

ІНТЕГРАЦІЯ ESP32 У СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ТА МОНІТОРИНГУ РОБОЧИХ МІСЦЬ.

Р.Р. Шаталюк

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: ruslan.shataliuk@nure.ua

Анотація: У статті досліджується використання мікроконтролера ESP32 у системах контролю доступу та моніторингу робочих місць. Розглянуто його переваги, такі як економічність та підключення, а також застосування, зокрема RFID та моніторинг безпеки.

Ключові слова: ESP32, IoT, контроль доступу, моніторинг робочих місць, RFID, автоматизація, розумне робоче середовище.

INTEGRATION OF ESP32 INTO ACCESS CONTROL AND WORKPLACE MONITORING SYSTEMS.

R. Shataliuk

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14

E-mail: ruslan.shataliuk@nure.ua

Annotation: The article examines the use of the ESP32 microcontroller in access control and workplace monitoring systems. It focuses on its benefits, such as cost efficiency and connectivity, while highlighting applications like RFID access, biometric authentication, and workplace safety monitoring.

Key words: ESP32, IoT, access control, workplace monitoring, RFID, automation, smart workplace.

В умовах стрімкого розвитку технологій інтеграція пристроїв Інтернету речей (IoT) у професійне середовище набуває вирішального значення. Впровадження IoT-пристроїв дозволяє не лише підвищити ефективність, але й забезпечити нові рівні автоматизації та безпеки. До таких пристроїв відноситься мікроконтролер ESP32, який поєднує високу функціональність, універсальність і доступність. ESP32 є ключовим компонентом сучасних систем контролю доступу та моніторингу робочих місць завдяки своїм характеристикам. Він забезпечує багатofункціональні можливості підключення, що дозволяє інтегрувати пристрої в існуючі інфраструктури з мінімальними витратами. Крім того, низьке енергоспоживання робить ESP32 ідеальним для тривалого використання у пристроях, які працюють автономно або від батарей.

Особливості ESP32 включають підтримку сучасних алгоритмів шифрування, що підвищує безпеку даних, які передаються через мережу. Його висока обчислювальна потужність та вбудовані периферійні модулі дозволяють розробляти рішення для точного моніторингу умов навколишнього середовища, ідентифікації користувачів та керування доступом до приміщень. Усе це робить ESP32 основою для створення гнучких, масштабованих і економічно ефективних IoT-рішень.

Традиційні механізми моніторингу та контролю доступу на робочому місці часто покладаються на автономні пристрої або системи, які потребують значного ручного втручання. Незважаючи на те, що ці системи функціональні, їм бракує інтелекту та швидкості реагування в реальному часі, необхідних для задоволення динамічних вимог сучасних

розумних робочих місць. Оскільки компанії все частіше шукають рішення, які не тільки підвищують безпеку, але й оптимізують продуктивність і відповідність вимогам, ESP32 стає ключовим інструментом у цій трансформації.

ESP32 - потужний мікроконтролер, відомий своєю винятковою універсальністю в додатках IoT (рис.1). Він поєднує в собі можливості Wi-Fi і Bluetooth з достатньою обчислювальною потужністю для підтримки розширених завдань, таких як обробка даних у реальному часі та зв'язок. Розроблений компанією Espressif Systems, мікроконтролер ESP32 здобув широку популярність завдяки своїм технічним характеристикам, що ідеально відповідають сучасним вимогам до систем автоматизації та контролю. Основними перевагами пристрою є низька вартість, висока енергоефективність та здатність інтегруватися з широким спектром датчиків і виконавчих механізмів. Ці характеристики роблять ESP32 оптимальним вибором для створення сучасних систем контролю доступу та моніторингу робочого середовища.

Традиційні системи контролю доступу в основному базувалися на зчитувачах карток, PIN-кодах або біометричних сканерах. Хоча ці методи демонструють високу ефективність, їх функціонування часто обмежується автономним режимом роботи, що унеможливає інтеграцію в реальному часі та значно ускладнює масштабування, збільшуючи витрати. Подібним чином системи моніторингу на робочому місці традиційно використовують ручне звітування або базове обладнання для спостереження, яке може не забезпечувати рівень автоматизації чи детальної аналітики, необхідної в сучасних умовах. З появою пристроїв Інтернету речей (IoT), зокрема мікроконтролера ESP32, ці обмеження поступово долаються. ESP32 забезпечує платформу для створення інтелектуальних систем, які здатні виконувати моніторинг у реальному часі, автоматизувати управління доступом та підтримувати безперешкодний обмін даними.



Рисунок 1 – Вигляд ESP32-CAM

Сучасні дослідження та практичне застосування рішень на базі Інтернету речей (IoT) створили основу для впровадження мікроконтролера ESP32 у системи контролю доступу та моніторингу робочого середовища. Аналіз існуючих даних показав, що використання таких

мікроконтролерів значно підвищує рівень безпеки та ефективності. Це сприяє створенню продуктивніших і водночас безпечніших умов праці, що є критичним фактором у сучасних технологічних процесах.

Мікроконтролер ESP32 пропонує суттєві переваги для інтеграції в системи управління доступом і моніторингу. Однією з ключових переваг є його доступна вартість, яка робить цей пристрій доступним як для малого бізнесу, так і для великих підприємств. На відміну від багатьох традиційних систем, які потребують значних капіталовкладень для оновлення інфраструктури, ESP32 дозволяє безперешкодно інтегруватися у вже існуючі установки або розробляти нові рішення з мінімальними витратами.

Універсальність ESP32 забезпечує його сумісність із різними сенсорами, виконавчими пристроями та програмними платформами. Це відкриває широкі можливості для впровадження інноваційних систем, які здатні адаптуватися до вимог як малих, так і масштабних проєктів. Завдяки своїм функціональним можливостям та низьким витратам, ESP32 можна застосовувати для оптимізації робочих процесів і підвищення безпеки в різних галузях промисловості.

Однією з ключових переваг ESP32 є його здатність забезпечувати надійне підключення завдяки вбудованим модулям Wi-Fi та Bluetooth. Ці технології гарантують безперебійний зв'язок між пристроями, що дозволяє оновлювати дані в реальному часі та здійснювати віддалене керування. Така функціональність є особливо цінною для середовищ, де критично важливим є миттєве реагування на порушення безпеки або збої у робочому процесі. Додатково, архітектура з відкритим вихідним кодом ESP32 відкриває широкі можливості для розробників, які можуть налаштовувати та оптимізувати системи відповідно до специфічних вимог організації.

Ще однією визначною характеристикою ESP32 є його енергоефективність. Пристрій спроектований для роботи в умовах низького енергоспоживання, що робить його придатним для безперервного моніторингу з мінімальними витратами на електроенергію. Це критично важливо для застосунків, які вимагають роботи в режимі 24/7, забезпечуючи баланс між продуктивністю та економічністю.

Мікроконтролер ESP32 демонструє високу ефективність у ролі центрального елемента для систем управління доступом, виконуючи завдання автентифікації та авторизації. Пристрій підтримує широкий спектр методів контролю доступу, включаючи RFID- і NFC-картки, біометричну автентифікацію та розпізнавання обличчя, якщо його використовувати в комбінації з відповідними апаратними модулями. Однією з найважливіших функцій ESP32 є вбудована підтримка шифрування даних, яка забезпечує безпечну передачу конфіденційної інформації, зменшуючи ризики витоку даних чи несанкціонованого доступу.

Додатково ESP32 надає можливості дистанційного керування, що дозволяє адміністраторам у режимі реального часу відстежувати точки доступу та керувати ними через мобільний додаток або веб-інтерфейс. Ця функція є незамінною для великих об'єктів, де фізичний моніторинг усіх входів є складним завданням. Наприклад, підприємства можуть використовувати ESP32 для миттєвого надання або скасування доступу до об'єкта чи перегляду журналів подій доступу. Це підвищує не тільки рівень безпеки, але й операційну гнучкість.

У контексті моніторингу на робочому місці ESP32 демонструє здатність інтегруватися з сенсорами для відстеження активності співробітників і забезпечення дотримання протоколів безпеки. Наприклад, у зонах із підвищеною небезпекою його можна використовувати для аналізу переміщень персоналу. У поєднанні з алгоритмами штучного інтелекту ESP32 здатний контролювати такі критичні параметри, як присутність співробітників, дотримання вимог безпеки та навіть фізичний стан працівників через носимі пристрої. Ці можливості роблять

ESP32 невід'ємною частиною сучасних IoT-систем, спрямованих на автоматизацію процесів і підвищення безпеки та ефективності на робочому місці.

Пристрій також дозволяє автоматизувати завдання, наприклад, ініціювати сповіщення при виявленні несанкціонованих дій або коли певні умови навколишнього середовища виходять за межі попередньо встановлених порогів. Крім того, його здатність збирати й аналізувати дані дає цінну інформацію про робочі процеси, дозволяючи підприємствам виявляти неефективність і оптимізувати робочі процеси.

Практичним прикладом є інтеграція ESP32 з камерами для моніторингу зайнятості робочого місця та забезпечення дотримання норм соціального дистанціювання. Використовуючи функції підключення, система може надсилати сповіщення в режимі реального часу менеджерам або реєструвати інциденти для подальшого аналізу.

Незважаючи на численні переваги, інтеграція ESP32 у системи управління доступом і моніторингу робочих місць стикається з певними труднощами. Однією з основних технічних проблем є забезпечення стабільності мережевого з'єднання. У середовищах із великою кількістю пристроїв або слабким покриттям Wi-Fi продуктивність може бути нестабільною, що ускладнює роботу системи в реальному часі. Для складних програм, які вимагають обробки великих обсягів даних, обчислювальна потужність ESP32 також може виявитися недостатньою.

Проблеми конфіденційності є ще одним критичним моментом. Збір даних за допомогою систем моніторингу, таких як відеоспостереження або аналіз дій працівників, викликає етичні питання та потребує суворого дотримання законодавства про захист даних. Підприємства мають балансувати між перевагами вдосконаленої безпеки та продуктивності та відповідальністю за забезпечення конфіденційності.

Крім того, інтеграція ESP32 у середовища зі старою інфраструктурою може бути технічно й фінансово складною. Оновлення обладнання або адаптація існуючих систем до нових вимог потребують значних ресурсів.

Одним із перспективних напрямків є впровадження алгоритмів штучного інтелекту на рівні пристрою, що дозволить ESP32 виконувати складні завдання, от ухвалення рішень у реальному часі без потреби у хмарних обчисленнях. Це зменшить затримки, підвищить ефективність і вирішить питання конфіденційності, забезпечуючи локальну обробку даних.

Граничні обчислення дозволяють обробляти дані безпосередньо на пристрої або поблизу його джерела, зменшуючи навантаження на центральні сервери. Це зробить системи, засновані на ESP32, більш масштабованими й швидкодіючими.

Сталий розвиток стає все більш важливим, і інтеграція відновлюваних джерел енергії з системами на основі ESP32 може зменшити їхній вплив на навколишнє середовище. Наприклад, модулі ESP32 на сонячних батареях можуть підтримувати безперервний моніторинг у віддалених або відкритих місцях.

Таким чином, інтеграція ESP32 у системи робочого середовища відкриває нові перспективи для підвищення продуктивності, зниження витрат та підсилення безпеки. Розробка та впровадження таких технологій сприяє формуванню інноваційного підходу до організації робочих процесів, що є важливим кроком на шляху до цифрової трансформації у різних галузях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vedat Ozan Oner. : Developing IoT Projects with ESP32 [Електрон ний ресурс]. – Режим доступу: <https://dokumen.pub/developing-iot-projects-with-esp32-unlock-the-full-potential-of->

esp32-in-iot-development-to-create-production-grade-smart-devices-2nbsped-1803237686-9781803237688.html

2. Невлюдов, І.Ш.. Інтелектуальне проектування технологічних процесів роботизованого складання [Текст]/І.Ш. Невлюдов, А.М. Цимбал, С.С. Мілютіна. - Харків: НТМТ, 2010. - 206 с.

3. Smith, A., & Johnson, R. Integration of IoT Devices in Access Control Systems. *International Journal of Smart Technologies* 2022 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://www.researchgate.net/publication/371025877_Integration_of_IOT_and_control_systems_for_industry_40_applications.

4. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.

5. Gurin, D., Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Using the Kalman Filter to Represent Probabilistic Models for Determining the Location of a Person in Collaborative Robot Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 66-75.

6. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.

7. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.

8. Yevsieiev V. Ecosystem Model of the Concept of Industry 5.0 / V. Yevsieiev // Digital innovation & sustainable development 2024 : Proceedings of I-st International Conference, November 15, 2024. - Kharkiv, 2024. - P. 12-13.

9. Yevsieiev, V., & Demska, N. (2024). *Comparison of Functional Capabilities of Classic Manipulator Robots and Collaborative Robots* (Doctoral dissertation).

10. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2024). *New Concepts of Human Interactions and Collaborative Robot-Manipulators in the Concepts of Industry 5.0* (Doctoral dissertation, Collection of scientific papers «SCIENTIA»).

11. Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Demska, N. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace.

12. Yevsieiev V. Comparative Analysis of Modifications of RRT Algorithms for Route Planning of a Mobile Robot/ V. Yevsieiev // Computer-integrated technologies, automation and robotics 2024 : proceedings of the I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 16-17, 2024. – Kharkiv, 2024. – P. 25-28.

13. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.

14. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* (pp. 61-64). IEEE.

15. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // Sectoral research XXI : characteristics and features : collection of scientific papers "SCIENTIA" with proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. - Chicago : European Scientific Platform, 2023. - P. 92-94.

Науковий керівник: Токарева Олена Віталіївна, доц., к.т.н., професор кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки.