

УДК 004.7:681.518

Д.В. Піскунов, студент гр. ПК-41
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ESP32

Анотація. У статті розглядається проектування модульної системи автоматизації житла на базі мікроконтролерів ESP32. Особливу увагу приділено вирішенню проблеми самовільного вмикання електроприладів після відновлення живлення в мережі. Описано архітектуру взаємодії головного хаба та периферійних модулів керування освітленням.

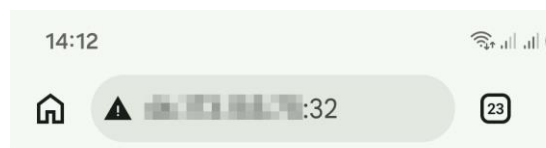
Ключові слова: ESP32, розумна екосистема, Home Assistant, ШІ, Gemini API, MQTT, децентралізоване керування.

ВСТУП

Популярність систем «розумного будинку» (smart home) зумовлена можливістю оптимізації енергоспоживання та підвищення комфорту користувачів. Сучасний ринок пропонує широкий спектр комерційних рішень від світових (Xiaomi, Philips) та провідних вітчизняних (Ajax Systems) виробників: від базового управління освітленням до комплексних систем безпеки [1]. Однак більшість бюджетних серійних пристроїв мають критичний недолік: при відновленні живлення після аварійного відключення вони за замовчуванням переходять у стан «Увімкнено». Метою даної роботи є розробка децентралізованої модульної системи на базі мікроконтролера ESP32, що забезпечує гарантований стан «Вимкнено» для всіх модулів при ініціалізації системи.

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

Система побудована за модульним принципом із використанням протоколу Wi-Fi (стандарт 802.11 b/g/n). Хоча професійні системи (наприклад, Ajax) використовують для зв'язку між пристроями пропрієтарні енергоефективні радіопротоколи з блочним шифруванням (Jeweller) для максимальної надійності та захисту від саботажу [1], використання Wi-Fi у розробленому хабі є виправданим компромісом для здешевлення DIY-рішень. Головний модуль виконує роль центрального шлюзу (аналогічно до Philips Hue Bridge [2]). Він оснащений датчиками якості повітря, температури, вологості та освітленості (рис. 1). Як



A bit smart home

🌡️ Температура: 22

💧 Вологість: 45

💡 Освітленість: 67

Рис. 1. Зовнішній вигляд головного модуля системи моніторингу

показано на прикладі практичних реалізацій [3], конфігурація ESP32 у якості локального веб-сервера дозволяє обробляти HTTP-запити безпосередньо у локальній мережі, відмовляючись від сторонніх хмарних сервісів. Спираючись

на дослідження авторів [4], архітектура хаба передбачає можливість легкої інтеграції додаткових модулів (PIR, MQ3). Модуль керування освітленням складається з мікроконтролера ESP32, мініатюрного блоку живлення та електромагнітного реле. На відміну від типових DIY-проектів [5], апаратну частину спроектовано так, щоб компоненти повністю вміщувалися у стандартний монтажний підрозетник, забезпечуючи прихованість системи. Керування здійснюється паралельно: через фізичну клавішу (кнопка без фіксації) та через HTTP/MQTT-запити від хаба або смартфона [5].

АЛГОРИТМ БЕЗПЕЧНОГО ЗАПУСКУ

Комерційні системи освітлення преміум-сегмента пропонують вирішення проблеми блекаутів шляхом програмного налаштування функції поведінки при подачі живлення («Power-on behavior») у додатках [2]. На відміну від них, у розробленому модулі вимикача реалізовано апаратний алгоритм ініціалізації. При кожному завантаженні мікроконтролера (під час виконання функції setup), система примусово встановлює логічний рівень LOW на піні керування реле. Це гарантує, що після відновлення електропостачання світло не ввімкнеться самостійно. Стан системи дублюється у веб-інтерфейсі (рис. 2).



Керування світлом:

Вимкнено

Рис. 2. Веб-інтерфейс керування модулем світла

СИСТЕМА СЦЕНАРІЇВ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ШІ

Окрім базового керування реле, логіка системи передбачає підтримку комплексних сценаріїв. Для спрощення користувацького досвіду перспективним є впровадження голосового асистента з інтеграцією великих мовних моделей (LLM), зокрема через Gemini API [6]. Замість ручного програмування тригерів, користувач може сформулювати намір природною мовою («Налаштуй систему для перегляду фільму»). Штучний інтелект аналізує контекст, генерує JSON-файл з конфігурацією та передає його на хаб по протоколу MQTT.

ВИСНОВКИ

Запропонована архітектура має високий потенціал до масштабування. У перспективі до головного хабу можуть бути підключені інтелектуальні модулі керування з використанням ШІ [6]. Окремим напрямком є перехід на протокол MQTT та інтеграція з open-source платформами, такими як Home Assistant [7]. Це дозволить об'єднати авторські пристрої з комерційними екосистемами. Наприклад, налаштувати автоматичні сценарії реакції розробленого ESP-реле на спрацювання професійних бездротових датчиків Ajax (автоматичне відключення живлення та перекриття води при виявленні затоплення, або імітація присутності при постановці на охорону) [1]. Реалізований алгоритм ініціалізації підвищує надійність системи в умовах нестабільного енергопостачання, формуючи автономну альтернативу серійним пристроям [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Охоронна система та автоматизація для дому [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Ajax Systems. — Режим доступу: URL: <https://ajax.systems/ua/solutions-by-facility-type/private-houses/>
- [2] How does Philips Hue work? [Електронний ресурс] // Philips Hue. — Режим доступу: URL: <https://www.philips-hue.com/en-us/explore-hue/how-it-works>
- [3] Побудуйте свій розумний будинок з ESP32: контролюйте свої пристрої зі зручним веб-інтерфейсом [Електронний ресурс] // Магазин електроніки та робототехніки Arduino ROBOSTORE. — 2022. — Режим доступу: URL: <https://robostore.com.ua/postroite-svoi-umnyi-dom-s-esp32-kontrolyruite-svoy-ustroistva-s-udobnym-veb-ynterfeisom/>
- [4] Imam A. S. Design of an ESP32-Based IoT Smart Home Automation Management System / A. S. Imam, A. Garba, M. A. Baballe [et al.] // Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences. — 2024. — Vol. 4, No. 4. — P. 121–130. — Режим доступу: URL: https://www.researchgate.net/publication/383177896_Design_of_an_ESP32-Based_IoT_Smart_Home_Automation_Management_System
- [5] Planning a DIY Home Automation System [Електронний ресурс] // Instructables. — Режим доступу: URL: <https://www.instructables.com/Planning-a-DIY-Home-Automation-System/>
- [6] Guo C. 18 Practical Smart Home Projects Using Arduino, ESP32, and Raspberry Pi [Електронний ресурс] / C. Guo // Seeed Studio Blog. — 2025. — Режим доступу: URL: <https://www.seeedstudio.com/blog/2025/11/27/smart-home-projects-using-arduino-esp32-and-raspberry-pi/>
- [7] Open source home automation that puts local control and privacy first [Електронний ресурс] // Home Assistant. — Режим доступу: URL: <https://www.home-assistant.io/> [0]

Наук. керівник – к.т.н., доц. Галаган Р.М.