

# МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ПРИМІЩЕННЯ. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*У роботі розглянуто проектування апаратної частини мікропроцесорної системи керування мікрокліматом приміщення. Описано розроблену структурну схему, що базується на модульному принципі. Проаналізовано вибір мікроконтролера з підтримкою IoT-технологій та цифрових датчиків для забезпечення енергоефективності та проактивного регулювання параметрів середовища. Описано принципи взаємодії компонентів системи для превентивного управління.*

**Ключові слова:** мікроклімат, мікропроцесорна система, апаратне забезпечення, структурна схема, IoT-технології, автоматизація, датчики.

## Abstract

*The paper considers the development of the hardware part of a microprocessor-based indoor climate control system. The designed structural scheme, based on a modular principle, is described. The choice of a microcontroller supporting IoT technologies and digital sensors to ensure energy efficiency and proactive regulation of environmental parameters is analyzed. The principles of system components interaction for preemptive control are described.*

**Keywords:** microclimate, microprocessor system, hardware, structural scheme, IoT technologies, automation, sensors.

## Вступ

Стрімкий розвиток концепції «розумного дому» та підвищення вимог до енергоефективності будівель зумовлюють високу актуальність розробки інтелектуальних систем автоматизації [1]. Метою дослідження є проектування апаратної архітектури адаптивної мікропроцесорної системи керування мікрокліматом приміщення, яка відрізняється від існуючих аналогів інтеграцією прогностичних алгоритмів на базі IoT-технологій. Новизна підходу полягає у комплексному використанні даних про зовнішнє середовище та внутрішні параметри для превентивного регулювання температурно-вологісного режиму.

## Результати дослідження

Сучасна система мікроклімату повинна переходити від реактивної моделі управління до проактивної. Визначено, що базові мікроконтролери у поєднанні з високоточними цифровими датчиками здатні забезпечити не лише комфорт, але й суттєву економію енергоресурсів. Ключовою ідеєю є розробка архітектури, де мікропроцесор виконує роль локального концентратора даних, який приймає самостійні рішення на основі заданих користувачем сценаріїв [2]. При цьому управління вентиляцією, опаленням та кондиціонуванням має бути синхронізованим єдиним алгоритмом, щоб уникати апаратних конфліктів (наприклад, одночасної роботи кондиціонера та обігрівача). Децентралізована логіка управління з можливістю хмарного моніторингу гарантує найвищу надійність. Відмова від громіздких промислових ПЛК на користь компактних мікропроцесорних рішень робить таку систему доступною для масового впровадження [3].

Апаратна реалізація розробленої системи базується на модульному принципі наведеному на рис. 1. Відповідно до розробленої структурної схеми, система включає наступні основні блоки:

1. Центральний блок керування (ЦБК): Мікроконтролер, що є ядром системи та підтримує бездротовий зв'язок (Wi-Fi). Він отримує дані від сенсорів, обробляє їх та формує керуючі сигнали.

2. Блок сенсорів (БС): Містить цифрові датчики температури, вологості та якості повітря (CO<sub>2</sub>/VOC). Збирає актуальні дані та передає їх до ЦБК.
3. Блок виконавчих механізмів (БВМ): Блок реле, що комутує силове навантаження. Отримує керуючі сигнали від ЦБК та вмикає/вимикає обладнання (обігрівач, вентилятор тощо).
4. Комунікаційний модуль (КМ): Для обміну даними з хмарним сервером через Інтернет. Забезпечує віддалений моніторинг та управління.
5. Блок живлення (БЖ): Розподіляє живлення між усіма блоками системи.

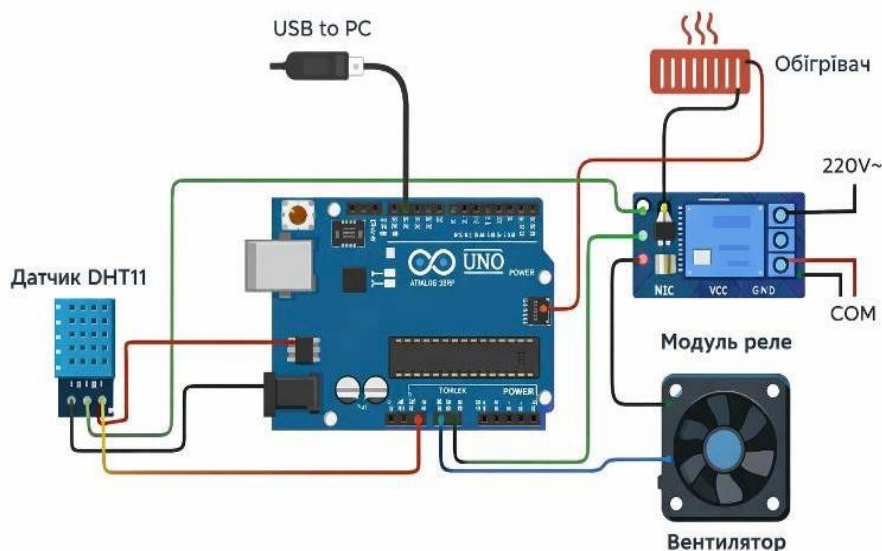


Рис. 1. Структурна схема мікропроцесорної системи керування

Використання сучасних мікроконтролерів дозволяє реалізувати складні алгоритми керування (наприклад, ПД-регулятори) безпосередньо на апаратному рівні. Перенесення обчислювального навантаження на локальні контролери суттєво підвищує загальну надійність та швидкість реакції системи на зовнішні збурення [4]. Крім того, застосування цифрових інтерфейсів (I<sup>2</sup>C, 1-Wire) для опитування сенсорів мінімізує вплив електромагнітних завад, що є критично важливим для офісних та житлових приміщень [5]. Це гарантує точність вимірювання температури з похибкою не більше 0,5 °С, що повністю відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

Для ілюстрації ефективності запропонованого підходу розглянемо сценарій різкого зниження температури на вулиці в осінній період. Стандартна система відреагує лише тоді, коли температура всередині приміщення вже впаде нижче комфортної позначки. Натомість розроблена мікропроцесорна система, отримуючи дані з вуличного датчика, превентивно підвищує потужність обігрівачів ще до фактичного охолодження кімнати. Одночасно система аналізує рівень CO<sub>2</sub> за допомогою датчика якості повітря [6]: якщо в кімнаті нікого немає, вентиляція переводиться в економний режим рециркуляції. Такий комплексний приклад демонструє, як інтеграція різних підсистем (датчиків, мікроконтролера, виконавчих механізмів та комунікаційного модуля) на базі одного мікропроцесора забезпечує максимальний комфорт без перевитрат електроенергії.

### Висновки

У результаті проведеного дослідження спроектовано архітектуру апаратної частини мікропроцесорної системи керування мікрокліматом, яка ефективно об'єднує сенсорну, керуючу, виконавчу та комунікаційну підсистеми. Проаналізовано розроблену структурну схему, що демонструє взаємодію ключових компонентів для реалізації превентивного та енергоефективного управління. Практична цінність роботи полягає у можливості безпосереднього впровадження розробленого апаратно-програмного комплексу в сучасні житлові будинки для підвищення їх енергоефективності.

Отримані результати можуть слугувати надійною інженерною базою для подальших розробок у галузі домашньої автоматизації та IoT-систем.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schwartz M. Internet of Things with ESP32. – Packt Publishing, 2016. – 246 p.
2. Yiu J. The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors. – Newnes, 2013. – 856 p.
3. Мікропроцесорна техніка: підручник / В. Я. Жуйков, Т. О. Терещенко, Ю. С. Ямненко, А. В. Заграничний. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 440 с.
4. ESP32 Hardware Design Guidelines [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/hw-reference/>
5. BME280 Combined humidity and pressure sensor Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.boschsensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>
6. MQ-135 Gas Sensor Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>

**Александрова Тетяна Сергіївна** – студентка групи ІСП-22Б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [tanaaleksandrova75@gmail.com](mailto:tanaaleksandrova75@gmail.com)

**Решетник Ольга Олександрівна** – студентка групи ІСП-22Б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olgareshetnik01@gmail.com](mailto:olgareshetnik01@gmail.com)

Науковий керівник: **Тарновський Микола Геннадійович** — к.т.н., доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [ntarn@vntu.edu.ua](mailto:ntarn@vntu.edu.ua)

**Aleksandrova Tetiana Sergiivna** – student, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [tanaaleksandrova75@gmail.com](mailto:tanaaleksandrova75@gmail.com)

**Reshetnik Olha Oleksandrivna** – student, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olgareshetnik01@gmail.com](mailto:olgareshetnik01@gmail.com)

Scientific supervisor: **Tarnovskyi Mykola Hennadiiovych** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ntarn@vntu.edu.ua](mailto:ntarn@vntu.edu.ua)