

Данилович Иван Алексеевич

студент

Научный руководитель

Евграфов Владимир Викторович

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет

им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»

г. Владимир, Владимирская область

ПРИБОР АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

***Аннотация:** в статье рассматривается разработка портативного устройства для мониторинга качества воздуха, решающего проблему высокой стоимости и сложности существующих аналогов. Прибор на базе микроконтроллера ESP32-C3 и лазерного датчика SPS30 измеряет массовую концентрацию взвешенных частиц (PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10) с точностью $\pm 10\%$, а также температуру и влажность (датчик SHT40). Данные передаются по Bluetooth Low Energy на смартфон в формате JSON, индикация состояния выполняется RGB-светодиодом по шкале ВОЗ. Автономное питание от литий-полимерного аккумулятора и низкая себестоимость компонентов (около 3000 рублей) обеспечивают доступность устройства для широкого круга пользователей.*

***Ключевые слова:** мониторинг качества воздуха, взвешенные частицы, ESP32-C3, лазерный датчик SPS30, цифровой датчик SHT40, Bluetooth Low Energy, портативное устройство.*

Качество воздуха в помещениях оказывает существенное влияние на здоровье и работоспособность человека. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение воздуха взвешенными частицами размером менее 2,5 мкм (PM2.5) является одним из основных факторов риска развития заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем [1].

Существующие приборы для мониторинга качества воздуха имеют ряд недостатков: высокую стоимость (от 15 до 50 тысяч рублей), большие габариты,

необходимость постоянного питания от сети. Портативные устройства зарубежного производства отличаются сложностью настройки и отсутствием русскоязычного интерфейса [2].

Структурная схема разработанного устройства (рис.1) включает:

- 1 – микроконтроллер ESP32-C3 с встроенным модулем Bluetooth;
- 2 – лазерный датчик концентрации взвешенных частиц SPS30;
- 3 – цифровой датчик температуры и влажности SHT40;
- 4 – система питания (литий-полимерный аккумулятор);
- 5 – индикатор состояния на основе светодиода RGB;
- 6 – интерфейс зарядки USB Type-C.

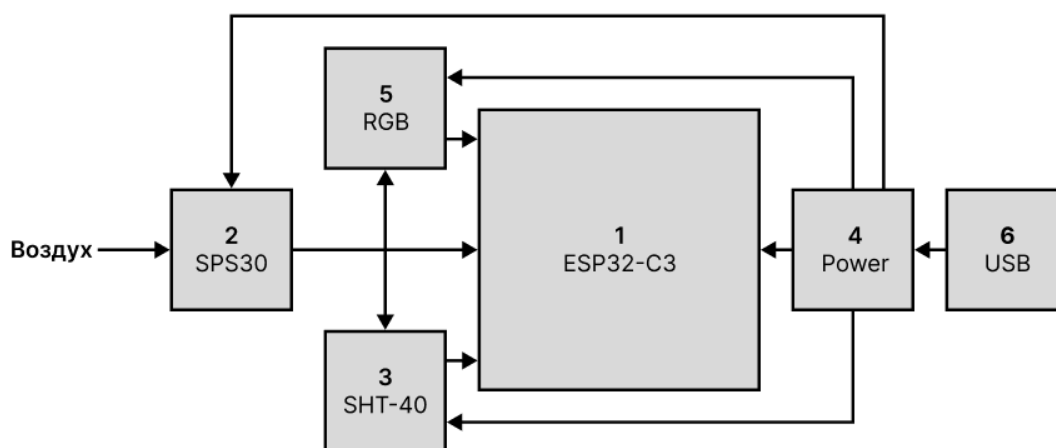


Рис.1. Устройство анализа воздуха

В качестве центрального контроллера используется микросхема ESP32-C3-WROOM-02 производства Espressif Systems. Данный модуль построен на базе 32-разрядного процессора RISC-V с тактовой частотой 160 МГц и содержит встроенный радиочастотный модуль Bluetooth Low Energy версии 5.0. Преимуществом данного контроллера является низкое энергопотребление: в активном режиме с передачей по Bluetooth потребляемый ток составляет 13 мА, в режиме глубокого сна – менее 5 мкА. Корпус модуля имеет размеры 13×17 мм с встроенной печатной антенной, что позволяет минимизировать габариты устройства [3].

Для измерения концентрации взвешенных частиц применяется лазерный датчик SPS30 производства швейцарской компании Sensirion AG. Принцип действия датчика основан на методе лазерного рассеяния: поток воздуха с помощью

встроенного вентилятора подаётся в измерительную камеру, где лазерный диод освещает проходящие частицы. Рассеянный свет регистрируется фотодетектором, а встроенный процессор обрабатывает сигнал и определяет размер и количество частиц. Датчик способен измерять массовую концентрацию частиц в диапазонах PM1.0, PM2.5, PM4.0 и PM10 с точностью $\pm 10\%$ в диапазоне от 0 до 1000 микрограмм на кубический метр [2]. Обмен данными между датчиком и микроконтроллером осуществляется по цифровой шине I²C.

Измерение температуры и влажности воздуха производится с помощью цифрового датчика SHT40. Датчик выполнен в миниатюрном корпусе размером 1,5×1,5 миллиметра и обеспечивает точность измерения температуры $\pm 0,2$ градуса Цельсия в диапазоне от минус 10 до плюс 85 градусов, точность измерения относительной влажности составляет $\pm 1,8\%$ в диапазоне от 0 до 100 процентов. Время измерения не превышает 1 секунды, потребляемый ток в активном режиме – 0,4 мА. Связь с микроконтроллером осуществляется по шине I²C с адресом 0x44.

Система питания устройства построена на основе литий-полимерного аккумулятора ёмкостью 500 мА-час. с номинальным напряжением 3,7 вольта. Для питания различных компонентов используются преобразователи напряжения: линейный стабилизатор TLV75733 для получения напряжения 3,3 вольта (питание микроконтроллера и датчика температуры) и повышающий импульсный преобразователь MT3608 для получения напряжения 5 вольт (питание датчика частиц и индикатора). Алгоритм работы устройства реализован в среде разработки Arduino IDE на языке программирования C++. После включения питания микроконтроллер инициализирует периферийные устройства и запускает режим Bluetooth-передатчика с именем «Air Flow».

Для индикации состояния качества воздуха используется трёхцветная шкала: зелёный цвет соответствует хорошему качеству воздуха (концентрация PM2.5 менее 12 микрограмм на кубический метр), жёлтый – умеренному загрязнению (от 12 до 35 микрограмм на кубический метр), красный – высокому

уровню загрязнения (более 35 микрограмм на кубический метр). Данные пороговые значения соответствуют рекомендациям ВОЗ.

Передача измеренных данных на смартфон или компьютер осуществляется по протоколу Bluetooth Low Energy. Данные передаются в формате JSON и содержат следующие поля: концентрации PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10, температуру, относительную влажность и уровень заряда аккумулятора. Частота передачи данных составляет один раз в минуту при непрерывном мониторинге.

В результате разработки создан прибор для мониторинга качества воздуха с измеряемыми параметрами: концентрация взвешенных частиц PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 в диапазоне 0–1000 микрограмм на кубический метр с точностью $\pm 10\%$; температура воздуха в диапазоне от минус 10 до плюс 85 градусов Цельсия с точностью $\pm 0,2$ градуса; относительная влажность от 0 до 100% с точностью $\pm 1,8\%$. Время единичного измерения составляет 10 секунд. Низкая себестоимость компонентов (около 3000 рублей при единичном производстве) делает устройство доступным для широкого круга пользователей.

Список литературы

1. Кузнецов Н.А. Экология и охрана окружающей среды: учебник для вузов / Н.А. Кузнецов. – М.: Юрайт, 2020. – 287 с.
2. Фролов А.В. Измерительные преобразователи: справочное пособие / А.В. Фролов. – СПб.: Политехника, 2019. – 256 с.
3. Петров В.А. Микропроцессорные системы управления: учебное пособие / В.А. Петров, И.М. Сидоров. – М.: Техносфера, 2018. – 368 с.