

## Література

1. Alfaif, Aam Kholid, Puspanda Hatta, and Endar Suprih Wihidayat. "Performance Analysis of Proxmox and Virtualbox with Overhead and Linearity Parameters to Support Server Administration Practice." *Journal of Informatics and Vocational Education* 7, no. 2 (2024): 35–41. <https://doi.org/10.20961/joive.v7i2.2399>. URL: <https://doi.org/10.20961/joive.v7i2.2399>.
2. Ramdhani, Muhammad Dzikri, Muhammad Barez Sapado Siregar, Hilma Hayati, Riki Maulana, and Muhammad Febristo Robidullah. "Meningkatkan Efisiensi dan Skalabilitas Infrastruktur TI dengan Proxmox VE: Studi Kasus Implementasi dan Konfigurasi." *Karimah Tauhid* 3, no. 8 (2024): 8631–36. URL: <http://dx.doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i8.14326>.

УДК 656.098

**О.Б Пйонтковський ст.групи ЕА-324**

**Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист**

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна)

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ ДЛЯ АВТОНОМНИХ ІОТ-ПРИСТРОЇВ

**PiontkovskuyO.B. student of group EA-324**

**Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist**

### ENERGY-EFFICIENT MICROCONTROLLERS FOR AUTONOMOUS IOT DEVICES

Отже, що ж таке мікроконтролер для IoT? Це компактний малопотужний електронний пристрій, відомий як мікроконтролер для Інтернету речей, створений для управління зв'язаними пристроями та датчиками в системі Інтернету речей. Мікроконтролер діє як мозок пристроїв IoT, дозволяючи їм збирати дані про навколишнє середовище, обробляти їх та підключатися до інших пристроїв або систем IoT через мережу.

Найкращі енергоефективні мікроконтролери для автономних IoT-пристроїв — це STM32U5, ESP32-S3, Nordic nRF52 та RP2040. Вони поєднують низьке енергоспоживання з високою продуктивністю та безпекою.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика мікроконтролерів

| Модель       | Ядро           | Частота (МГц) | Пам'ять (Flash/Ram) | Бездротові інтерфейси | Енергоспоживання       | Особливості                   |
|--------------|----------------|---------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| STM32U5      | ARM Cortex-M33 | До 160        | до 2MB / до 786KB   | через зовнішні модулі | Наднизьке (Stop < 1µA) | TrustZone, AES, USB, LCD, ADC |
| ESP32-S3     | 2× Xtensa LX7  | До 240        | до 8MB / до 512KB   | Wi-Fi 4, BLE 5.0      | DeepSleep ~20µA        | AI підтримка, голос, камера   |
| Nordic nRF52 | ARM Cortex-M4  | До 64         | до 1MB / до 256KB   | BLE 5.0, ANT, NFC     | наднизьке (Sleep ~1µA) | BLE маячки, медичні пристрої  |
| RP2040       | 2×             | До 133        | 2MB                 | через                 | ~1.5mA                 | Дешевий,                      |

|  |                       |  |                       |                    |          |                                      |
|--|-----------------------|--|-----------------------|--------------------|----------|--------------------------------------|
|  | ARM<br>Cortex-<br>M0+ |  | (зовнішнє)<br>/ 264KB | зовнішні<br>модулі | активний | простий,<br>підтримка<br>MicroPython |
|--|-----------------------|--|-----------------------|--------------------|----------|--------------------------------------|

STM32U5 — буде найкращий вибір для критичних енергоефективних застосунків з високою безпекою.

ESP32-S3 — ідеальний для пристроїв з Wi-Fi/BLE та AI-обробкою.

Nordic nRF52 — лідер у BLE-пристроях з наднизьким споживанням.

RP2040 — бюджетний варіант для прототипування, не має вбудованого бездротового зв'язку.

У сучасних умовах стрімкого розвитку Інтернету дуже важливим є вибір мікроконтролерів, здатних забезпечити тривалу автономну роботу при мінімальному енергоспоживанні. Такі рішення, як STM32U5, ESP32-S3, Nordic nRF52 та RP2040, показують різні підходи до балансу між продуктивністю, бездротовими можливостями та енергоефективністю. Вибір мікроконтролера залежить від конкретних вимог до пристрою — тривалості роботи від батареї, типу бездротового зв'язку, обчислювальних потреб та інших. Раціональне використання енергозберігаючих режимів та правильне проектування системи дозволяє значно продовжити термін служби автономних IoT-рішень, що є ключовим фактором для сталого розвитку технологій майбутнього.

### Література

1. Найкращі мікроконтролери для IoT-проектів URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/best-microcontroller-for-iot-to-elevate-your-iot-development/>

2. Обговорення вибору мікроконтролерів для IoT та вбудованих систем URL: <https://dou.ua/forums/topic/52283/>

3. Брицький В. Архітектура IoT-рішень та принципи проектування систем. Кваліфікаційна робота магістра. Хмельницький. 2025. 100 с. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f3666bfb-3470-4287-9f32-40fbf4c8ef6e/content>

УДК 004.93

**І. І. Поліщук, Н.С. Луцик доктор філософії, доц.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ НА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ**

**I. I. Polishcuk, N. S. Lutsyk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR FRACTURE DETECTION IN MEDICAL IMAGES**

У сучасній медичній візуалізації значна увага приділяється автоматизованим методам виявлення патологій на рентгенограмах, зокрема переломів, що підвищує якість діагностики та зменшує навантаження на лікарів. Виявлення переломів на рентгенограмах є складним завданням через варіативність зображень, пов'язану з різними анатомічними областями, такими як кінцівки чи таз, а також через артефакти, спричинені імплантатами чи нерівномірним освітленням [1].