

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ

Кулик М.И., студент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ярмолик В.Н. – д-р техн. наук, профессор

Показана актуальность контроля параметров микроклимата в помещениях. Проанализированы существующие системы мониторинга, выявлены их недостатки. Разработано устройство для измерения параметров микроклимата. Создано мобильное приложение для удаленного взаимодействия с устройством.

В современном мире значительная часть жизнедеятельности человека проходит в закрытых помещениях, таких как жилые дома, офисные пространства, учебные аудитории и производственные объекты. В этих условиях параметры микроклимата становятся одним из ключевых факторов, определяющих уровень комфорта, работоспособности и общего состояния здоровья человека. Отклонение таких параметров, как температура воздуха, относительная влажность и концентрация углекислого газа, от нормативных значений может оказывать негативное воздействие на физиологические и когнитивные функции организма [1]. При этом без специальных средств такие отклонения не всегда своевременно обнаруживаются, в связи с чем их мониторинг, совместно с системой предупреждения о превышении безопасных порогов, является важной задачей.

Существующие системы мониторинга микроклимата либо имеют высокую стоимость и требуют большого количества дополнительных вложений, либо являются узкоспециализированными устройствами. С учетом повышения доступности систем на кристалле и их возможностей становится возможной разработка недорогого устройства для мониторинга окружающей среды.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1. В качестве основы устройства используется микроконтроллер ESP32 [2]. В ходе работы устройство с заданной периодичностью выполняет считывание значений температуры, влажности и концентрации углекислого газа, отображает их на экране и сохраняет на SD-карту. При превышении заданных порогов концентрации углекислого газа устройство автоматически включает звуковую индикацию, информируя пользователя. Одновременно с этим может быть включен внешний выход, который позволяет управлять подключёнными исполнительными устройствами, такими как система вентиляции или увлажнитель воздуха, через реле. Для взаимодействия пользователя с устройством были добавлены две кнопки. Короткое нажатие первой кнопки переключает единицы отображения температуры (градусы Цельсия или Фаренгейта); короткое нажатие второй – циклически изменяет яркость подсветки дисплея с сохранением выбранного уровня во Flash-памяти. Длительное нажатие первой кнопки включает или отключает звуковую сигнализацию; длительное нажатие второй переводит устройство в режим ручной установки текущего времени, в котором пользователь поочерёдно редактирует часы и минуты.

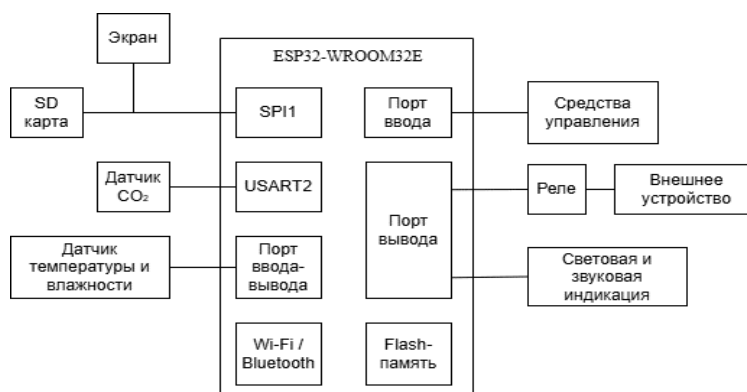


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

В качестве датчика углекислого газа используется модуль MH-Z19C (недисперсионный инфракрасный анализатор). Измеренная концентрация выдаётся в виде цифрового значения по последовательному интерфейсу UART. Отличительной особенностью этого датчика является требование к входному напряжению – 5 В с максимальным отклонением 0.1 В, а также необходимость калибровки нулевого уровня [3]. Для температуры и относительной влажности применяется цифровой совмещённый датчик DHT22 (AM2302). После иницилирующего сигнала с линии данных он передаёт кадр из 40 бит, содержащий влажность, температуру и контрольную сумму. Связь с микроконтроллером

реализована по однопроводной шине с временным кодированием логических уровней, что накладывает требования к точности обработки устройством полученных импульсов.

Для удобства использования было разработано мобильное приложение. Передача данных между физическим устройством и мобильным приложением осуществляется по беспроводному каналу связи с использованием встроенного модуля Wi-Fi микроконтроллера. После первого включения устройства на экране отображается информация для подключения к его точке доступа: название сети, пароль, адрес локальной страницы конфигурации. Пользователю необходимо подключиться к сети и в открытой странице конфигурации ввести данные целевой Wi-Fi сети для подключения. После этого устройство подключается к указанной сети и запоминает ее в качестве основной во Flash-памяти. Для установки соединения с устройством пользователю необходимо вручную указать сетевой адрес устройства в приложении. Он сохраняется в памяти приложения и используется для автоматического подключения при последующих запусках. В приложении пользователю доступен просмотр статистики изменения выбранных показателей за указанный период, конфигурация устройства (включая настройку порогов срабатывания индикации, частоты измерений и параметров внешнего выхода). Переданные настройки после обработки микроконтроллером сохраняются во Flash-памяти. Пример визуализации статистики изменения измеряемых параметров в мобильном приложении представлен на рисунке 2. Сразу после начала работы устройства была проведена калибровка на свежем воздухе, чем объясняются высокая влажность, низкая температура и уровень углекислого газа около 400 ppm.



Рисунок 2 – Внешний вид раздела статистики приложения

Таким образом, разработанное программно-аппаратное средство обеспечивает непрерывный мониторинг параметров микроклимата, позволяет своевременно выявлять отклонения показателей от нормативных значений и тем самым способствует повышению комфорта и безопасности пребывания людей в помещениях при относительно невысокой стоимости аппаратной и программной реализации. Устройство применимо в жилых, офисных и производственных зонах.

Список использованных источников:

1. *Indoor Environment: Health Aspects of Air Quality, Thermal Environment, Light and Noise / World Health Organization, United Nations Environment Programme. – Geneva: WHO/UNEP, 1990. – 128 p.*
2. *ESP32 Modules and Boards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.2.5/esp32/hw-reference/modules-and-boards.html> – Дата доступа: 18.03.2026.*
3. *Winsen. MH-Z19C Infrared Gas Sensor (CO₂) Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/mh-z19c-pins-type-co2-manual-ver1_0.pdf – Дата доступа: 20.03.2026.*