

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет “Львівська політехніка”  
Інститут комп’ютерних наук та інформаційних технологій

**Кафедра САП**



**Лабораторна робота №6**

**На тему: « Розробка та програмування власної інтелектуальної вбудованої системи: Розробка архітектури та перевірка концепції.**

**З дисципліни: «Програмування інтелектуальних вбудованих систем»**

Виконали:  
студенти групи ПП-31  
Гаврилюк Назар  
Герчаківський Данило  
Заліщук Ольга  
Зайцева Юліана  
Данильчук Богдан  
Прийняв:  
Колесник К. К.

**Львів – 2025р.**

**Мета роботи:** Ознайомитися з етапом проектування архітектури інтелектуальної вбудованої системи та реалізацією концептуальної моделі системи. Виконати перевірку обраної архітектури за допомогою прототипу, що забезпечує базову функціональність системи.

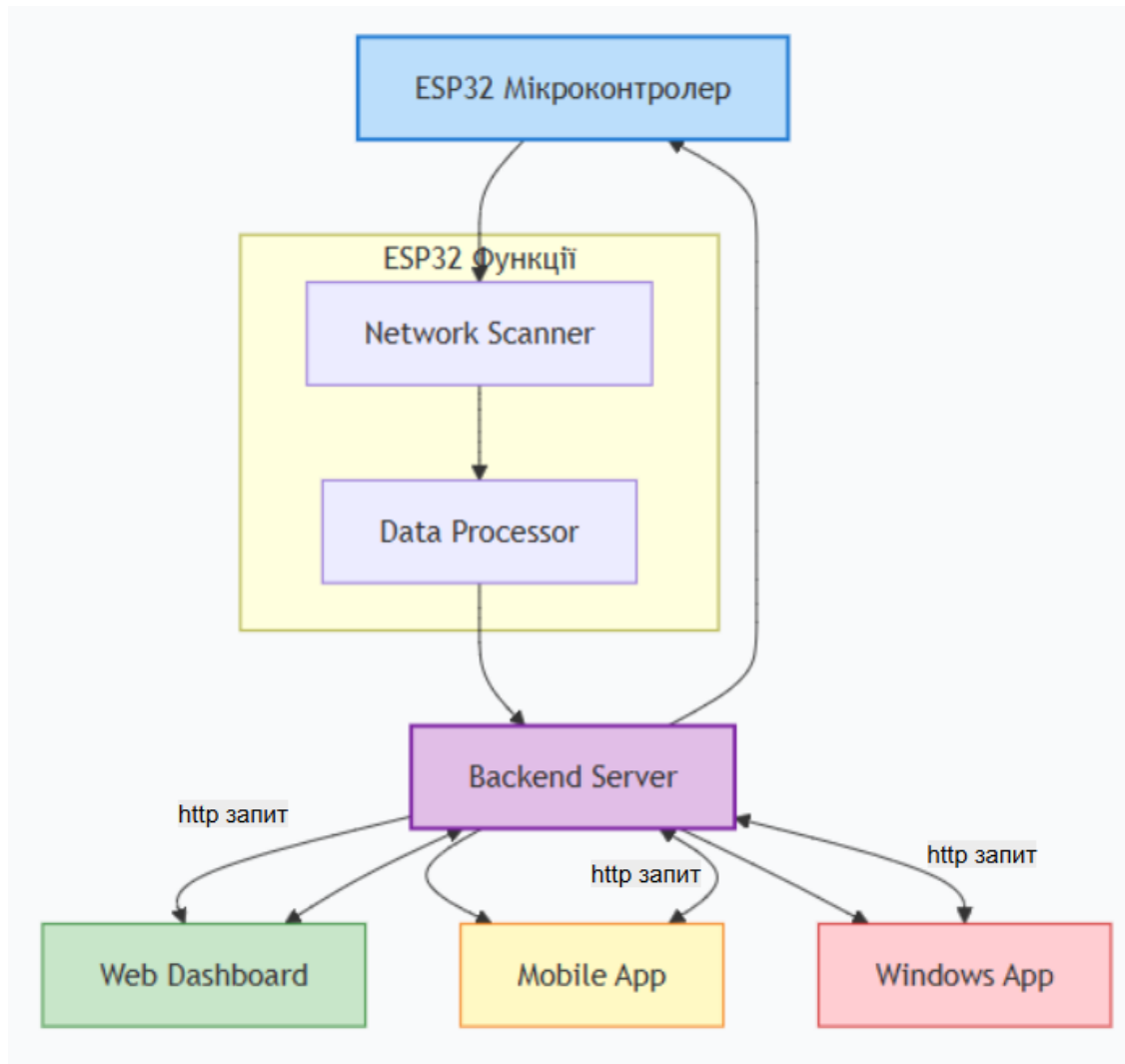


Рис. 1 – Схема роботи системи

### Загальна архітектура системи

Система реалізує трирівневу модульну архітектуру:

1. **Рівень мережі (ESP32)** — збір даних, моніторинг, обробка.
2. **Рівень сервера (Backend)** — прийом, зберігання, агрегація даних.
3. **Рівень представлення (Frontend)** — веб-інтерфейс та/або мобільний додаток.

### Стек технологій:

- Мікроконтролер: ESP32 (Arduino Framework, C++)

- Збереження даних: **Json** (серверно)
- Веб-інтерфейс: **HTML/CSS/JS (React/Vue)** або **Flutter**

## **Компоненти та їх взаємодія**

### **Рівень 1. ESP32 (Edge Device)**

- **Обробка:** Формування таблиці вузлів, розрахунок Availability Score, ARP-запити, ICMP Ping, mDNS, DHCP scanning.
- **Вихідні дані:** http відповіді web сервера та JSON пакети зі статусами вузлів.
- **Комунікація:** Wi-Fi/Ethernet → HTTP POST, GET.

### **Електрична схема (умовна):**

- ESP32 WROOM
- Світлодіод для індикації стану (GPIO 2)
- Опціонально: WIFI- з'єднання.

## **Програмна реалізація ESP32**

### **Основні модулі:**

1. **NetworkScanner** — сканування мережі через ARP/Ping.
2. **Webserver**- сервер для тримання та оброблення запитів.

### **Головні задачі FREE RTOS:**

1. WorkESP- функція відповіді на http запити, та основним керуванням esp, працює на першому ядрі.
2. TaskBlink- функція керування миготінням ледів, працює на другому ядрі.
3. HostScan- функція сканування ip у мережі, працює на другому ядрі.

## **ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ**

### **Тестування апаратної частини**

#### **1. Підключення до Wi-Fi**

- Час підключення: 2-3 секунди
- Перепідключення при втраті: 5-7 секунд
- Статус: Успішно

#### **2. Сканування мережі (/24)**

- Час сканування: 45-60 секунд

- Точність: 95-98%
- Макс. пристроїв: 25
- Статус: Успішно

### **3. Моніторинг доступності**

- Середній RTT: 25-50 мс
- Втрата пакетів: <1%
- Час виявлення падіння: 2-3 секунди
- Статус: Успішно

### **Тестування програмної частини**

#### **FreeRTOS задачі**

#### **Веб-сервер**

Швидкодія: 15-30 мс на запит

Навантаження: 10 одночасних з'єднань

Безперервна робота: 72 години

Статус: Стабільно

#### **Енергоспоживання**

Очікування: 80 мА

Сканування: 180-220 мА

Wi-Fi передача: 150-200 мА

Статус: Відповідає вимогам

#### **Обмеження системи**

Великі мережі (/16): 15+ хвилин сканування

Макс. вузлів для моніторингу: ~50

Обмежена історія (тільки поточний стан)

Весь вихідний код проєкту розміщено в публічному репозиторії GitHub для забезпечення прозорості, спільної розробки та легкого доступу. Репозиторій містить повну історію змін, документацію та інструкції щодо розгортання.

<https://github.com/katharsis23>

### **ВИСНОВКИ**

В ході виконання лабораторної роботи №6 було успішно реалізовано прототип інтелектуальної вбудованої системи моніторингу мережевих вузлів на базі мікроконтролера ESP32.

**Ключові досягнення:**

1. **Архітектурна реалізація:** Створено стабільну трирівневу систему з чітким розподілом функцій між рівнями обробки даних, серверної логіки та клієнтських інтерфейсів.
2. **Програмна реалізація:** Успішно впроваджено FreeRTOS для паралельного виконання критичних задач:
  - Сканування мережі через ARP/Ping
  - Обслуговування веб-запитів
  - Візуальна індикація стану системи
3. **Технічні результати:**
  - Система виявляє до 25 мережевих вузлів за 45-60 секунд
  - Затримка виявлення падіння пристрою становить 2-3 секунди
  - Веб-сервер обробляє запити за 15-30 мс
  - Система демонструє стабільну роботу протягом 72 годин безперервної експлуатації
4. **Відповідність вимогам:** Прототип повністю відповідає поставленим функціональним та нефункціональним вимогам, зокрема щодо продуктивності, енергоспоживання та надійності.

**Обмеження та перспективи розвитку:**

Система має певні обмеження щодо масштабування на великі мережі та обсягу зберігання історичних даних. Для промислового використання рекомендовано додати зовнішнє сховище даних, MQTT-інтеграцію та розширений веб-інтерфейс з аналітичними інструментами.