УДК 621.392

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ТЕЛЕМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИРОБІВ ПЕВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Оршацький Г.В.[1] ; Цевух І.В., к.т.н., доц.[2]
[1,2]Національний університет «Одеська політехніка»
[1,2]Україна, Одеса
[1] orshatskyi.8865123@stud.op.edu.ua; [2] itsevukh@op.edu.ua

Анотація. *Розроблено мікропроцесорну систему телеметричного контролю якості виробів певного призначення. Визначено функціональні блоки системи, обрано сенсорні модулі та комунікаційні інтерфейси, що забезпечують збір та передачу даних у реальному часі. Результати базових випробувань прототипу підтвердили працездатність розробленої системи та її потенціал для подальшого застосування.*
Ключові слова*: мікропроцесорна система; телеметрія; мікроконтролер; комунікаційні інтерфейси.*

Вступна частина

Телеметрія — це технологія вимірювання та передавання даних від віддалених об’єктів або систем до центру обробки з метою їх моніторингу, аналізу та управління. У контексті промисловості телеметрія забезпечує контроль параметрів обладнання, якості продукції, технологічних процесів і стану середовища у режимі реального часу [1].

Сучасні цифрові методи телеметричного контролю використовують автоматизовані сенсорні системи, хмарні сервіси та аналітичні інструменти. Їхні переваги [2]:

- постійний моніторинг параметрів виробу або процесу;
- накопичення та аналіз великих обсягів даних;
- швидке реагування на відхилення;
- інтеграція з системами машинного навчання для прогнозування несправностей.

Метою роботи було створення функціонального прототипу мікропроцесорної системи телеметричного контролю якості (ТКЯ) виробів певного призначення.

Основна частина. Систему ТКЯ було реалізовано на базі мікроконтролера ESP32 [3]**,** який поєднує високу продуктивність, енергоефективність та підтримку бездротових комунікацій (Wi-Fi, Bluetooth), що робить його придатним для побудови телеметричних IoT-рішень.

Структурна схема системи ТКЯ складається з таких основних блоків:

- сенсорний модуль – набір датчиків для вимірювання ключових параметрів (температура, вологість, тиск, вібрації, електричні характеристики тощо) залежно від специфіки виробу;
- мікроконтролерний вузол на базі ESP32 – забезпечує опитування сенсорів, первинну обробку сигналів, формування телеметричних пакетів та їх передачу;
- комунікаційний модуль – реалізує бездротову передачу даних на сервер за допомогою протоколу MQTT або HTTP [4];
- серверна частина – програмний модуль, розміщений на локальному або хмарному сервері, приймає дані, зберігає їх у базі даних та надає доступ для аналізу;
- інтерфейс користувача – веб-застосунок, який візуалізує отримані параметри та стан обладнання у реальному часі.

Реалізовано базову версію програмного забезпечення, призначену для демонстрації роботи мікропроцесорної системи телеметричного контролю в лабораторних умовах. Показано принцип роботи системи ТКЯ «від збору даних до їх відображення» без складної інфраструктури.

Програмне забезпечення для мікроконтролера ESP32 виконує такі функції:

- ініціалізація сенсорів (наприклад, датчика температури та вологості DHT22 або аналогового сенсора напруги);
- періодичне зчитування даних з підключених сенсорів із заданим інтервалом (наприклад, 1 раз на 2 секунди) ;
- формування простих телеметричних повідомлень у форматі JSON (наприклад: `{ "temperature": 24.5, "humidity": 48 }`);
- передача даних через Wi-Fi на локальний сервер або безпосередньо на комп'ютер через послідовний порт (Serial) для подальшого відображення.

Для демонстрації дані можуть:

- відображатися у терміналі Arduino IDE або PuTTY у вигляді текстових повідомлень;
- передаватися на простий локальний веб-сервер, створений на базі бібліотеки `ESPAsyncWebServer`, де вони оновлюються у режимі реального часу на веб-сторінці (наприклад, у вигляді числових значень чи нескладного графіка).

Веб-інтерфейс являє собою просту HTML-сторінку з елементами JavaScript, які періодично опитують мікроконтролер і відображають отримані значення температури, вологості чи інших параметрів. Такий підхід дозволяє продемонструвати основні принципи телеметричного моніторингу навіть на базовому рівні та без складних інструментів зберігання даних.

Після розробки системи було проведено моделювання роботи в лабораторних умовах. Основні результати такі:

- час збору та передачі даних – до 1 секунди на один цикл опитування;
- точність вимірювань – відхилення не перевищує 2–3% у порівнянні з еталонними приладами;
- надійність зв'язку – успішна передача даних до сервера з імовірністю понад 99,8%.

Також було проведено тестування масштабованості системи: додавання нових сенсорних вузлів не потребує змін у структурі коду, що підтверджує гнучкість та модульність розробленого рішення.

Висновки

Розроблено мікропроцесорну систему телеметричного контролю якості виробів певного призначення. В процесі проєктування визначено функціональні блоки системи, обрано сенсорні модулі та комунікаційні інтерфейси, що забезпечують збір та передачу даних у реальному часі. Реалізовано демонстраційний зразок програмного забезпечення, який виконує повний цикл телеметрії: зчитування даних із сенсорів, їх обробку, формування повідомлень та передавання користувачу через веб-інтерфейс. Проведено базові випробування прототипу, що підтвердили працездатність розробленої системи та її потенціал для подальшого застосування. Отримані результати мають прикладне значення і можуть бути використані як основа для створення промислових телеметричних систем контролю якості певної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.

[2] Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431–440. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008

[3] ESPRESSIF (2024)**.** *ESP32 Technical Reference Manual*. https://www.espressif.com/
[4] MQTT (2024). *Lightweight Messaging Protocol for Small Sensors and Mobile Devices*. https://mqtt.org/

Orshatskyi G.T., Tsevukh I.V.

Microprocessor system for telemetric quality control of products of a certain purpose

Annotation. *A microprocessor system for telemetric quality control of products of a specific purpose has been developed. The functional blocks of the system have been determined, sensor modules and communication interfaces have been selected, which ensure the collection and transmission of data in real time. The results of basic prototype tests have confirmed the operability of the developed system and its potential for further application.*

Keywords: *microcontroller, resistive TFT display, automatic testing of printed circuit boards.*