В ней происходит считывание температуры и влажности с датчика DHT11, а также значения концентрации газа с аналогового выхода MQ-135.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы был разработан прототип анализатора качества воздуха на базе микроконтроллера ESP32. Устройство позволяет отслеживать ключевые параметры окружающей среды: температуру, влажность и концентрацию вредных газов с помощью датчиков DHT11 и MQ-135.

Программная часть проекта была реализована в среде Arduino IDE с использованием специализированных библиотек, обеспечивающих стабильное взаимодействие с датчиками.

Разработанное устройство может быть использовано в системах умного дома, экологического мониторинга или промышленных приложениях для контроля качества воздуха. В перспективе проект может быть усовершенствован за счёт визуализации показателей в веб-интерфейсе или мобильном приложении, а также интеграции дополнительных датчиков для более комплексного анализа.

Таким образом, курсовая работа продемонстрировала возможность создания эффективного и недорогого решения для мониторинга качества воздуха с использованием современных микроконтроллеров и сенсорных технологий.

Список использованных источников

1. Обзор анализатора качества воздуха Xiaomi Qingping Air Monitor Lite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xiacom.ru/reviews/obzor-analizatora-kache> – Дата обращения: 06.06.2025.
2. HAQ Series Air Quality Sensor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://buildings.honeywell.com/ae/en/products/by-category/building-management/field-devices/hvac-sensors/co2-and-air-quality-sensors/haq-series-air-quality-sensor> – Дата обращения: 06.06.2025.
3. Датчик газа MQ-135 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bhv.ru/wikibook/datchik-gaza-mq135/?srsltid=AfmBOorSZsBL9JyLYEJ2AuQh7QCKsGASFJHuZmStagMphDmnWloMRYPy> – Дата обращения: 06.06.2025.

Приложение 1

```
#include <DHT.h>

// Константы
#define DHTPIN 25           // Пин для DHT11
#define DHTTYPE DHT11
#define MQ135_PIN 32       // Пин для MQ135
#define SERIAL_BAUDRATE 115200
#define DELAY_MS 2000
#define BUZZER_PIN 27      // Пин для пищалки
                             (опционально)

// Пороговые значения (можно менять в коде)
const int THRESHOLD_CO2 = 1500;    // Порог CO2 (ADC)
const float THRESHOLD_TEMP = 30.0; // Макс температура
                                   (°C)
const float THRESHOLD_HUM = 70.0;  // Макс влажность (%)

// Инициализация DHT
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
    Serial.begin(SERIAL_BAUDRATE);
    dht.begin();
    pinMode(MQ135_PIN, INPUT);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT); // Если используется
    пищалка

    Serial.println("=== Система мониторинга воздуха ===");
```

```

Serial.println("Пороговые значения:");
Serial.print("CO2: "); Serial.println(THRESHOLD_CO2);
        Serial.print("Температура:          ");
Serial.print(THRESHOLD_TEMP); Serial.println("°C");
        Serial.print("Влажность:          ");
Serial.print(THRESHOLD_HUM); Serial.println("%");
    Serial.println("=====");
}

void loop() {
    // Чтение данных с датчиков
    float temperature = dht.readTemperature();
    float humidity = dht.readHumidity();
    int air_quality = analogRead(MQ135_PIN);

    // Проверка ошибок чтения
    if (isnan(temperature) {
        Serial.println("Ошибка: Не удалось прочитать
температуру!");
    } else if (isnan(humidity)) {
        Serial.println("Ошибка: Не удалось прочитать
влажность!");
    } else {
        // Вывод текущих значений
        Serial.print("\nТемпература: ");
        Serial.print(temperature);
        Serial.print("°C\tВлажность: ");
        Serial.print(humidity);
        Serial.print("%\tКачество воздуха (ADC): ");
        Serial.println(air_quality);
    }
}

```

```

    // Проверка превышения порогов и вывод рекомендаций
    checkThresholds(temperature, humidity, air_quality);
}

delay(DELAY_MS);
}

// Проверка пороговых значений и вывод предупреждений
void checkThresholds(float temp, float hum, int co2) {
    bool isWarning = false;

    if (co2 > THRESHOLD_CO2) {
        Serial.println("⚠ ВНИМАНИЕ: Высокий уровень CO2!");
        Serial.println("→ Рекомендация: Проветрите
помещение");
        isWarning = true;
    }

    if (temp > THRESHOLD_TEMP) {
        Serial.println("⚠ ВНИМАНИЕ: Высокая температура!");
        Serial.println("→ Рекомендация: Включите кондиционер
или проветрите");
        isWarning = true;
    }

    if (hum > THRESHOLD_HUM) {
        Serial.println("⚠ ВНИМАНИЕ: Высокая влажность!");
        Serial.println("→ Рекомендация: Включите осушитель
или проветрите");
    }
}

```

```
        isWarning = true;
    }

    // Звуковой сигнал (если подключен пищалка)
    if (isWarning) {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    }
}
```