

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32 ДЛЯ ЗАДАЧ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Фэнг Найфань, Ю. В. Крышнев, А. Е. Запольский

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Представлена разработка модульной метеостанции на базе микроконтроллеров STM32, предназначенной для сбора и передачи параметров окружающей среды в рамках концепции Интернета вещей (IoT). Предложена двухблочная архитектура с использованием микроконтроллеров STM32L051C8 и STM32F103C8. Аппаратная платформа включает датчики температуры, влажности, давления, газа, CO₂. Описана реализация энергоэффективного алгоритма «сбор–отправка–сон», что обеспечивает длительную автономную работу. Продемонстрирована возможность интеграции с облачными сервисами и устройствами умного дома (очиститель воздуха, система полива). Показано, что предложенное решение обладает высокой модульностью, стандартизацией интерфейсов (I2C, SPI, UART) и низкой стоимостью, что делает его перспективным для создания распределенных сетей экологического мониторинга.

Ключевые слова: STM32, метеостанция, Интернет вещей (IoT), модульная архитектура, датчики окружающей среды, энергосбережение, экологический мониторинг.

DESIGN OF A MODULAR WEATHER STATION BASED ON THE STM32 MICROCONTROLLER FOR IOT APPLICATIONS

Feng Naifan, Yu. V. Kryshneu, A. Ya. Zapolski

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

This work presents the development of a modular weather station based on STM32 microcontrollers, designed to collect and transmit environmental parameters within the Internet of Things (IoT) concept. A two-block architecture (outdoor and indoor units) using low-power STM32L051C8 and STM32F103C8 microcontrollers is proposed. The hardware platform includes sensors for temperature, humidity, pressure, gas, CO₂, TVOC, ultraviolet radiation, and PM2.5 concentration. An energy-efficient “collect-send-sleep” algorithm utilizing STOP mode has been implemented to ensure long-term autonomous operation. The ability to integrate with cloud services and smart home devices (air purifier, irrigation system) is demonstrated. The proposed solution features high modularity, standardized interfaces (I2C, SPI, UART), and low cost, making it promising for creating distributed environmental monitoring networks.

Keywords: STM32, weather station, Internet of Things (IoT), modular architecture, environmental sensors, energy saving, environmental monitoring.

Традиционные метеорологические станции часто характеризуются высокой стоимостью, строго определенными функциональными возможностями и сложностью адаптации к изменяющимся задачам, особенно в сценариях распределенного мониторинга и Интернета вещей (IoT).

В то же время развитие полупроводниковых технологий и появление широкого спектра малопотребляющих датчиков позволяют создавать компактные, энергоэффективные и недорогие устройства сбора данных. Целью данной работы является разработка высокомодульного и платформно-ориентированного решения для интеллектуального экологического мониторинга на базе микроконтроллера STM32, обеспечивающего гибкость конфигурации и простоту интеграции в существующие IoT-экосистемы [1, 2].

Архитектура системы представляет двухблочную структуру (рис. 1).

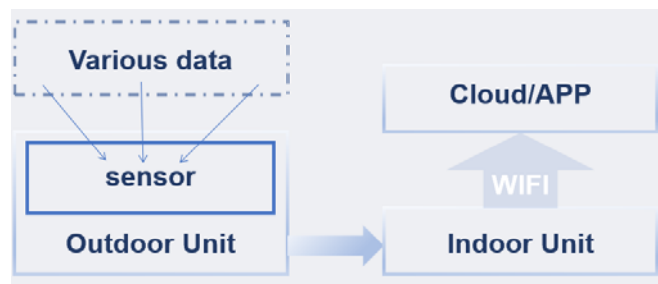


Рис. 1. Архитектура системы

Внешний (уличный) блок построен на микроконтроллере STM32L051C8 (ядро Cortex-M0+), оптимизированном для работы с ультранизким энергопотреблением. Внутренний (комнатный) блок реализован на STM32F103C8 (Cortex-M3), который также выполняет функции шлюза для передачи данных в облако через Wi-Fi модуль. Взаимодействие между блоками осуществляется беспроводным протоколом Wi-Fi [1, 2].

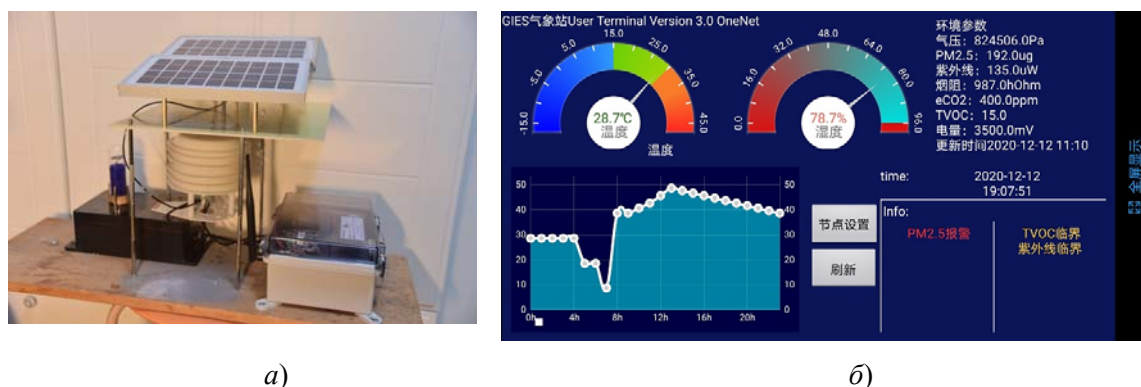


Рис. 2. Прототип метеостанции:
а – устройство; б – интерфейс

Модульность системы обеспечивается за счет использования стандартизированных интерфейсов подключения датчиков: I2C, SPI, UART. Это позволяет заменять или добавлять сенсоры по принципу «конструктора» без изменения базовой схемы и программного обеспечения [8].

Система включает в себя следующие сенсоры: BME680, SGP30, VEML6070, ZPH02.

Датчик BME680 предназначен для измерения температуры, влажности, атмосферного давления и газов (летучие органические соединения) [3].

Датчик SGP30 предназначен для определения концентрации CO₂ и общее содержание летучих органических соединений (TVOC) [4].

Измерение ультрафиолетового излучения осуществляет датчик VEML6070.

Датчик ZPH02 предназначен для измерения PM2.5 (мелкодисперсная пыль) [6, 7].

Программное обеспечение построено по принципу «collect-send-sleep»: пробуждение по таймеру, последовательный опрос всех датчиков, пакетная передача данных на сервер, затем перевод микроконтроллера в режим STOP (максимально низкое потребление). Данный подход обеспечивает длительную работу внешнего блока метеостанции от аккумуляторного питания.

Для снижения порога интеграции и реализацию взаимодействия с устройствами «умного дома» через сценарии, метеостанция должна поддерживать передачу данных на популярные облачные платформы (например, ThingSpeak, Blynk).

Например, при превышении PM2.5 должно происходить автоматическое включение очистителя воздуха, при низкой влажности почвы – активация системы полива.

Головной контроллер метеостанции опрашивает все подключаемые датчики с частотой 1 Гц. Точность измерений соответствует паспортным данным датчиков: для BME680 $\pm 0,5$ °C по температуре, ± 3 % по влажности; для SGP30 – ± 5 ppm CO₂. В режиме STOP среднее энергопотребление наружного (уличного) модуля не превышает 15 мкА · ч, что позволяет организовать питание от двух аккумуляторных элементов типа АА, которые способны обеспечить работу до 6 месяцев. Передача данных на сервер осуществляется каждые 10 минут.

Модульная структура метеостанции значительно повышает удобство добавления и замены датчиков. Например, добавление нового датчика (подключение его к шине и добавление драйвера) составляет не более 20 минут. Стандартизация интерфейсов позволяет также использовать готовые библиотеки от производителей датчиков.

В концепцию устройства метеостанции заложен ряд решений, которые решают проблемы классических станций: разделение функций сбора, обработки и отображения; использование низкопотребляющих микроконтроллеров и наличие энергосберегающего режима; поддержка стандартных промышленных интерфейсов (I2C/SPI/UART) для легкого расширения; интеграция с облачными сервисами и системами автоматизации.

Перспективными направлениями проекта являются: расширение библиотеки поддерживаемых датчиков; разработка открытого SDK для упрощения подключения сторонних устройств; создание распределенной сети мониторинга с единой платформой управления.

Устройство данной метеостанции может найти применение в сельском хозяйстве, городском хозяйстве, системах «умный дом» и в образовательных целях.

Литература

1. STM32L051C8 Datasheet. – URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00108219.pdf> (date of access: 20.09.2025).
2. STM32F103C8 Datasheet. – URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00108219.pdf> (date of access: 20.09.2025).
3. BME680 Datasheet. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/1132061/BOSCH/BME680.html> (date of access: 22.09.2025).
4. VEML6070 Datasheet. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/911505/VISHAY/VEML6070.html> (date of access: 23.09.2025).
5. ZPH02 Datasheet. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1308092/WINSEN/ZPH02.html> (date of access: 24.09.2025).
6. SGP30 Gas Sensor Datasheet. – URL: <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1643855/SENSIRION/SGP30/564/1/SGP30.html> (date of access: 24.09.2025).
7. Микроконтроллерный барометр с графическим жидкокристаллическим дисплеем / В. А. Михайлов, Э. М. Виноградов, А. Е. Запольский, Ю. В. Крышнев // Проблемы взаимодействия излучения с веществом : сб. материалов VI Междунар. науч. конф., посвящ. акад. Б. В. Бокутю, Гомель, 14 нояб. 2024 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины, Отд-ние физики, математики, информатики Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т физики им. Б. И. Степанова Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: С. А. Хахомов [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – С. 268–270.