

# МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ З ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСОМ КЕРУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація.*

*У роботі представлено розробку апаратно-програмного комплексу розумної годівниці для домашніх тварин на базі мікроконтролера ESP32. Розглянуто архітектуру системи з використанням тензометричного зворотного зв'язку та ультразвукового контролю рівня корму. Описано програмну реалізацію неблокуючого суперциклу та локального веб-сервера з REST API. Наведено результати імітаційного моделювання в середовищі Wokwi та експериментального тестування точності дозування.*

**Ключові слова:** IoT, smart-годовниця, ESP32, тензодатчик, REST API, Wokwi, асинхронний веб-сервер.

## *Abstract.*

*The paper presents the development of a hardware and software complex of a smart pet feeder based on the ESP32 microcontroller. The system architecture using strain gauge feedback and ultrasonic food level control is considered. The software implementation of a non-blocking superloop and a local web server with REST API is described. The results of simulation in the Wokwi environment and experimental testing of dosing accuracy are presented.*

**Keywords:** IoT, smart feeder, ESP32, load cell, REST API, Wokwi, asynchronous web server.

## Вступ

Забезпечення регулярного та дозованого харчування є критично важливим фактором для підтримки здоров'я домашніх тварин. Традиційні автоматичні годівниці часто не мають функції точного зворотного зв'язку за масою та засобів віддаленого моніторингу. Вирішення цієї проблеми полягає у впровадженні концепції Інтернету речей (IoT), яка дозволяє об'єднати точні вимірювальні прилади та сучасні мережеві технології на базі єдиного мікроконтролера [1]. Такий підхід забезпечує високу точність дозування та можливість гнучкого керування пристроєм через локальну мережу.

## Апаратно-мережева архітектура системи

Структурним ядром пристрою виступає мікроконтролерний модуль ESP32-WROOM, що працює на тактовій частоті 240 МГц та має вбудований стек протоколів Wi-Fi[2]. Для реалізації механізму видачі корму використовується кроковий двигун NEMA 17 із драйвером A4988, що забезпечує необхідний крутний момент для обертання шнека. Зворотний зв'язок за масою порції реалізується за допомогою тензобалки у парі з 24-бітним аналого-цифровим перетворювачем HX711. Додатково в системі передбачено ультразвуковий датчик HC-SR04, який встановлюється у верхній частині бункера для контролю загального залишку гранульованого корму.

## Програмна реалізація алгоритму локальної обробки

Керуючий мікрокод кінцевого вузла розроблено мовою програмування C++ з використанням архітектури неблокуючого суперциклу. Це дозволяє мікроконтролеру одночасно генерувати ШІМ-сигнали для двигуна та обслуговувати вхідні мережеві запити. Алгоритм зчитування даних з датчиків включає етап програмної фільтрації (медіанний фільтр) для усунення аномальних стрибків показань[3]. На мережевому рівні реалізовано локальний асинхронний веб-сервер. Взаємодія з

клієнтським браузером відбувається через REST API з використанням формату передачі даних JSON[4]. Користувач має змогу налаштувати розклад годування (до трьох разів на добу), який автоматично записується в енергонезалежну флеш-пам'ять (NVS) ESP32. Алгоритм також включає захисний механізм реверсивного руху шнека у випадку його механічного заклинювання.

### Результати дослідження

Верифікацію логіки роботи пристрою було успішно проведено у хмарному середовищі імітаційного моделювання Wokwi[5]. Експериментальне тестування фізичного макета підтвердило високу ефективність розробленої системи: похибка дозування не перевищує 1–2 грами. Завдяки NTP-синхронізації часу, після відновлення живлення пристрій повністю відновлює автономну роботу та розклад годування без втручання користувача. Час відгуку веб-інтерфейсу на HTTP-запити зберігається на рівні до 200 мс навіть під час активної роботи механічного приводу.

### Висновки

Розроблений апаратно-програмний комплекс смарт-годовниці забезпечує високий рівень автономності та точності догляду за домашніми тваринами. Використання мікроконтролера ESP32 дозволило успішно поєднати завдання точного керування кроковим двигуном зі збором телеметрії та розгортанням веб-сервера. Інтеграція адаптивного клієнтського інтерфейсу та алгоритмів самозбереження (NVS, реверс) робить запропоноване рішення надійним та готовим до практичної експлуатації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Олійник О. А. Архітектура та програмування мікроконтролерів в системах Інтернету речей : навч. посіб. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2023. 210 с.
2. ESP32 Technical Reference Manual. Espressif Systems. URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf) (дата звернення: 24.05.2026).
3. Свид І. В., Вуєць О. В. Методи та алгоритми цифрової обробки сигналів у мікроконтролерах : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2023. 198 с.
4. Ковальов М. О., Петренко А. І. Проектування веб-інтерфейсів для вбудованих систем Інтернету речей : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 185 с.
5. Стельмашчук С. В. Моделювання інфокомунікаційних та IoT систем : навч. посіб. Тернопіль : ЗУНУ, 2022. 156 с.
6. Савицька Л. А., Босак І. С., Дудник О. В. Комп'ютерна система керування виробництвом. // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 24-27 березня 2025 р. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/48711>

*Демчук Олександр Вікторович* – студент групи ІСП-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [oleksandrdemcuk72@gmail.com](mailto:oleksandrdemcuk72@gmail.com)

*Савицька Людмила Анатоліївна* – кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [savytska.liudmyla@vntu.edu.ua](mailto:savytska.liudmyla@vntu.edu.ua)

*Demchuk Oleksandr Viktorovich* – student of group ІSP-22b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [oleksandrdemcuk72@gmail.com](mailto:oleksandrdemcuk72@gmail.com)

*Savytska Liudmyla Anatoliivna* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Computer Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [savytska.liudmyla@vntu.edu.ua](mailto:savytska.liudmyla@vntu.edu.ua)