

ІОТ-МОДУЛЬ МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ ПРИМІЩЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Розглянуто принципи побудови модуля моніторингу безпеки приміщень на базі мікроконтролера ESP32 у складі IoT системи контролю доступу та моніторингу безпеки приміщень. Описано апаратну реалізацію IoT-модуля моніторингу безпеки приміщення. Виконано моделювання роботи модуля у середовищі Cisco Packet Tracer та проведено тестування цього модуля щодо реагування на відповідні загрози.

Ключові слова: IoT, моніторинг безпеки, ESP32, датчик диму, датчик звуку, датчик руху, комп'ютерна мережа.

Abstract. The principles of building a room security monitoring module based on the ESP32 microcontroller as part of the IoT access control and room security monitoring system are considered. The hardware implementation of the IoT room security monitoring module is described. The module's operation is simulated in the Cisco Packet Tracer environment and this module is tested for responding to relevant threats.

Keywords: IoT, security monitoring, ESP32, smoke sensor, sound sensor, motion sensor, computer network.

Вступ

Сучасні вимоги до безпеки приміщень передбачають своєчасне виявлення надзвичайних ситуацій, зокрема задимлення, руху, зміни рівня звуку тощо у зоні спостереження. Реалізація таких функцій на основі аналогових систем сигналізації не дає можливості здійснити збір та обробку моніторингових даних на серверному обладнанні, що знижує оперативність реагування на ймовірні загрози. Концепція інтернету речей (IoT) надає нові можливості для побудови розподілених систем моніторингу безпеки приміщень, у яких периферійні пристрої на базі мікроконтролерів здійснюють обробку та обмін даними з центральним сервером через комп'ютерну мережу [1]. Передавання даних від периферійного обладнання, що здійснює моніторинг безпеки приміщень, до сервера потребує побудови надійної мережної інфраструктури з відповідним рівнем захисту від несанкціонованого доступу та спотворення даних, що свідчить про доцільність застосування методів побудови захищених мереж на базі сучасного мережного обладнання [2]. Отже, розробка IoT-модуля моніторингу безпеки приміщень є актуальною задачею.

Метою роботи є розробка модуля моніторингу безпеки приміщень, який призначений для виявлення кризових ситуацій в приміщенні та може бути інтегрований в IoT систему контролю доступу та моніторингу безпеки приміщень.

Основна частина

Запропонований модуль моніторингу безпеки приміщень складається з мікроконтролера та датчиків диму, звуку та руху, розміщених в приміщенні, що охороняється, та у прилеглих до нього приміщеннях. Частина модуля, що розміщена в основному приміщенні, забезпечує виявлення диму, зміни рівня звуку та рухової активності, а також контроль відкриття дверей і вікон за допомогою магнітоконтактних сповіщувачів. Складова модуля, що розміщена у прилеглому приміщенні (коридорі, сходах тощо), містить датчик диму, що дозволяє виявити появу диму у разі його розповсюдження за межі основного приміщення. Такий розподіл периферійного обладнання забезпечує багаторівневий захист, що застосовується при розробці розподілених систем моніторингу безпеки приміщень [3].

Розглянуто реалізацію модуля, який застосовується для моніторингу стану безпеки приміщення А1 та коридору у секторі А поверху будівлі. Схему розміщення периферійного обладнання у приміщенні та прилеглому до нього коридорі наведено на рисунку 1.

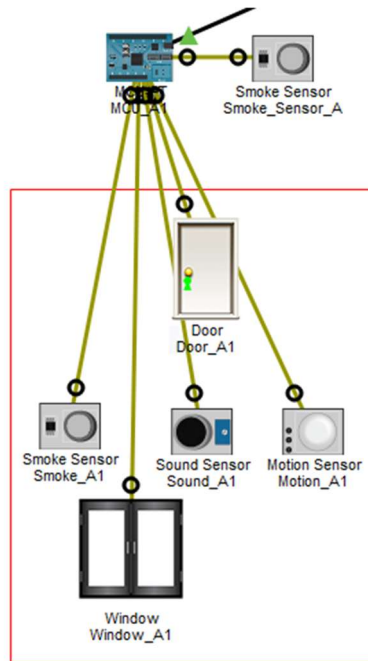


Рисунок 1 — Схема розміщення компонентів модуля моніторингу безпеки приміщень в середовищі Cisco Packet Tracer

Як основу модуля обрано мікроконтролер ESP32-WROOM-32D, який містить двоядерний процесор з тактовою частотою до 240 МГц, аналогові та цифрові порти введення та виведення та підтримує інтерфейс SPI для підключення до мережної інфраструктури [4]. Передавання моніторингових даних до сервера здійснюється за допомогою контролера W5500, який працює на основі мережної моделі TCP/IP та забезпечує дротове підключення на базі стандарту Fast Ethernet.

Для моніторингу появи диму обрано датчик MQ-2, для контролю рівня звуку обрано давач KY-038, для виявлення рухової активності обрано інфрачервоний давач HC-SR501. Стан дверей та вікна приміщення контролюється магнітоконтактними герконами. Аналогові порти давачів диму та звуку підключено до портів мікроконтролера GPIO36, GPIO39 та GPIO35, що містять дванадцятирозрядний аналого-цифровий перетворювач. Цифровий порт давача руху приєднано до порту GPIO34 ESP32. Магнітоконтактні геркони з навантажувальними резисторами опором 10 кОм підключено до шини +3,3 В з виведенням на порти GPIO32 та GPIO33. Живлення давачів MQ-2, KY-038 та HC-SR501 забезпечується напругою +5 В через роз'єм живлення DC-1 зовнішнього джерела. Логічні рівні мікроконтролера ESP32-WROOM-32D, контролера W5500 та навантажувальних резисторів герконів задаються напругою +3,3 В від внутрішнього лінійного стабілізатора плати ESP32. Для перевірки правильності обробки моніторингових даних застосовано чотири тактові кнопки з навантажувальними резисторами опором 10 кОм до шини GND, які дають змогу програмно моделювати роботу давачів диму, руху та звуку. Спільна шина GND об'єднує всі компоненти модуля, що забезпечує правильне формування логічних сигналів між мікроконтролером та периферійними пристроями. Схему електричну принципову модуля моніторингу безпеки приміщень наведено на рисунку 2.

При проектуванні та інтеграції розробленого модуля в IoT систему контролю доступу та моніторингу безпеки приміщень важливою є організація сегментації мережної інфраструктури за допомогою технології віртуальних локальних мереж (VLAN) для розмежування моніторингових даних від периферійних пристроїв та трафіку мережного обладнання.

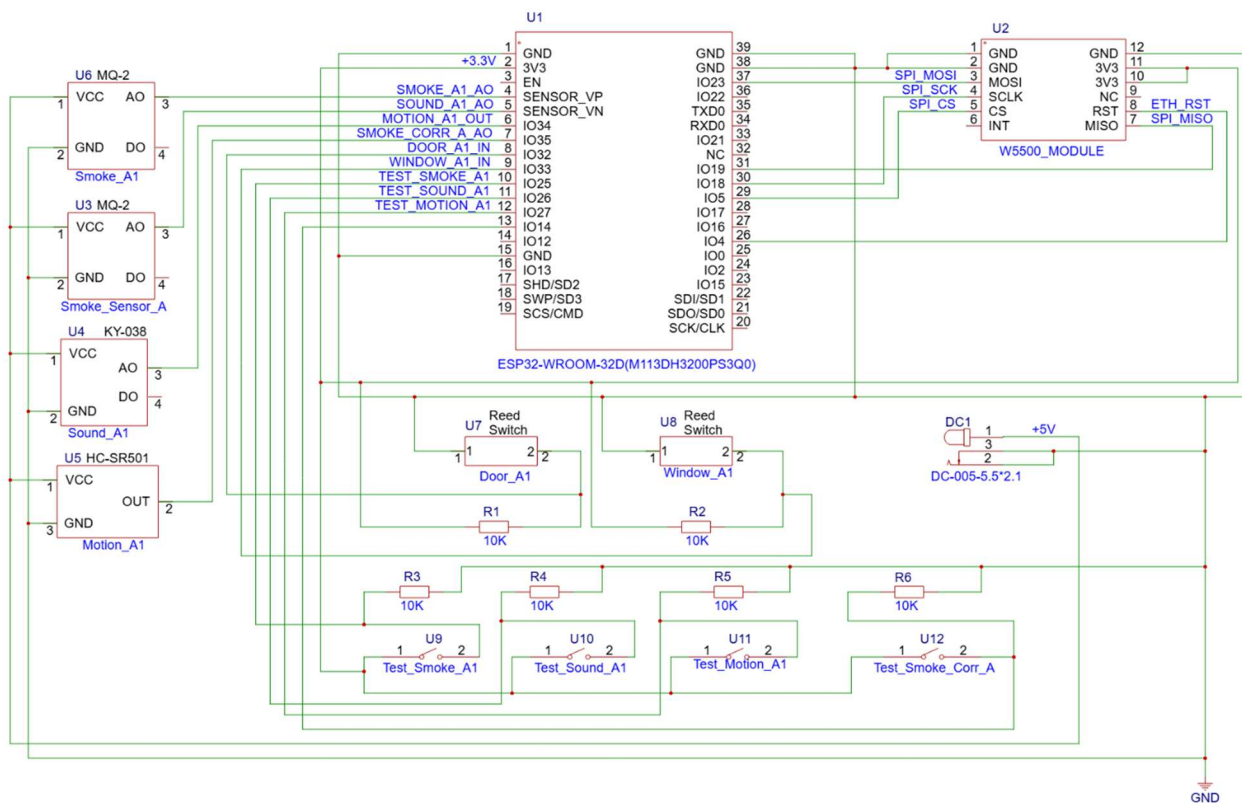


Рисунок 2 — Схема електрична принципова модуля моніторингу безпеки приміщень

Моделювання роботи модуля моніторингу безпеки приміщень виконано у середовищі Cisco Packet Tracer, яке надає засоби для імітації роботи мережного та периферійного обладнання [5]. У моделі реалізовано підключення ESP32 до комутатора через інтерфейс FastEthernet, обмін даними між сегментами VLAN, що відповідають мікроконтролеру та серверу, та передавання моніторингових даних на сервер. З метою перевірки правильності роботи модуля проведено тестування одночасного спрацювання усіх давачів у приміщенні A1. Використано засіб імітації вогню поблизу давача диму, поблизу давача звуку застосовано джерело, що генерує звук різної гучності, та імітовано рухову активність перед давачем руху. Давачі передають дані моніторингу стану безпеки приміщення на мікроконтролер, який їх обробляє та надсилає відповідні повідомлення про загрози на сервер. Результати моніторингу, що відображаються у інтерфейсі служби IoT Monitor сервера у вигляді поточних значень параметрів стану безпеки приміщень, наведено на рисунку 3.



Рисунок 3 — Результати моніторингу безпеки у приміщенні

З рисунку видно, що сервер успішно отримав моніторингові дані від усіх давачів IoT модуля моніторингу безпеки приміщень. Давач диму зафіксував значення параметру Smoke Room A1, що становить 822 одиниці та свідчить про високий рівень задимлення у приміщенні A1. Давач звуку виявив зміну рівня звуку в приміщенні, про що свідчить значення параметра Sound Room A1, що становить 562 одиниці. Давач руху виявив рухову активність у приміщенні, що відображено зеленим індикатором у параметрі Motion Room A1. Двері та вікно приміщення є закритими, про що свідчать червоні індикатори у параметрах Door A1 та Window A1. Давач диму, що розташований у коридорі, зафіксував рівень задимлення, що становить 48 одиниць та відповідає нормальним умовам стану пожежної безпеки.

Висновки

Проаналізовано можливості поєднання технологій IoT та комп'ютерних мереж, що показало актуальність проектування модулів безпеки приміщень для своєчасного виявлення задимлення, руху та зміни рівня звуку.

Розроблено модуль моніторингу безпеки приміщень на базі мікроконтролера ESP32-WROOM-32D з мережним інтерфейсом Ethernet, який призначений для інтеграції у IoT систему контролю доступу та моніторингу безпеки приміщень. Запропоновано схему розміщення датчиків з впровадженням окремого датчика диму для виявлення загроз за межами окремого приміщення.

Розроблено схему електричну принципову модуля, яка може використовуватись при побудові розподілених систем моніторингу безпеки з довільною конфігурацією датчиків для приміщень різного призначення.

Проведене тестування працездатності розробленого модуля підтвердило правильність взаємодії датчиків диму, звуку та руху з мікроконтролером, надійність передавання повідомлень про загрози через мережну інфраструктуру та відображення параметрів стану безпеки приміщення на сервері у режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Комп'ютерні мережі : підручник / Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В. та ін. — Вінниця : ВНТУ, 2020. — 378 с.
2. Захарченко С. М., Трояновська Т. І., Бойко О. В. Основи побудови захищених мереж на базі обладнання компанії Cisco : навчальний посібник. — Вінниця : ВНТУ, 2017. — 135 с.
3. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей : навчальний посібник — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 271 с.
4. ESP32-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U Espressif Systems. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf (дата звернення 10.05.2026).
5. Cisco Packet Tracer. Cisco Networking Academy. URL: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer> (дата звернення 10.05.2026).

Ковалик Андрій Анатолійович — студент групи ІСП-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andriykovalik@gmail.com

Войцеховська Олена Валеріївна — кандидат технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Kovalyk Andriy Anatoliyovich — student of group 1SP-22b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andriykovalik@gmail.com

Voitsekhovska Olena Valeriivna – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.