

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук та технологій  
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ  
РОБОЧОГО ЧАСУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТ-521  
спеціальності \_\_\_\_\_

123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) \_\_\_\_\_

«Комп'ютерна інженерія»

ПАЦУКОВ А.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КАСЬЯН К.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент СТЕПАНЕНКО О.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Комп'ютерних наук і технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»  
Ступінь вищої освіти бакалаврський  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерна інженерія  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри КУДЕРМЕТОВ Р.К.**

“ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

ПАЦУКОВА Андрія Ігоровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка комп'ютерної системи моніторингу робочого часу на базі мікроконтролера Arduino.

керівник проєкту (роботи) к. т. н., доцент, КАСЬЯН Костянтин Миколайович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “8” квітня 2025 року № 151

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі методи та алгоритми розробки систем моніторингу часу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз технічного завдання

Проектування системи

Розробка системи

Тестування системи обліку робочого часу

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайди презентації

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ        | ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                           |
|---------------|---|----------------|---------------------------|
|               |   | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1-4           | КАСЬЯН К.М., к.т.н., доцент               |                |                           |
| нормоконтроль | ПОЛЬСЬКА О.В., ст. викл.                  |                |                           |
|               |   |                |                           |
|               |   |                |                           |
|               |   |                |                           |
|               |   |                |                           |

7. Дата видачі завдання «14» квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                      | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1     | Ознайомлення з темою роботи, постановка мети та завдань, узгодження структури | до 18.04.2025                           |          |
| 2     | Аналіз існуючих систем моніторингу часу                                       | до 22.04.2025                           |          |
| 3     | Формування вимог до функціоналу та архітектури комп'ютерної системи           |   |          |
| 4     | Вибір мов програмування, бібліотек, фреймворків та інструментів розробки      | до 24.04.2025                           |          |
| 5     | Розробка комп'ютерної системи   | до 28.04.2025                           |          |
| 6     | Реалізація клієнтської частини: створення інтерфейсу користувача              | до 01.05.2025                           |          |
| 7     | Реалізація серверної частини: обробка запитів, робота з базою даних           | до 05.05.2025                           |          |
| 8     | Інтеграція компонентів системи, тестування взаємодії модулів                  | до 12.05.2025                           |          |
| 9     | Проведення функціонального тестування та дослідження продуктивності           |   |          |
| 10    | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу                        | до 22.05.2025                           |          |
| 11    | Підготовка до захисту: редагування роботи, написання доповіді                 | до 10.06.2025                           |          |

Студент (ка)

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Андрій ПАЦУКОВ**

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Костянтин КАСЬЯН**

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра:  
66 с., 4 табл., 18 рис., 15 джерел.

МОНІТОРИНГ РОБОЧОГО ЧАСУ, ARDUINO, WEMOS D1 R2, ВЕБ-СЕРВЕР, WI-FI.

Метою роботи є створити систему обліку та моніторингу присутності співробітників у робочому приміщенні з використанням технологій мікроконтролера Arduino та радіочастотної ідентифікації.

Розробка велась на базі Arduino з використанням середовища розробки Arduino IDE. Для написання програмного забезпечення були використані як стандартні бібліотеки, так і додаткові: Servo.h, ESP8266WiFi.h, MFRC522.h, SPI.h.

У першому розділі основної частини здійснено аналіз систем обліку робочого часу, розглянуто різновиди пристроїв і технологій дистанційного спостереження.

У другому розділі виконано вибір апаратної частини системи: мікроконтролера, RFID-ключа та зчитувача.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи моніторингу.

У четвертому розділі розглянуто тестування проєкту.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 6  |
| 1 Аналіз технічного завдання.....                                    | 8  |
| 1.1 Види пристроїв контролю .....                                    | 8  |
| 1.2 Обґрунтування вибору запірною пристрою .....                     | 13 |
| 1.3 Дистанційний моніторинг системи персоналізації.....              | 14 |
| 1.4 Види дистанційного моніторингу.....                              | 15 |
| 1.5 Висновки до розділу 1 .....                                      | 22 |
| 2 Проектування системи .....   | 23 |
| 2.1 Аналіз вимог до розробки системи моніторингу робочого часу ..... | 23 |
| 2.2 Вибір апаратної частини.....                                     | 25 |
| 2.3 RFID зчитувач.....   | 30 |
| 2.4 Керуючий пристрій .....  | 37 |
| 2.5 Висновки до розділу 2 .....                                      | 43 |
| 3 Розробка системи .....   | 44 |
| 3.1 Структура системи .....  | 44 |
| 3.2 Програмування в Arduino IDE .....                                | 47 |
| 3.3 Веб-сервер.....  | 51 |
| 3.4 База даних .....   | 53 |
| 3.4 Опис системи .....   | 54 |
| 3.5 Висновки до розділу 3 .....                                      | 57 |
| 4 Тестування системи обліку робочого часу .....                      | 58 |
| 4.1 Мета тестування .....  | 58 |
| 4.2 Методика тестування .....  | 59 |
| 4.3 Проведення тестування.....                                       | 60 |
| 4.4 Висновки до розділу 4 .....                                      | 62 |
| Висновки .....   | 64 |
| Перелік джерел посилання .....                                       | 65 |

## ВСТУП

Історично контроль робочого часу працівників завжди був важливою складовою ефективного управління персоналом. Ще у період становлення індустріального суспільства, в середині XIX століття, на великих заводах почали з'являтися перші механічні пристрої для фіксації часу приходу та відходу робітників. З розвитком технологій механічні прилади поступилися місцем електронним, а згодом — комп'ютеризованим системам обліку. У XXI столітті автоматизований контроль робочого часу став ключовим елементом у діяльності як великих корпорацій, так і малих підприємств.

Сьогодні, в умовах цифрової трансформації, зростає потреба в недорогих, адаптивних та простих у використанні рішеннях для обліку часу перебування співробітників на робочому місці. Особливо це актуально для невеликих організацій, навчальних установ, лабораторій, а також стартапів, де питання оптимізації ресурсів має вирішальне значення. У таких умовах виникає необхідність у створенні простої, але надійної системи, яка дозволяє автоматизовано реєструвати присутність людей у певному приміщенні, вести облік часу входу/виходу та забезпечувати базову безпеку доступу.

Одним із сучасних підходів до реалізації таких рішень є використання мікроконтролерів, зокрема Arduino, які дозволяють побудувати функціональну систему на базі недорогих компонентів. У поєднанні з RFID-технологією (радіочастотною ідентифікацією) та бездротовим зв'язком через Wi-Fi, система набуває гнучкості, масштабованості й зручності у використанні.

Актуальність теми полягає у необхідності створення компактною комп'ютерної системи моніторингу робочого часу, яка є доступною за ціною, простою в реалізації та налаштуванні, й при цьому здатна забезпечити точний облік подій. Особливої важливості ця тема набуває у зв'язку з переходом до гнучких форм праці, зростанням кількості фрилансерів, дистанційних працівників та гібридного формату роботи.

Мета роботи полягає у створенні системи, що дозволяє автоматично фіксувати час початку і завершення робочого дня працівників, зберігати ці дані у зручному форматі та забезпечувати доступ до них через локальну або хмарну мережу.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу присутності працівників.

Предметом дослідження виступає програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи обліку робочого часу на базі Arduino з використанням RFID-технологій та Wi-Fi-з'єднання.

Для досягнення мети в роботі треба вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі системи контролю доступу та обліку часу;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи та ідентифікаційної технології;
- розробити схему підключення компонентів системи: контролера, RFID-зчитувача, сервоприводу;
- реалізувати програмне забезпечення для Arduino з урахуванням взаємодії з веб-сервером;
- створити веб-інтерфейс для перегляду та обробки даних про присутність;
- провести моделювання та тестування роботи системи.

.

## 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Види пристроїв контролю

У сучасному світі контроль доступу до приміщень є ключовим компонентом для організації ефективного моніторингу робочого часу. Історично перші пристрої доступу мали механічну природу, однак поступово були витіснені більш надійними та функціональними електронними рішеннями. Механічні замки, хоч і використовуються дотепер, не забезпечують можливості фіксації часу входу або виходу, що обмежує їхню ефективність у рамках автоматизованих систем обліку. Еволюція у сфері пристроїв обмеженого доступу привела до появи сучасних електронних замків, які можуть використовуватися як окремо, так і в складі систем реєстрації присутності.

Серед сучасних завірних механізмів виділяють кілька основних типів, що знайшли застосування в системах контролю часу: кодові замки, замки з електронною картою та біометричні замки. Кодові замки функціонують на основі введення цифрової комбінації на клавіатурі, яка зберігається у вбудованій пам'яті пристрою. Їх перевага полягає у відсутності фізичного ключа, проте є значний ризик компрометації коду або його втрати. При зміні працівників або структури доступу в організації може виникнути потреба у щоденній зміні комбінацій, що ускладнює адміністрування.

Більш зручними в контексті автоматизації є замки з електронними картами, зокрема ті, що працюють за технологією RFID. Вони дозволяють ідентифікувати користувача за унікальним номером мітки, що значно спрощує реєстрацію подій. При втраті картки можна легко видалити з бази даних, не змінюючи конфігурацію всього пристрою. Додатковою перевагою є можливість інтеграції з програмними засобами для формування звітів по часу доступу.

Біометричні замки, що базуються на відбитках пальців, райдужній оболонці ока чи інших унікальних характеристиках людини, мають найвищий рівень захисту. Вони забезпечують майже стовідсоткову точність ідентифікації та

унеможлижують передачу доступу іншій особі. Проте їх застосування у бюджетних або мобільних рішеннях обмежене високою вартістю та складністю в налаштуванні.

На рис. 1.1 показано основні типи електронних запірних пристроїв, які застосовуються в сучасних системах контролю доступу та обліку робочого часу.



Рисунок 1.1 – Типи сучасних запірних пристроїв у системах контролю доступу

### 1.1.1 Кодовий замок

Одним із найпростіших варіантів контролю доступу до приміщення з метою реєстрації часу перебування є кодовий замок. Цей тип пристрою відкривається шляхом введення числової комбінації на клавіатурі, яка зберігається у пам'яті контролера. Його основною перевагою є відсутність фізичного носія, що виключає необхідність видачі та заміни карток або жетонів. Для працівника достатньо знати правильну послідовність цифр, щоб отримати доступ до приміщення.

Система з кодовим замком дозволяє швидко змінювати комбінацію в разі потреби, наприклад, у випадку зміни складу персоналу або виявлення витoku інформації. У той же час, такий тип ідентифікації не дозволяє з високою точністю визначити, хто саме здійснив вхід, адже кілька людей можуть знати один і той самий код. Це обмежує функціональність системи в контексті індивідуального

обліку робочого часу, адже відсутня можливість фіксації конкретної особи, яка здійснила вхід чи вихід.

Кодовий замок не дозволяє уникнути таких типових проблем, як забування коду користувачем, спроби підглядання під час введення або використання простих комбінацій, які легко підібрати. Крім того, у випадках, коли доступ до приміщення має велика кількість осіб, підтримання конфіденційності коду стає практично неможливим. У зв'язку з цим, хоча кодові замки можуть використовуватися як допоміжний або резервний засіб контролю, у системах моніторингу робочого часу доцільніше застосовувати індивідуальні ідентифікатори, зокрема RFID-картки, які забезпечують точну прив'язку події до конкретної особи.

### **1.1.2 Електронний замок з картою**

Сучасним та зручним рішенням для організації обліку робочого часу є використання електронного замка, що відкривається за допомогою картки або безконтактного RFID-брелока. Така система дозволяє здійснювати персональну ідентифікацію кожного користувача завдяки унікальному коду, що зберігається в пам'яті карти. Входячи до приміщення, співробітник підносить картку до зчитувача, після чого система реєструє його ідентифікатор, а також фіксує точний час входу. При виході з приміщення процедура повторюється, що дозволяє вести повноцінний облік тривалості перебування.

Застосування карткових систем забезпечує високу швидкість авторизації, зручність у використанні та гнучкість у адмініструванні. У випадку звільнення працівника або втрати картки її можна швидко заблокувати, не змінюючи конфігурації всієї системи. Крім того, можливість прив'язки кількох карт до одного користувача або, навпаки, використання однієї картки для доступу до різних зон дає змогу ефективно налаштовувати політику доступу на підприємстві.

Важливою перевагою таких замків є сумісність з мікроконтролерними платформами, зокрема Arduino, які легко інтегруються із зчитувачами типу RC522. Це дозволяє створити автономну систему без постійної прив'язки до комп'ютера або серверного обладнання. У середовищі Arduino IDE існує готові

бібліотеки для роботи з RFID-зчитувачами, що значно спрощує програмування та скорочує час розробки.

Найбільш суттєвим недоліком цієї технології є ризик втрати або крадіжки картки. Однак у випадку використання системи з централізованою базою даних така ситуація легко контролюється: адміністратор може в будь-який момент видалити втрачену карту зі списку дозволених, запобігаючи її несанкціонованому використанню. Окрему увагу також потрібно приділити захисту від несанкціонованого копіювання міток, використовуючи картки з сучасним криптографічним захистом.

У системі моніторингу робочого часу електронні замки з картами демонструють високу ефективність завдяки своїй здатності забезпечити як ідентифікацію, так і облік подій у зручному для аналізу форматі. У майбутньому їх можливо інтегрувати з іншими цифровими сервісами, наприклад, системами управління персоналом або хмарними сервісами звітності.

### **1.1.3 Біометрична аутентифікація**

Серед сучасних методів ідентифікації особливої уваги заслуговує біометрична аутентифікація, яка ґрунтується на аналізі фізіологічних або поведінкових характеристик людини. Такі системи передбачають використання унікальних параметрів, як-от відбитки пальців, малюнок райдужної оболонки ока, структура обличчя, голос, геометрія руки або навіть індивідуальний стиль почерку. Застосування біометричних методів у контексті моніторингу робочого часу дозволяє досягти майже абсолютної точності в ідентифікації особи, що входить до приміщення, усуваючи ризик передачі ідентифікатора третім особам або його втрати.

Біометричні системи можуть функціонувати як автономно, так і в складі складніших інформаційно-аналітичних комплексів. У разі фіксації часу приходу та виходу співробітника біометричний сканер забезпечує точне співвіднесення події з конкретною людиною. Таке рішення вигідно вирізняється на фоні інших за ступенем захисту від несанкціонованого доступу. У країнах Європи та Північної Америки подібні технології активно застосовуються в комерційних структурах,

державних установах, банківській сфері, а також на об'єктах з підвищеним рівнем безпеки.

Проте впровадження біометричних систем у побутову або офісну практику стикається з рядом труднощів. Насамперед це висока вартість компонентів, яка в кілька разів перевищує вартість систем на основі RFID або кодових пристроїв. Крім того, процес реєстрації нових користувачів потребує спеціального обладнання та відповідної технічної підготовки персоналу. Також існує залежність якості ідентифікації від зовнішніх факторів — ушкоджень шкіри, вікових змін, вологості, забруднень, що може спричинити помилки під час сканування.

Певні загрози становлять і питання безпеки зберігання біометричних даних. Якщо у випадку втрати картки або коду досить змінити сам носій або комбінацію, то у разі компрометації біометричних характеристик виправити ситуацію практично неможливо, оскільки змінити відбиток пальця або структуру райдужної оболонки ока не так просто. Це викликає необхідність реалізації додаткових протоколів захисту та використання криптографічних методів шифрування шаблонів.

У проєктах на кшталт системи обліку робочого часу на базі Arduino, де ключовими вимогами є доступність, простота реалізації та невеликий бюджет, застосування біометричних сканерів не завжди доцільне. Проте перспективи їх використання в майбутньому залишаються актуальними, зокрема в поєднанні з RFID або мобільними додатками як компонентів мультифакторної аутентифікації.

У контексті проєкту розробки системи моніторингу присутності співробітників було обрано варіант електронного замка з використанням RFID-карт. Такий підхід забезпечує оптимальне співвідношення між вартістю, надійністю і простотою впровадження. Крім того, система дозволяє адаптуватися до змін у структурі персоналу, що є важливим для динамічних середовищ, таких як офіси, лабораторії або навчальні кабінети.

## 1.2 Обґрунтування вибору запірною пристрою

У процесі проектування системи моніторингу робочого часу ключовим завданням стало визначення типу запірною пристрою, який би не лише обмежував доступ до приміщення, але й забезпечував точну ідентифікацію кожного користувача з можливістю фіксації часу його входу та виходу. Враховуючи, що така система має використовуватися в умовах з великою кількістю потенційних користувачів, важливим стало забезпечення балансу між безпекою, зручністю, гнучкістю адміністрування та вартістю реалізації.

Використання кодових замків у цьому випадку не є оптимальним рішенням. За великої кількості працівників підтримувати конфіденційність коду стає вкрай складно. Поширення пароля серед користувачів фактично унеможливорює персоніфікований облік, адже система не здатна визначити, хто саме скористався кодом. Крім того, у разі втрати або витоку коду виникає потреба його зміни для всієї групи, що ускладнює адміністрування й може викликати затримки у роботі.

Біометричні замки теоретично дають можливість досягнути найвищого рівня безпеки, оскільки доступ до приміщення надається виключно при виявленні унікальних біометричних даних. Проте їх вартість суттєво перевищує доступні для проекту бюджети. Додаткові труднощі виникають у процесі збору біометричних шаблонів, налаштування бази даних та подальшої підтримки системи. У разі значної кількості користувачів ускладнюється процедура управління базою біометричних ознак, а також зростає відповідальність за збереження чутливої інформації. Технічні умови експлуатації, зокрема вплив навколишнього середовища, також можуть негативно впливати на стабільність роботи таких пристроїв.

З огляду на зазначене, найоптимальнішим варіантом у межах даного проекту є використання електронного замка з RFID-картою. Цей варіант забезпечує необхідну індивідуалізацію, дозволяє вести персональний облік подій входу/виходу, легко масштабується у разі збільшення кількості користувачів та

має відносно невисоку вартість. Крім того, адміністратор системи має змогу оперативно додавати або блокувати картки без потреби фізичного втручання в конструкцію замка. Реалізація на основі популярного зчитувача RC522 у поєднанні з мікроконтролером Arduino дозволяє легко адаптувати систему під конкретні умови експлуатації, а також інтегрувати її з веб-інтерфейсом для перегляду історії відвідувань.

Таким чином, вибір технології RFID як основи для контролю доступу та фіксації часу присутності в приміщенні обґрунтований вимогами до вартості, простоти налаштування, масштабованості та забезпечення базового рівня безпеки в автоматизованій системі моніторингу робочого часу.

### **1.3 Дистанційний моніторинг системи персоналізації**

Сучасні інформаційні технології відкривають широкі можливості для реалізації систем, що дозволяють відстежувати робочі процеси без необхідності безпосередньої фізичної присутності адміністратора. Дистанційний моніторинг — це процес передачі інформації про стан об'єкта або події на віддалену точку спостереження. У контексті обліку робочого часу він дає змогу фіксувати моменти входу та виходу працівників, вести історію подій та забезпечувати швидкий доступ до цих даних через локальну мережу або інтернет.

Однією з ключових переваг дистанційного моніторингу є зручність адміністрування системи в режимі реального часу. У разі виявлення порушень або виникнення позаштатної ситуації, відповідальна особа може негайно отримати інформацію про останні дії користувачів. У випадках, коли доступ до приміщення дозволено лише певним особам, система дозволяє контролювати, хто саме й коли скористався своїм правом входу. Це значно підвищує рівень дисципліни та відповідальності працівників.

Автоматизовані рішення на основі Arduino та RFID-зчитувачів забезпечують можливість відправки даних на сервер або в локальну базу без потреби постійного підключення до комп'ютера. Наприклад, використання модуля Wemos D1 R2 з підтримкою Wi-Fi дозволяє бездротово передавати зчитану інформацію до веб-інтерфейсу або мобільного додатка, що значно розширює можливості використання системи. Такі рішення зручно впроваджувати в офісах, лабораторіях, навчальних закладах або інших організаціях, де важливо оперативно реагувати на присутність або відсутність персоналу.

Дистанційний контроль присутності також є запорукою безпеки. У разі виникнення надзвичайних ситуацій — пожежі, аварії або проникнення сторонніх осіб — система фіксує всі події та дозволяє визначити, хто перебував у приміщенні в той чи інший момент. Це значно полегшує розслідування інцидентів і сприяє загальному підвищенню безпеки.

Сучасні технології дають змогу реалізувати функцію дистанційного моніторингу навіть у побутових умовах при мінімальних фінансових витратах. Arduino-сумісні модулі зв'язку, такі як ESP8266, підтримують протоколи передачі даних через Wi-Fi, що дозволяє інтегрувати систему в наявну інфраструктуру підприємства. Таким чином, дистанційний моніторинг робочого часу є важливою складовою ефективного управління ресурсами та забезпечення дисципліни в організації.

#### **1.4 Види дистанційного моніторингу**

Реалізація функції дистанційного моніторингу в системі обліку робочого часу потребує вибору способу передачі даних від точки фіксації події до пристрою обробки або збереження інформації. Сучасні технології передбачають використання кількох основних каналів зв'язку, що дають змогу здійснювати

спостереження за подіями на відстані. Вибір конкретної технології залежить від цілей проєкту, технічних умов експлуатації та наявних ресурсів.

Існують різні методи бездротової та дротової передачі даних, кожен з яких має свої переваги та обмеження. Серед основних напрямів можна виділити Ethernet, інфрачервоний канал, Bluetooth та Wi-Fi. Кожна з цих технологій дозволяє створити стабільний канал обміну даними між системою збору інформації та користувачем або сервером.

Передача даних за допомогою Ethernet передбачає дротове підключення до локальної мережі. Такий варіант є стабільним і дозволяє передавати великі обсяги інформації з високою швидкістю, але водночас вимагає прокладання кабелів і наявності мережевого обладнання, що обмежує мобільність системи. Інфрачервоний канал застосовується рідко, оскільки має значні обмеження щодо дальності дії та необхідності прямої видимості між передавачем і приймачем. Його ефективність суттєво знижується при наявності перешкод або забруднення сенсорів.

Bluetooth — це популярна технологія передачі даних на короткі відстані, що часто використовується для створення персональних мереж між пристроями. Вона не вимагає значної інфраструктури, підтримується більшістю сучасних мікроконтролерів і модулів, однак має обмежену дальність дії — до 10–100 метрів залежно від типу модуля та умов середовища. До її переваг можна віднести простоту інтеграції та економне енергоспоживання, що важливо при створенні автономних систем.

Найбільш універсальним рішенням у межах проєкту моніторингу робочого часу є передача даних через Wi-Fi. Ця технологія забезпечує надійне з'єднання в межах приміщення, не потребує прокладання кабелів, дозволяє підключатися до локальних або хмарних серверів, а також легко масштабується для обслуговування великої кількості пристроїв. Більшість сучасних модулів, сумісних з Arduino, зокрема Wemos D1 R2, містять вбудовані засоби для організації Wi-Fi-зв'язку, що значно спрощує реалізацію проєкту.

Таким чином, вибір технології передачі даних для дистанційного моніторингу повинен ґрунтуватися на аналізі таких параметрів, як дальність зв'язку, наявна інфраструктура, вартість реалізації, сумісність з апаратною частиною системи та потреби користувачів. У розроблюваній системі для передачі даних було обрано Wi-Fi як найбільш гнучке, доступне та стабільне рішення, що дозволяє реалізувати повноцінний дистанційний контроль обліку робочого часу.

#### **1.4.1 Технологія Ethernet**

Одним із перших і найнадійніших засобів передавання даних у локальних мережах є технологія Ethernet. Вона передбачає фізичне підключення пристроїв до локальної обчислювальної мережі за допомогою кабелю типу «вита пара». Ця технологія забезпечує високу швидкість обміну даними, мінімальні затримки та стабільне з'єднання, що є важливим фактором у системах, де критичною є безперебійність і точність передавання інформації.

У контексті побудови системи моніторингу робочого часу Ethernet може використовуватись для підключення зчитувального пристрою або контролера до локального сервера, який обробляє вхідні запити, зберігає результати та надає доступ до звітності. Такий варіант реалізації має сенс у випадках, коли приміщення вже обладнане мережевою інфраструктурою, а система має бути інтегрована у внутрішню корпоративну мережу без доступу до Інтернету. У таких умовах Ethernet дозволяє гарантувати безпеку даних завдяки фізичній ізоляції від зовнішніх джерел і простому керуванню доступом.

З технічної точки зору, для підключення Arduino до мережі Ethernet найчастіше використовується додатковий модуль, наприклад ENC28J60 або W5100, що забезпечує відповідні інтерфейси. Ці модулі мають підтримку популярних бібліотек Arduino, що дозволяє налаштувати передачу даних до локального веб-сервера, організувати обробку запитів GET або POST та зберігати лог подій на пристрої або у віддаленій базі даних.

Незважаючи на високу стабільність з'єднання, технологія Ethernet має певні недоліки у порівнянні з бездротовими рішеннями. Перш за все, це обмеження у

мобільності пристроїв, необхідність прокладання кабелів, що не завжди зручно або можливо в умовах, де потрібно забезпечити вільне переміщення обладнання або швидко його перевстановлення. Додаткові витрати на мережеву інфраструктуру та підключення також можуть бути критичними для проєктів з обмеженим бюджетом.

У випадку розробки мобільної або компактної системи, призначеної для встановлення в умовах без постійного доступу до інфраструктури, Ethernet поступається Wi-Fi. Саме тому в проєкті системи моніторингу робочого часу на базі Arduino було прийнято рішення на користь бездротового зв'язку, зберігаючи при цьому розуміння переваг Ethernet для стаціонарних об'єктів з високими вимогами до безпеки та стабільності з'єднання.

#### **1.4.2 Інфрачервоний канал**

Інфрачервоний (ІЧ) канал передачі даних базується на використанні інфрачервоного випромінювання в оптичному діапазоні спектра. Ця технологія широко застосовувалася на початкових етапах розвитку бездротових рішень, зокрема для передачі даних між мобільними телефонами, пультами дистанційного керування, а також деякими типами сенсорних пристроїв. В основі роботи інфрачервоного каналу лежить принцип прямої видимості між передавачем та приймачем, що суттєво обмежує його використання в динамічних або складних просторових умовах.

У сфері побудови систем моніторингу робочого часу ІЧ-канал практично не застосовується через низьку надійність зв'язку при наявності перешкод. Для передачі даних необхідне точне орієнтування одного пристрою на інший, оскільки будь-яке перекриття каналу або зміна кута спрямування призводить до втрати сигналу. Це унеможливає безперебійну реєстрацію подій у реальному часі, особливо коли мова йде про ідентифікацію співробітників у проходах або на входах, де траєкторія їхнього руху не може бути жорстко зафіксована.

Додатково, інфрачервоні пристрої мають обмежену дальність дії, яка рідко перевищує 1–2 метри. Для забезпечення надійного зчитування необхідно встановлювати пристрої в зоні прямого доступу, що не завжди зручно і порушує

ергономіку системи. У випадках, коли від користувача очікується швидке проходження через точку контролю, затримки при позиціонуванні пристроїв негативно впливають на загальну ефективність.

З технічної точки зору, мікроконтролер Arduino може бути інтегрований з інфрачервоним передавачем і приймачем, проте потребує розробки власного протоколу обміну даними або адаптації вже існуючих. ІЧ-модулі відрізняються невеликою вартістю та споживають мало енергії, що робить їх придатними для деяких побутових або навчальних проєктів. Проте через низьку стійкість до зовнішніх чинників, таких як денне світло або температурні коливання, вони не забезпечують стабільної роботи в промислових або офісних умовах.

У межах системи автоматизованого моніторингу робочого часу використання інфрачервоного каналу визнано недоцільним через функціональні обмеження, чутливість до перешкод та неможливість ефективного масштабування. Його переваги — низька вартість і простота реалізації — не компенсують нестачі надійності, яка критично важлива для обліку присутності працівників.

#### **1.4.3 Технологія Bluetooth**

Bluetooth є однією з найпоширеніших технологій бездротового зв'язку ближнього радіусу дії, яка активно використовується у побутових пристроях, медичних системах, периферійних модулях комп'ютерів і, зокрема, в проєктах на базі мікроконтролерів. Суть цієї технології полягає у встановленні стійкого з'єднання між двома або більше пристроями, що знаходяться на відстані до 10–100 метрів залежно від класу передавача. Завдяки невисокому енергоспоживанню та простоті інтеграції Bluetooth набув значного поширення у сфері побудови автономних систем з обмеженим ресурсом живлення.

У контексті автоматизованої системи обліку робочого часу Bluetooth може бути використаний як канал для передавання зчитаної інформації про ідентифікацію користувача на мобільній пристрій або ПК адміністратора. Такий підхід забезпечує персональну фіксацію подій без потреби в наявності повноцінної мережевої інфраструктури. Мікроконтролери на зразок Arduino

сумісні з модулем HC-05 або HC-06, які дозволяють налаштувати серійний зв'язок між пристроями та передавати текстові дані у простому форматі.

Перевагою Bluetooth-технології є можливість створення тимчасових, гнучких з'єднань, які не потребують складної конфігурації або спеціального програмного забезпечення на рівні користувача. Це дозволяє застосовувати її в тимчасових рішеннях, мобільних точках обліку або в умовах обмеженого доступу до Wi-Fi-мережі. Зручність полягає також у тому, що більшість сучасних мобільних пристроїв вже мають вбудовані модулі Bluetooth, що спрощує обробку отриманих даних через додатки або браузер на телефоні.

Проте, ця технологія має низку обмежень, які впливають на її застосування в масштабованих або постійно діючих системах. Насамперед це обмежена дальність дії та нестабільність сигналу у приміщеннях з великою кількістю перешкод або пристроїв, що працюють на схожих частотах. Крім того, Bluetooth не забезпечує прямої підтримки підключення до Інтернету або хмарного сервісу без додаткових програмних рішень на стороні приймача. Це створює додаткове навантаження на користувача та ускладнює реалізацію централізованого контролю за даними.

У межах розроблюваної системи моніторингу робочого часу Bluetooth може бути доцільним для прототипування або тестування, але для стабільної щоденної експлуатації з великою кількістю точок реєстрації перевагу було надано Wi-Fi-з'єднанню як більш надійному, масштабованому і придатному для організації безперервного зв'язку між пристроєм збору інформації та веб-інтерфейсом адміністратора.

#### **1.4.4 Технологія Wi-Fi**

Wi-Fi є однією з найпоширеніших і найзручніших технологій бездротової передачі даних, яка забезпечує високошвидкісне з'єднання пристроїв у локальній мережі та надає доступ до Інтернету. Ця технологія базується на стандартах IEEE 802.11 і функціонує в діапазонах частот 2.4 ГГц та 5 ГГц, що дозволяє передавати великі обсяги інформації на відстані до сотень метрів у межах будівель. Завдяки широкій зоні покриття, високій швидкості обміну та підтримці численних

одночасних з'єднань, Wi-Fi є ідеальним рішенням для створення автоматизованих систем моніторингу присутності співробітників.

У системі обліку робочого часу Wi-Fi забезпечує стабільне та гнучке середовище для бездротового зв'язку між мікроконтролером, зчитувачем RFID-карт і сервером збору даних. Зчитана інформація, що містить ідентифікатор користувача та мітку часу, може миттєво передаватися до веб-інтерфейсу адміністратора або зберігатися у хмарному середовищі для подальшої обробки. Такий підхід забезпечує можливість віддаленого керування системою, перегляду звітності та оперативного реагування у випадку нештатних ситуацій.

На базі мікроконтролерної платформи Arduino широкого поширення набули модулі з підтримкою Wi-Fi, зокрема Wemos D1 R2, який використовує мікросхему ESP8266. Цей модуль має вбудований Wi-Fi адаптер та сумісний з популярними бібліотеками, такими як ESP8266WiFi.h, що дозволяє швидко налаштувати бездротове з'єднання та організувати обмін даними з веб-сервером через HTTP або MQTT протоколи. Arduino IDE забезпечує повну підтримку програмування ESP-модулів, що значно спрощує створення веб-сторінок, авторизацію користувачів, реєстрацію подій та обробку запитів.

Завдяки Wi-Fi технологія моніторингу робочого часу стає гнучкою і масштабованою. Додавання нових точок доступу або зчитувачів до мережі не потребує складних налаштувань, а система може бути розгорнута навіть у розподілених офісах або філіях. Крім того, дані можуть бути автоматично синхронізовані з базою, зберігатися у форматі таблиці або передаватися на електронну пошту адміністратора.

До переваг використання Wi-Fi у цьому проєкті належать простота налаштування, широка сумісність, можливість обміну даними з будь-якими пристроями у локальній мережі, а також підтримка одночасної роботи з великою кількістю RFID-зчитувачів. Серед незначних недоліків можна назвати залежність від стабільності сигналу та електроживлення, однак у більшості випадків це не створює суттєвих перешкод для експлуатації.

Враховуючи доступність модулів з підтримкою Wi-Fi, їхню програмованість, надійність і широкі можливості інтеграції, ця технологія була обрана як основна для реалізації системи моніторингу робочого часу, що дозволяє отримувати актуальні дані в реальному часі й ефективно керувати обліком присутності співробітників.

### **1.5 Висновки до розділу 1**

У процесі аналізу було розглянуто основні підходи до організації систем контролю доступу та моніторингу робочого часу, а також проаналізовано сучасні способи передачі даних, які можуть бути використані для дистанційного спостереження за присутністю працівників у приміщеннях. Результати аналізу підтвердили доцільність використання електронних запірних пристроїв на основі технології RFID, що забезпечують зручну персональну ідентифікацію користувачів та дозволяють фіксувати точний час входу й виходу. На відміну від кодових та біометричних замків, RFID-системи вирізняються високою адаптивністю, можливістю масштабування, простотою налаштування й мінімальними витратами на впровадження.

Розглянуто також чотири технології передачі даних: Ethernet, інфрачервоний канал, Bluetooth та Wi-Fi. Порівняльний аналіз показав, що технології Ethernet і Wi-Fi забезпечують найвищу надійність з'єднання та можуть бути використані для стаціонарних або напівстаціонарних рішень. Проте з урахуванням мобільності, простоти розгортання та сумісності з обраним мікроконтролером Arduino, Wi-Fi був визначений як найбільш ефективна технологія бездротового зв'язку для реалізації дистанційного моніторингу. Вибір модуля Wemos D1 R2 з вбудованим Wi-Fi інтерфейсом став логічним рішенням, яке дозволяє організувати передачу даних у реальному часі до веб-інтерфейсу адміністратора або зовнішньої бази даних.

Таким чином, результати аналізу підтверджують доцільність побудови автоматизованої системи моніторингу робочого часу на базі Arduino з використанням RFID-зчитувача RC522 для персональної ідентифікації та модуля Wi-Fi для бездротової передачі даних. Така система дозволить ефективно здійснювати облік присутності співробітників, забезпечуючи гнучкість, масштабованість і економічну доцільність її використання в різних організаційних умовах.

## **2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ**

### **2.1 Аналіз вимог до розробки системи моніторингу робочого часу**

Для створення ефективної системи автоматизованого моніторингу робочого часу необхідно чітко визначити вимоги, що висуваються до її функціонування. Такий підхід дозволяє не лише структурувати процес проєктування, а й забезпечити відповідність очікуванням кінцевих користувачів та технічним обмеженням. Вимоги до системи формуються з урахуванням її призначення, середовища експлуатації, масштабу розгортання, бюджету реалізації та очікуваної точності обліку.

Основною метою системи є фіксація фактів входу та виходу працівника з приміщення, а також ведення журналу подій із зазначенням унікального ідентифікатора користувача та часу події. Така система має бути здатною функціонувати в напівавтономному режимі, зберігаючи дані локально або передаючи їх до віддаленого сервера через мережу Wi-Fi. У якості фізичного носія ідентифікатора передбачається використання RFID-карт або брелоків, що зчитуються модулем RC522. Передбачено інтеграцію з мікроконтролером Arduino, що виконує роль центрального контролера логіки.

Ключовими вимогами до функціональності системи є надійне зчитування ідентифікатора, реєстрація часу події з точністю до секунд, збереження даних у

формі, зручній для подальшого аналізу, а також можливість перегляду історії подій через веб-інтерфейс. Інтерфейс має бути простим, інтуїтивно зрозумілим, адаптованим для базового рівня користувача без спеціальної технічної підготовки. Крім того, необхідно забезпечити обмеження доступу до адміністративної частини системи через базову авторизацію або захищене підключення.

З апаратної точки зору, система має працювати на недорогому, енергоефективному обладнанні, яке можна легко розгорнути та обслуговувати. Arduino-сумісні модулі забезпечують потрібну гнучкість і сумісність з широким спектром компонентів, включаючи RFID-зчитувачі, серводвигуни, модулі пам'яті, RTC-модулі та мережеві адаптери. У випадку нестабільності мережі система повинна зберігати події локально з можливістю синхронізації при відновленні підключення.

У табл. 2.1 подано основні функціональні та нефункціональні вимоги, які були визначені на етапі аналізу системи.

Таблиця 2.1 – Вимоги до системи моніторингу робочого часу

| Тип вимог       | Опис вимог   |
|-----------------|--|
| Функціональні   | зчитування RFID-карти; фіксація дати і часу події; збереження в лог-файл;  |
|                 | передача даних на веб-сервер; відображення інформації через веб-інтерфейс; |
| Нефункціональні | надійність зчитування; енергоефективність; простота налаштування;          |
|                 | масштабованість; сумісність з Arduino IDE; безпечний доступ до даних.      |

Таким чином, сформульовані вимоги дають змогу перейти до наступного етапу — вибору апаратного забезпечення, що забезпечить реалізацію закладених функцій і відповідатиме технічним умовам експлуатації системи в реальному середовищі.

## 2.2 Вибір апаратної частини

У межах цього проекту планується реалізувати систему, що складається з чотирьох основних апаратних компонентів, які взаємодіють між собою через центральний модуль керування. Функцію такого модуля виконує мікроконтролер, до якого підключаються RFID-зчитувач, механізм замикання, модуль зв'язку та зовнішній інтерфейс виведення даних.

Існує широкий спектр методів безконтактної ідентифікації, які можуть бути використані для організації контролю доступу в системах обліку робочого часу. Найбільше поширення отримали рішення, що базуються на електромагнітному принципі дії. Основною ознакою таких технологій є застосування рамок із вбудованими антенами, які створюють контрольоване електромагнітне поле. Відмінності між реалізаціями полягають переважно у внутрішній структурі ідентифікаційних міток (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Приклад електромагнітної мітки

Електромагнітні мітки зазвичай виконані у вигляді декількох смужок, що розміщені на гнучкій підкладці. Перша смужка виготовлена з матеріалу, який

демонструє магнітострикційний ефект, тобто змінює свої властивості під впливом змінного магнітного поля. У такому полі вона генерує гармонійні коливання, які фіксуються детектором системи. Друга смужка діє як елемент, що дозволяє активувати або деактивувати мітку. Вона виготовляється з феромагнітного матеріалу, який після намагнічування змінює магнітне середовище першої смужки, припиняючи її здатність до резонансу. Деактивація відбувається шляхом намагнічування мітки, а повторне активування можливе лише після її розмагнічування. Такий тип міток широко застосовується в бібліотеках, оскільки дозволяє зручно контролювати облік видачі та повернення книг (рис. 2.2.).

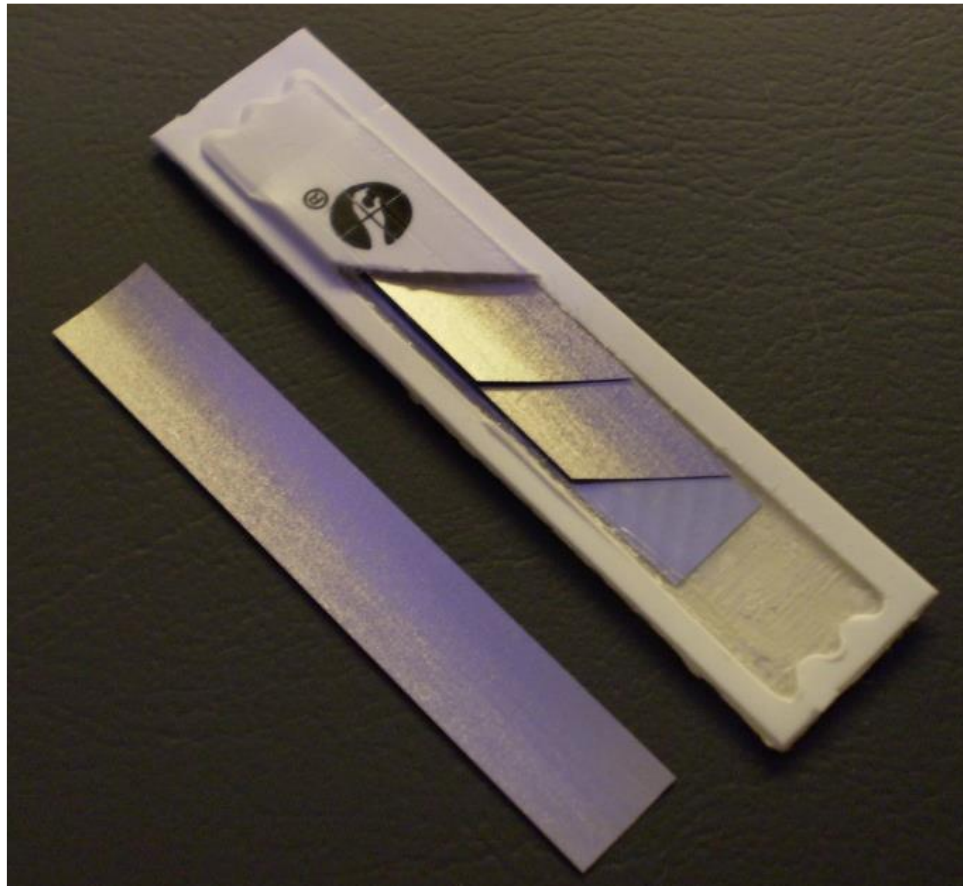


Рисунок 2.2 – Приклад акустомагнітної мітки

Мітки акустомагнітного типу конструктивно подібні до електромагнітних, однак їхній принцип дії ґрунтується на резонансних механічних коливаннях. Магнітострикційна смужка в порожнистому корпусі вільно коливається під дією імпульсного магнітного поля. Після припинення збудження смужка продовжує

коливатися ще певний час, створюючи змінне магнітне поле, яке реєструється приймачем. Активація таких міток здійснюється намагнічуванням, а деактивація – розмагнічуванням. Через специфічні вимоги до повторного намагнічування повторна активація таких міток, як правило, не передбачається (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Радіочастотна мітка

Радіочастотна мітка являє собою коливальний контур, що складається з індуктивної котушки та конденсатора. Обидва компоненти створюються на тонкому шарі фольги, нанесеному на паперову основу. Принцип дії полягає в зміні резонансних характеристик мітки при взаємодії з магнітним полем рамки. Деактивація виконується шляхом створення електричного пробоя у фольговому конденсаторі під дією потужного магнітного поля. Повторна активація такої мітки неможлива. Для забезпечення довговічності мітки такого типу можуть бути реалізовані у вигляді пластикових брелоків із покращеним захистом від механічного пошкодження, що дозволяє використовувати їх багаторазово. Системи цього типу зазвичай працюють на частоті 8,2 МГц [4].

Усі розглянуті типи міток мають схожі фізичні принципи дії та конструктивні особливості, однак для створення системи обліку робочого часу

найбільш доцільним є використання саме радіочастотних міток. Такі рішення є поширеними у системах електронного квитка, банківських картах та пропусках, що дає змогу легко інтегрувати вже існуючі RFID-носії в нову систему. Крім того, зчитувач RC522, сумісний із цими мітками, відзначається низькою вартістю, підтримкою з боку Arduino IDE та живленням на 3.3 В, що ідеально відповідає технічним вимогам плати Arduino Uno.

Після формулювання функціональних та нефункціональних вимог до системи моніторингу робочого часу постає завдання вибору апаратного забезпечення, яке б дозволяло реалізувати всі заплановані можливості з урахуванням обмежень бюджету, простоти інтеграції та підтримки з боку розробницьких інструментів. Система повинна забезпечувати стабільну роботу при щоденному використанні, бути компактною, енергоефективною та легкою в обслуговуванні. У зв'язку з цим вибір апаратних компонентів зосереджується навколо сумісності з платформою Arduino, яка є відкритою, легко програмованою та має широку підтримку в спільноті розробників.

У якості основного контролера системи обрано плату Wemos D1 R2, яка суміщає в собі функціональність класичного Arduino Uno з вбудованим модулем Wi-Fi на базі мікросхеми ESP8266. Такий вибір дозволяє уникнути використання окремих Wi-Fi модулів, зменшити кількість з'єднань та знизити ризик виникнення апаратних збоїв. Плата підтримує програмування через Arduino IDE, а також дозволяє реалізувати як серверну, так і клієнтську логіку обміну даними, що відкриває широкі можливості для організації веб-інтерфейсу системи.

Для реалізації ідентифікації користувачів використовується RFID-зчитувач RC522, який працює за стандартом ISO/IEC 14443 і функціонує на частоті 13.56 МГц. Пристрій підтримує зчитування міток типу MIFARE, що широко поширені й мають унікальні ідентифікаційні номери. Модуль підключається до мікроконтролера за допомогою SPI-інтерфейсу, що забезпечує високу швидкість обміну даними та стабільність роботи.

Крім того, для управління електронним замком або сигналізацією система може містити сервомотор або реле. Залежно від конкретної реалізації механічного

замикання, можливе використання сервоприводу типу SG90, який легко керується сигналами з мікроконтролера і здатен відкривати або закривати прохід після успішної ідентифікації RFID-картки. У разі потреби більш надійного з'єднання з механікою можна використати реле типу SRD-05VDC, що дозволяє керувати напругою в електричному колі замка.

Для зберігання даних у разі втрати зв'язку з мережею рекомендується використання карти пам'яті microSD, яка підключається через SPI-інтерфейс і дозволяє записувати події локально. Додатково для забезпечення точного фіксування часу подій можливе підключення RTC-модуля (наприклад, DS3231), який забезпечує стабільну роботу годинника незалежно від живлення плати.

На рис. 2.4 подано загальний вигляд основних апаратних компонентів, обраних для реалізації системи моніторингу робочого часу.

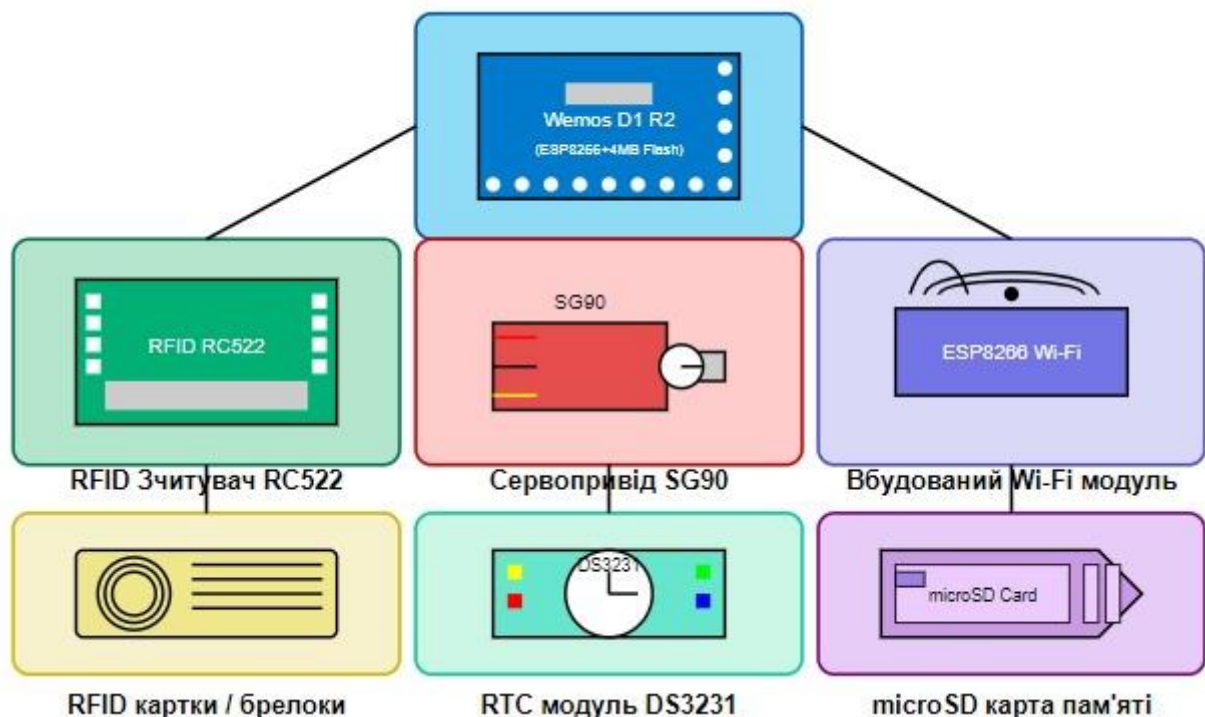


Рисунок 2.4 – Основні компоненти апаратного забезпечення системи

Таким чином, вибір апаратного забезпечення здійснено з урахуванням потреб простоти, надійності, вартості та сумісності з відкритими технологіями. Це

дозволяє перейти до проектування схеми з'єднань між окремими модулями та розробки логіки взаємодії між ними.

### 2.3 RFID зчитувач

Технологія RFID є сучасною технологічною розробкою, яка базується на використанні електромагнітного випромінювання високої частоти для обліку та ідентифікації об'єктів. Суть технології полягає у взаємодії між RFID-міткою та пристроєм зчитування, при цьому сама мітка зазвичай є мініатюрним електронним пристроєм. Конструкція мітки включає два основних компоненти: мікросхему для зберігання даних та антену для отримання й передачі інформації.

У випадку, якщо мітка має вбудоване джерело живлення, її класифікують як активну. Такі пристрої самостійно передають сигнал із заданою періодичністю, наприклад один раз на десять секунд, і здатні передавати дані на значні відстані до ста метрів. Якщо джерело живлення відсутнє, мітка є пасивною; вона накопичує енергію від електромагнітного поля, створеного зчитувачем, і використовує її для передачі даних. Радіус зчитування пасивних міток обмежується 0,05–8 метрами залежно від потужності випромінювання пристрою.

В пам'яті RFID-мітки зазвичай зберігається її унікальний ідентифікаційний номер, який використовується для ідентифікації об'єкта, а також, за необхідності, додаткова користувачька інформація. Первісно мітки мають лише власний ID-код, а запис іншої інформації виконується за допомогою спеціального обладнання, яке здатне не тільки зчитувати, а й змінювати вміст пам'яті мітки.

Технологія радіочастотної ідентифікації знаходить усе ширше застосування у сферах, де необхідно забезпечити облік переміщення об'єктів у реальному часі, надійність, швидкодію та здатність працювати в суворих умовах експлуатації. Найбільше RFID використовується у складській логістиці, контролі доступу, автоматизації виробництва та транспортних системах [1].

Будь-яка RFID-система складається з декількох основних елементів, кожен з яких виконує свою важливу функцію у процесі ідентифікації об'єктів. Основним елементом є радіочастотна мітка, яка містить у своїй пам'яті індивідуальний ідентифікаційний код. Деякі мітки також дозволяють не тільки зберігати, а й змінювати інформацію, що робить їх придатними для динамічних облікових систем.

Наступним ключовим компонентом є зчитувачі, які забезпечують обмін даними з мітками. Вони отримують інформацію з міток у межах свого робочого діапазону і, при необхідності, можуть здійснювати запис даних. Зчитувачі можуть функціонувати як у складі облікової системи, так і автономно, збираючи інформацію для подальшої обробки.

Не менш важливою складовою є облікова система, яка відповідає за накопичення, обробку і аналіз даних, отриманих із міток через зчитувачі. Таке програмне забезпечення дозволяє організувати зручний перегляд, фільтрацію і сортування інформації, що сприяє оптимізації робочих процесів. Багато сучасних систем обліку, зокрема рішення на базі 1С, Microsoft Dynamics (MS Ахарта) та R3Com, вже інтегровані з підтримкою RFID і не потребують додаткової адаптації для роботи з такими технологіями.

Радіочастотна ідентифікація широко використовується в різних сферах діяльності, що зумовило появу великої кількості типів RFID-міток, адаптованих під специфічні умови застосування. Для зручності вони класифікуються за кількома ознаками.

За наявністю джерела живлення мітки поділяються на активні та пасивні. Активні мітки мають вбудоване джерело живлення, яке дозволяє самостійно випромінювати сигнал на великі відстані, що іноді сягають ста метрів. Пасивні мітки працюють, накопичуючи енергію від зчитувача, і передають дані тільки після активації електромагнітним полем. Радіус дії таких міток обмежений приблизно дев'ятьма метрами.

За типом пам'яті мітки поділяються на кілька категорій. Мітки тільки для читання (RO) мають інформацію, записану на етапі виробництва, яка більше не

змінюється, що робить їх ідеальними для задач ідентифікації, де важлива неможливість підробки даних. Мітки типу WORM (запис один раз, читання багаторазово) дозволяють одноразово внести додаткову інформацію, яка надалі доступна лише для читання. Мітки з підтримкою читання і запису (RW) надають можливість багаторазово змінювати дані в пам'яті, що відкриває широкі можливості для динамічних облікових систем.

За фізичним виконанням існують самоклеючі паперові або лавсанові мітки, стандартні пластикові картки, дискові варіанти, брелоки різних форм та спеціальні мітки, розраховані на експлуатацію у важких умовах. Велика різноманітність форм та конструкцій дозволяє підібрати RFID-мітку для будь-якого завдання відповідно до конкретних потреб користувача [1].

У системах радіочастотної ідентифікації зчитувачі відіграють ключову роль, оскільки саме вони здійснюють прийом даних з міток та, у разі необхідності, запис нової інформації. За способом застосування та конструктивним виконанням зчитувачі поділяються на кілька основних груп.

До стаціонарних зчитувачів належать пристрої, які монтуються на стінах, воротах або спеціальних опорах. Їх основною перевагою є висока потужність і здатність одночасно обробляти велику кількість міток у зоні дії. Такі пристрої зазвичай мають широкую зону зчитування та призначені для роботи у фіксованих точках контролю. Приклад стаціонарного зчитувача зображено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Приклад стаціонарного RFID-зчитувача

Мобільні зчитувачі, на відміну від стаціонарних, мають компактні розміри та автономне живлення. Вони характеризуються меншою дальністю зчитування та відсутністю постійного з'єднання із системою обліку. Такі пристрої зберігають зчитану інформацію у вбудованій пам'яті, що дозволяє передавати дані на сервер або комп'ютер у зручний час. Приклад мобільного зчитувача представлено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Приклад мобільного RFID-зчитувача

Настільні зчитувачі здебільшого застосовуються у сферах роздрібно́ї торгівлі, бібліотеках, офісах і реєстраційних пунктах. Візуально такі пристрої нагадують невеликі роутери або компактні панелі. Вони забезпечують швидку реєстрацію міток у безпосередній близькості та зручні для стаціонарного використання. Настільний зчитувач наведено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Приклад настільного RFID-зчитувача

Портальні зчитувачі складаються з двох вертикальних стійок, всередині яких встановлені приймально-передавальні антени. Завдяки їх розташуванню утворюється суцільне електромагнітне поле, що повністю перекриває прохід між стійками. Це дозволяє автоматично реєструвати проходження міток без необхідності ручної взаємодії. Портальний зчитувач зображено на рисунку 2.8.

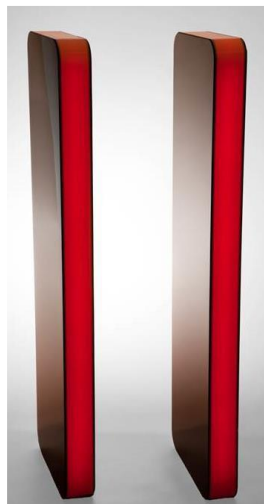


Рисунок 2.8 – Приклад портального RFID-зчитувача

Технологія RFID має ряд суттєвих переваг, що сприяли її активному впровадженню в різних сферах обліку й автоматизації. Однією з ключових переваг є відсутність потреби у прямій видимості між зчитувачем і міткою. Завдяки цьому зчитування відбувається незалежно від просторового положення мітки, що значно розширює можливості розміщення об'єктів та спрощує процес ідентифікації.

Ще однією важливою перевагою є можливість зчитування інформації на значно більших відстанях у порівнянні з традиційними контактними або оптичними системами. Активні RFID-мітки здатні передавати дані на відстань до ста метрів, а пасивні мітки забезпечують стабільний зв'язок на відстані до кількох метрів, залежно від потужності пристрою зчитування.

Значний обсяг збереження інформації також є характерною рисою RFID-міток. У порівнянні зі звичайними штрих-кодами, мітки можуть містити не тільки унікальний ідентифікатор, а й додаткові дані об'єкта. Ємність пам'яті мітки може сягати до 10 Кбайт на площі всього в один квадратний сантиметр.

Радіочастотна ідентифікація також дозволяє одночасно зчитувати дані з великої кількості міток завдяки застосуванню антиколізійних алгоритмів. Це відкриває можливості для швидкої обробки потоків об'єктів, що є критично важливим у логістичних, складських і виробничих процесах.

Ще однією суттєвою перевагою є висока механічна стійкість та довговічність міток. Пасивні мітки здатні функціонувати десятиліттями навіть в умовах агресивного зовнішнього середовища, що робить їх ідеальним вибором для жорстких умов експлуатації.

Технологія RFID демонструє також високу гнучкість у застосуванні. Мітки можуть не лише передавати дані, а й взаємодіяти з іншими пристроями, брати участь у процесах автоматичного управління, забезпечуючи складні сценарії роботи без необхідності безпосереднього втручання оператора.

Окремо варто відзначити високий рівень захищеності даних, що зберігаються в RFID-мітках. Завдяки унікальним кодам, які вносяться ще на етапі виробництва, можливість підробки або несанкціонованої зміни даних суттєво ускладнюється.

Попри численні переваги, технологія RFID має і певні обмеження, які слід враховувати при проектуванні систем ідентифікації та обліку. Одним із головних недоліків є чутливість до наявності металевих та екрануючих поверхонь. Метал може істотно змінювати характеристики електромагнітного поля, що призводить до утруднень у процесі зчитування або навіть повної його неможливості. Для

вирішення цієї проблеми використовуються спеціалізовані мітки або нестандартні методи кріплення, що збільшує загальну вартість рішення.

Іншою особливістю є можливість виникнення взаємних перешкод між мітками, так звані колізії, коли кілька пристроїв намагаються передати дані одночасно. Хоча сучасні системи мають алгоритми для вирішення таких ситуацій, у великих потоках об'єктів це може негативно впливати на швидкість та точність зчитування.

Вплив сильних електромагнітних полів також є чинником ризику для роботи RFID-систем. Поблизу потужних джерел випромінювання можуть виникати збої або спотворення даних. Тому для стабільної роботи необхідно враховувати електромагнітну сумісність середовища експлуатації.

Загалом, хоча зазначені обмеження не є критичними для більшості практичних застосувань, вони вимагають ретельного проектування системи, вибору відповідних компонентів та правильного розміщення міток і зчитувачів для забезпечення надійної роботи RFID-рішень у реальних умовах.

У розроблюваній системі моніторингу робочого часу для реалізації процесу ідентифікації об'єктів було обрано радіочастотний зчитувач RC522. Цей модуль призначений для роботи з безконтактними RFID-мітками стандарту 13,56 МГц і забезпечує надійне зчитування інформації на відстані до 10 сантиметрів. Зчитувач RC522 є оптимальним варіантом для проєктів на базі мікроконтролерів Arduino завдяки своїй компактності, невисокій вартості та простоті інтеграції.

Взаємодія з мікроконтролером відбувається через інтерфейс SPI, що дозволяє забезпечити високу швидкість обміну даними. При цьому зчитувач підтримує не тільки операції зчитування, але й запис інформації на мітку, що розширює можливості його використання в різних автоматизованих системах, зокрема у пропускних механізмах, системах складського обліку та електронних замках.

На рисунку 2.9 представлено зовнішній вигляд радіочастотного зчитувача RC522.

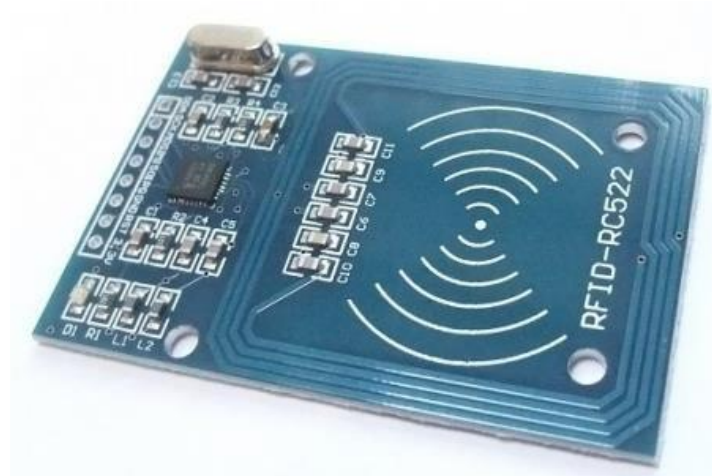


Рисунок 2.9 – Радіочастотний зчитувач RC522

Основні технічні характеристики RC522 включають:

- побудова на базі мікросхеми MFRC522;
- робоча напруга живлення 3.3 В;
- споживаний струм у межах 13–26 мА;
- робоча частота 13.56 МГц;
- ефективна дальність зчитування до 60 мм;
- підтримка інтерфейсу SPI із максимальною швидкістю передавання даних до 10 Мбіт/с;
- габарити плати становлять 40 × 60 мм;
- можливість читання та програмування RFID-міток.

Завдяки доступності бібліотек для Arduino IDE процес програмування RC522 значно спрощується, що дозволяє швидко інтегрувати його в різні системи автоматизації.

## 2.4 Керуючий пристрій

Raspberry Pi є прикладом одноплатного комп'ютера, на якому всі основні елементи обчислювальної системи розміщені на одній платі. Незважаючи на

компактні розміри (близько  $8,5 \times 5,5$  см), цей пристрій має повний функціонал традиційного персонального комп'ютера. Однією з переваг Raspberry Pi є його доступність: середня вартість становить приблизно 35 доларів США, а для полегшеної версії A+ навіть менше – близько 20 доларів США. Від початку свого масового виробництва у 2012 році Raspberry Pi став найпопулярнішою платформою у своєму сегменті, з обсягом продажів понад 3,5 мільйони пристроїв.

Випускаються дві основні модифікації плати: версії A та B. Більш популярною на сьогоднішній день є версія B, яка відрізняється збільшеним об'ємом оперативної пам'яті, кількістю USB-портів і наявністю Ethernet-інтерфейсу. Основні характеристики Raspberry Pi включають використання процесора ARM11 Broadcom BCM2835 із частотою 700 МГц, оперативну пам'ять обсягом 256 МБ для версії A та 512 МБ для версії B, наявність одного або двох USB-портів відповідно до версії, слот для карт пам'яті SD, аналоговий вихід RCA, цифровий вихід HDMI, мережевий інтерфейс Ethernet у версії B, аудіовихід та контактні групи GPIO.

Для початку роботи з Raspberry Pi необхідна карта пам'яті SD об'ємом від 4 до 32 ГБ із завантаженою операційною системою. Для організації повноцінного інтерфейсу користувача потрібно підключити монітор із роз'ємом HDMI, DVI або RCA, відповідний кабель, клавіатуру та мишу через USB-порти. Raspberry Pi має власний процесор, пам'ять і графічний модуль, що дає можливість запускати спеціальну версію операційної системи Linux. Завдяки цьому пристрою можна розгорнути медіасервер, емулювати відеоігри або виконувати інші типові завдання повноцінного комп'ютера. Незважаючи на відсутність вбудованої пам'яті, платформа підтримує використання SD-карт для зберігання системних даних та забезпечує швидке завантаження різних версій програмного забезпечення або оновлень.

Raspberry Pi має інтегрований Ethernet-порт для швидкого доступу до локальної мережі, а також підтримує можливість підключення Wi-Fi адаптерів через USB-порти для бездротового доступу до Інтернету. Після встановлення необхідних драйверів відкривається можливість повноцінної роботи з веб-

серверами, використання протоколів передачі файлів FTP або налаштування віддаленого доступу через SSH.

Щодо енергоспоживання, Raspberry Pi потребує стабільного джерела живлення з напругою 5 В. Завершення роботи здійснюється за допомогою програмного вимкнення, як у звичайного ПК. Зважаючи на особливості живлення та необхідність підключення додаткового обладнання, пристрій не є зручним для мобільних проєктів із автономним живленням.

Порівнюючи одноплатні комп'ютери Raspberry Pi з платформами Arduino, варто відразу зазначити, що Arduino — це мікроконтролери, а не повноцінні комп'ютери. На відміну від Raspberry Pi, Arduino не має операційної системи, а працює за рахунок виконання безпосередньо прошитого в пам'ять коду. Відсутність операційної системи забезпечує швидке виконання команд, мінімізуючи затримки та уникаючи помилок, характерних для багатозадачних середовищ.

Основним призначенням плат Arduino є обробка сигналів від сенсорів та керування виконавчими механізмами. Arduino ідеально підходить для проєктів, де потрібно реагувати на зовнішні події або сигнали без необхідності у складній обробці даних. Хоча це може здатися обмеженням, на практиці Arduino є ефективною платформою для створення надійних систем керування пристроями, де використання операційної системи є надлишковим.

Однією з найбільш популярних модифікацій є плата Arduino Uno, яка базується на мікроконтролері ATmega328. Основні технічні характеристики Arduino Uno включають робочу напругу 5 В, рекомендовану вхідну напругу в діапазоні 7–12 В, 14 цифрових контактів введення/виведення (з яких 6 можуть працювати як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, постійний струм через контакти введення/виведення до 40 мА, 32 КБ флеш-пам'яті (з яких 0.5 КБ зарезервовано для завантажувача), 2 КБ оперативної пам'яті SRAM, 1 КБ пам'яті EEPROM та тактову частоту 16 МГц.

Arduino Uno підтримує живлення як через USB-підключення, так і від зовнішнього джерела живлення (акумулятора або мережевого адаптера). При

цьому плата автоматично визначає джерело живлення. Платформа функціонує у межах допустимого вхідного напруги від 6 до 20 В, однак для стабільної роботи рекомендується використовувати діапазон 7–12 В. При нижчих напругах можливе нестабільне функціонування, а перевищення верхньої межі може призвести до перегріву компонентів.

Контакти живлення на платі включають Vin (вхідне джерело живлення, що збігається з напругою живлення), вихід 5V для живлення периферійних пристроїв, вихід 3.3V із максимальним струмом до 50 мА та землю GND.

Arduino Uno починає виконання програми одразу після подачі живлення і припиняє роботу після його вимкнення. Для розширення функціональності плати можливе використання периферійних пристроїв, які підключаються безпосередньо до контактів або через спеціальні плати-розширення (шейлди). Існує велика кількість готових модулів для Arduino, які дозволяють вирішувати різні завдання, взаємодіяти з сенсорами та іншими електронними компонентами.

Варто зазначити, що базова версія Arduino не має вбудованої підтримки роботи через Інтернет. Для забезпечення мережевого з'єднання необхідно підключати додаткові модулі, наприклад Ethernet або Wi-Fi. Проте через широкую доступність таких модулів інтеграція мережевої взаємодії не викликає складнощів навіть у проєктах початкового рівня.

Вибір контролера для побудови системи моніторингу робочого часу був здійснений на основі чітко сформульованих вимог до функціональності системи. Основним завданням проєкту є обробка сигналів від сенсорів та керування виконавчими механізмами, зокрема сервоприводами. Тому обрана апаратна платформа повинна забезпечувати просту інтеграцію із зовнішніми пристроями, бути енергоефективною та надійною в автономній роботі.

Arduino виявилася найбільш придатною для цих цілей. Платформа відзначається простотою програмування в середовищі Arduino IDE, можливістю автономної роботи без потреби у складній підтримці операційної системи та мінімальним енергоспоживанням. Код, що виконується на Arduino, працює

безпосередньо, без проміжних рівнів обробки, що забезпечує високу швидкість реакції системи на події.

Порівняльний аналіз Arduino та Raspberry Pi показав, що попри численні переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi, такі як висока обчислювальна потужність, можливість багатозадачної роботи, підтримка широкого спектра мов програмування, обробка мультимедійних даних і робота з інтернет-протоколами, для поставлених завдань його використання є недоцільним. Основними недоліками Raspberry Pi у контексті даного проєкту є складність налаштування взаємодії з виконавчими пристроями, велике енергоспоживання та складніші вимоги до програмного забезпечення.

Таким чином, використання Raspberry Pi було б виправданим для задач, що потребують обробки складних даних або інтенсивної взаємодії через Інтернет, однак для простої реєстрації подій і керування механізмами Arduino є більш відповідним вибором. Більш того, у випадку потреби в організації бездротового підключення Arduino легко доповнюється необхідними модулями, такими як Wi-Fi або Ethernet, що забезпечує гнучкість та масштабованість рішення.

Враховуючи усі зазначені фактори, для побудови системи обліку робочого часу було вирішено використовувати платформу Arduino як базову.

Після прийняття рішення щодо використання платформи Arduino як основи для розробки системи обліку робочого часу необхідно було обрати конкретну модифікацію плати. Серед варіантів розглядалися Arduino Uno, доповнена модулем Wi-Fi ESP8266, та плата Wemos D1 R2, яка вже має інтегрований модуль бездротового зв'язку.

Обидві платформи побудовані на базі популярного Wi-Fi модуля ESP8266 і підтримують бездротові стандарти IEEE 802.11b/g/n. Враховуючи особливості проєкту, було обрано модифікацію Wemos D1 R2 завдяки її більшій компактності та простоті інтеграції. Ця плата забезпечує необхідну функціональність без додаткових зовнішніх модулів, що спрощує конструкцію пристрою та підвищує його надійність.

Wemos D1 R2 має 11 контактів для цифрового введення та виведення, однак на відміну від класичної Arduino Uno, не всі контакти можуть бути використані у режимі стандартного цифрового сигналу. Всі виходи працюють з напругою 3,3 В та розраховані на максимальний струм до 40 мА. На кожному контакті встановлено резистори підтяжки з опором у межах 20–50 кОм, які можна увімкнути або вимкнути програмно. Деякі контакти мають спеціалізоване призначення, наприклад, контакти 0 (RX) і 1 (TX) використовуються для послідовної передачі та прийому даних, а інші контакти задіяні для роботи з протоколами SPI.

Основні контакти та їх функціональність наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Контакти плати Wemos D1 R2 та їх призначення

| Контакт | Призначення відповідно до ESP8266                  |
|---------|--|
| TX      | Передача даних (TXD)                               |
| RX      | Прийом даних (RXD)                                 |
| A0      | Аналоговий вхід (до 3.3 В)                         |
| D0      | Цифровий вхід/вихід (GPIO16)                       |
| D1      | Цифровий вхід/вихід (GPIO5)                        |
| D2      | Цифровий вхід/вихід (GPIO4)                        |
| D3      | Цифровий вхід/вихід з підтяжкою (GPIO0)            |
| D4      | Цифровий вхід/вихід, вбудований світлодіод (GPIO2) |
| D5      | Цифровий вхід/вихід, тактування SPI (GPIO14)       |
| D6      | Цифровий вхід/вихід, передача даних SPI (GPIO12)   |
| D7      | Цифровий вхід/вихід, прийом даних SPI (GPIO13)     |
| D8      | Цифровий вхід/вихід, вибір веденого SPI (GPIO15)   |
| G       | Земля (GND)  |
| 5V      | Живлення 5 В                                       |
| 3V3     | Живлення 3.3 В                                     |
| RST     | Скидання мікроконтролера                           |

Мікроконтролер ESP8266, що є основою плати Wemos D1 R2, окрім підтримки Wi-Fi, має можливість виконувати програми безпосередньо із зовнішньої SPI-флеш-пам'яті. Це забезпечує велику гнучкість при розробці проєктів, що потребують підключення до мережі Інтернет, у тому числі обміну даними із зовнішніми веб-серверами.

Таким чином, модифікація Wemos D1 R2 була обрана як оптимальне рішення для побудови системи моніторингу робочого часу на базі мікроконтролерної платформи Arduino.

## **2.5 Висновки до розділу 2**

У другому розділі було проведено детальне проєктування системи моніторингу робочого часу на базі мікроконтролера Arduino. Сформульовано та проаналізовано основні функціональні та нефункціональні вимоги до системи, серед яких: зчитування RFID-карток, фіксація часу подій, передача даних на веб-сервер, енергоефективність та простота налаштування.

На основі аналізу технологій обрано оптимальні компоненти апаратного забезпечення. Основним контролером обрано плату Wemos D1 R2, яка поєднує в собі функціональність Arduino з вбудованим Wi-Fi модулем на базі ESP8266, що дозволяє суттєво спростити архітектуру системи. Для ідентифікації користувачів вибрано RFID-зчитувач RC522, який працює за стандартом ISO/IEC 14443 на частоті 13.56 МГц та підтримує зчитування міток типу MIFARE.

Детально розглянуто принципи роботи RFID-технології, порівняно різні типи міток, включаючи електромагнітні, акустомагнітні та радіочастотні, обґрунтовано вибір саме радіочастотних міток для реалізації системи. Проаналізовано різновиди RFID-зчитувачів (стаціонарні, мобільні, настільні, порталні) та аргументовано доцільність використання модуля RC522 для даного проєкту.

Важливим етапом стало обґрунтування вибору мікроконтролерної платформи. Проведено порівняльний аналіз одноплатного комп'ютера Raspberry Pi та платформи Arduino, визначено, що для поставлених завдань Arduino є більш відповідним вибором завдяки простоті програмування, можливості автономної роботи та нижчому енергоспоживанню. Докладно розглянуто модифікацію Wemos D1 R2, її контакти та їх функціональність.

## 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ

### 3.1 Структура системи

Розроблювана система обліку відвідуваності складається з п'яти основних компонентів, що тісно взаємодіють між собою. Функцію управління всіма пристроями бере на себе центральний контролер, який приймає сигнали з RFID-зчитувача, обробляє отриману інформацію та взаємодіє із сервером бази даних для прийняття рішень про надання доступу. Загальна функціональна схема системи подана на рисунку 3.1.

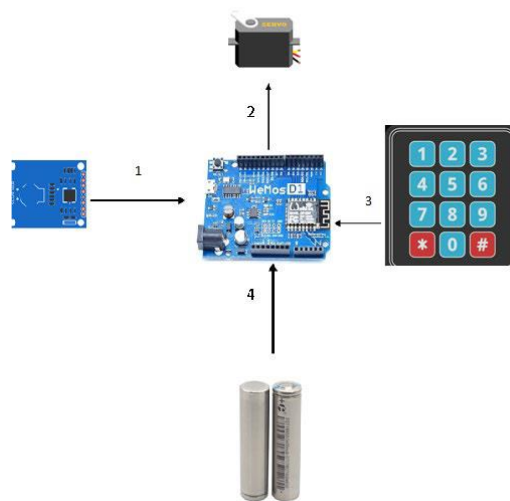


Рисунок 3.1 – Функціональна схема системи обліку відвідуваності

Алгоритм роботи системи передбачає наступну послідовність дій. Спочатку RFID-зчитувач виявляє наявність мітки та передає відповідний сигнал на мікроконтролер. Після цього контролер формує запит до веб-сервера з базою даних, де перевіряється, чи має власник мітки право доступу до приміщення. Сервер обробляє запит і надсилає відповідь. У разі відмови в доступі жодні додаткові дії не виконуються, система переходить в режим очікування наступної спроби ідентифікації. Якщо користувачу дозволено увійти, мікроконтролер керує сервоприводом: відкриває двері, якщо вони зачинені, або зачиняє їх у зворотному випадку. Паралельно контролер надсилає на веб-сервер інформацію про час події та унікальний ідентифікаційний номер картки.

Обмін даними між платформою Wemos D1 R2 та RFID-зчитувачем RC522 здійснюється за допомогою послідовного периферійного інтерфейсу SPI. Інтерфейс SPI широко використовується для швидкого та надійного обміну даними між мікроконтролерами та периферійними пристроями завдяки своїй простоті та високій швидкості роботи. Приклад взаємозв'язку пристроїв через SPI наведено на рисунку 3.2.

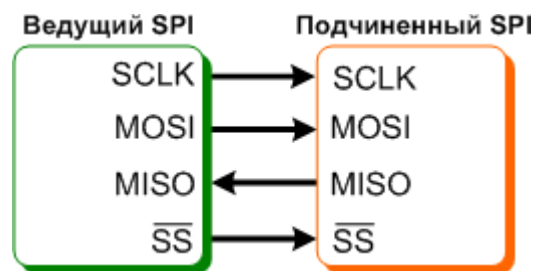


Рисунок 3.2 – Приклад підключення пристроїв через інтерфейс SPI

Структура інтерфейсу SPI передбачає наявність одного ведучого пристрою (master) та одного або кількох ведених пристроїв (slave). Для синхронізації передавання даних використовуються такі сигнальні лінії: SCK (Serial Clock) для передачі тактового сигналу, MOSI (Master Output, Slave Input) для передачі даних від ведучого до веденого, MISO (Master Input, Slave Output) для надсилання даних у зворотному напрямку, та SS (Slave Select), яка визначає активний ведений пристрій.

На початку сеансу обміну даними ведучий пристрій активує потрібний slave, встановлюючи низький рівень сигналу на відповідній лінії SS. У даному проєкті роль веденого пристрою виконує RFID-зчитувач RC522, і передача починається з активації його лінії SDA. Далі ведучий передає тактові імпульси по лінії SCK, а дані обмінюються одночасно в обидва боки по лініях MOSI та MISO. Після завершення передачі сигнал на лінії SS повертається у високий стан. Стандартна швидкість обміну для SPI знаходиться у діапазоні від 1 до 50 МГц, що забезпечує високу ефективність взаємодії. Саме завдяки своїй простоті й надійності SPI став одним із найпопулярніших інтерфейсів у мікроконтролерах, датчиках, модулях пам'яті та різних електронних пристроях.

У межах реалізації системи платформа Wemos D1 R2 та модуль RFID-ідентифікації RC522 з'єднуються за допомогою семи дротів типу «тато-мама». Схема підключення показана на рисунку 3.3.

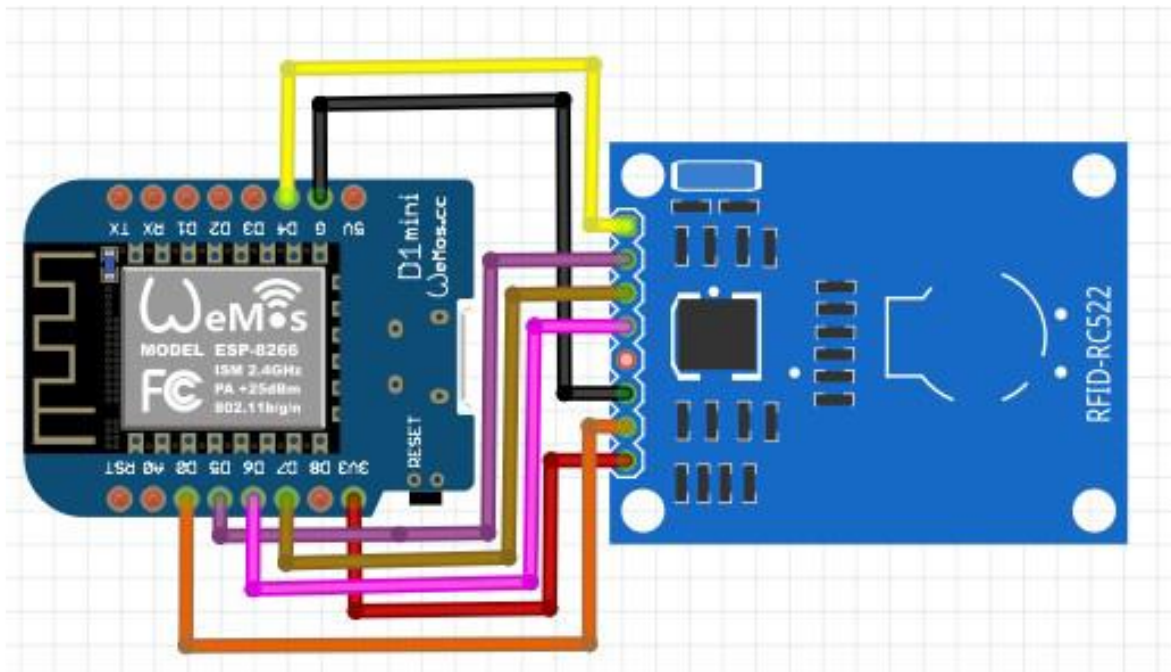


Рисунок 3.3 – Схема підключення RC522 до Wemos D1 Mini

Для забезпечення стабільного обміну даними відповідність контактів між пристроями наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – З'єднання контактів між Wemos D1 R2 та RC522

| Контакт RFID RC522 | Контакт Wemos D1 R2 |
|--------------------|---------------------|
| RST                | GPIO2               |
| SDA                | GPIO4               |
| MOSI               | GPIO13              |
| MISO               | GPIO12              |
| SCK                | GPIO14              |
| 3.3V               | 3.3V                |
| GND                | GND                 |

Таким чином, правильно налаштоване підключення дозволяє забезпечити ефективну взаємодію між контролером та RFID-зчитувачем, що є основою для успішної роботи всієї системи обліку відвідуваності.

### 3.2 Програмування в Arduino IDE

Arduino IDE є офіційним середовищем розробки для контролерів Arduino, що дозволяє створювати програми у зручному текстовому редакторі, компілювати їх у машинний код та завантажувати на різні моделі пристроїв. Програмне забезпечення є безкоштовним і доступним для завантаження на офіційному сайті спільноти Arduino. Основною мовою програмування в Arduino IDE є C++.

Для забезпечення коректної взаємодії між контролером і RFID-зчитувачем RC522 необхідно встановити спеціалізовану бібліотеку «RFID Library for MFRC522», яка доступна через менеджер бібліотек Arduino IDE. Завдяки цій бібліотеці в середовищі з'являються функції, що забезпечують зручну роботу з пристроєм RC522.

Алгоритм роботи програмного коду, реалізованого в даній системі, зображений на рисунку 3.4 (рис. 3.4).

На початку програми здійснюється ініціалізація необхідних бібліотек, визначення контактів з'єднання, оголошення змінних і встановлення з'єднання через інтерфейс SPI. Після запуску система постійно перевіряє, чи піднесено RFID-мітку до зчитувача. У разі виявлення мітки контролер надсилає запит до бази даних для перевірки прав доступу власника. Якщо зв'язок із базою даних відсутній, проводиться перевірка на відповідність мітки адміністратора. У випадку успішної перевірки або отримання дозволу на вхід система зчитує поточний стан дверей і, залежно від ситуації, відкриває або закриває їх, а також надсилає дані про подію на веб-сервер.

У розробленому коді реалізована ідентифікація мітки або чіпа з радіочастотним передавачем і запис унікального коду піднесеної мітки до масиву пам'яті для подальшої обробки.

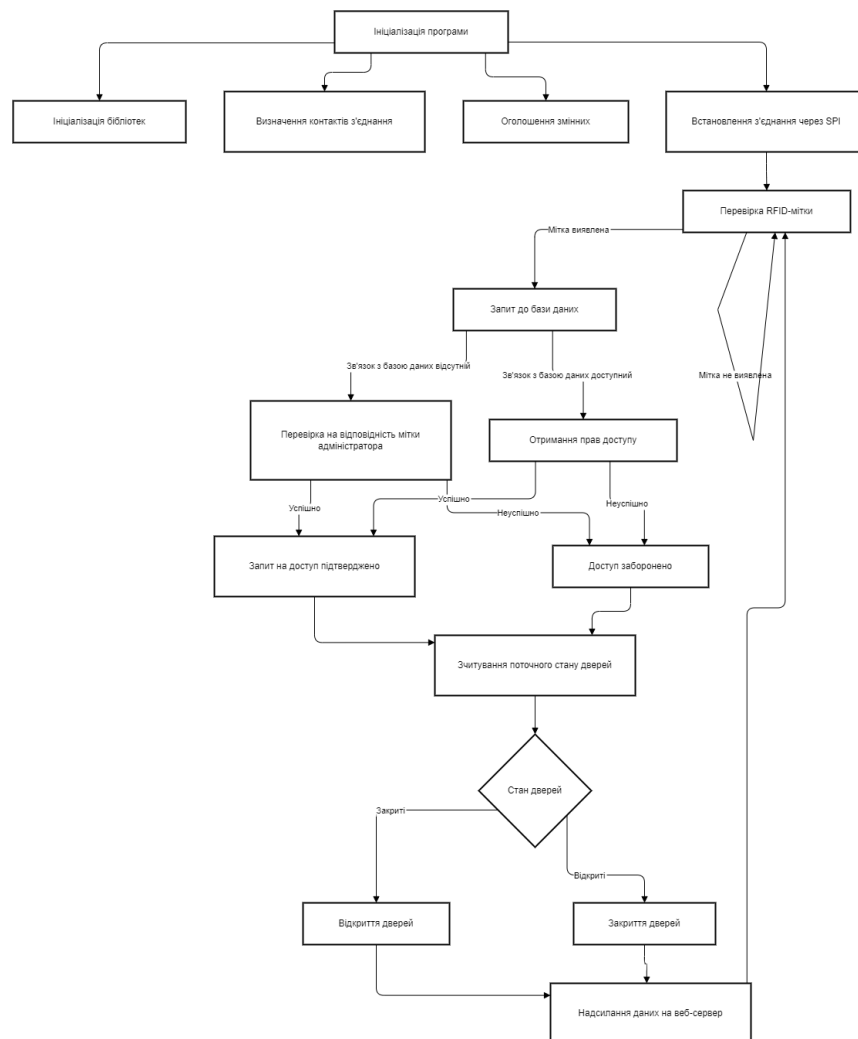


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи програмного коду для взаємодії з RC522

Сервопривід є механічним пристроєм, який забезпечує кероване переміщення вихідного вала на заданий кут і підтримує це положення. Детальніше, сервопривід являє собою механізм із системою негативного зворотного зв'язку, що дозволяє з високою точністю контролювати параметри руху. Будь-який механічний привід, який містить сенсор положення, швидкості або зусилля, а також блок управління для підтримання заданого значення, відноситься до класу сервоприводів.

Робота сервоприводу побудована за наступним принципом. Пристрій отримує на вхід значення керуючого параметра, наприклад кутового положення. Блок управління порівнює це значення з даними внутрішнього сенсора. На основі порівняння привід здійснює дію – змінює положення вала, прискорює або уповільнює обертання – для досягнення максимально точного співпадіння із заданим параметром.

Найпоширенішими є серво-механізми, що утримують фіксоване положення кута або обертання на постійній швидкості.

Основою механізму є електродвигун, з'єднаний із редуктором. Електромотор перетворює електричну енергію на механічну, забезпечуючи обертання вихідного вала. Оскільки швидкість обертання двигуна зазвичай занадто висока для практичного використання, застосовується редуктор – система передач, що знижує швидкість і збільшує крутний момент.

Для контролю положення вихідного вала використовується потенціометр, який змінює свій опір пропорційно куту обертання. Таким чином, система зворотного зв'язку забезпечує контроль фактичного положення сервоприводу відносно бажаного.

Крім двигуна, редуктора та потенціометра, до складу сервоприводу входить електронний блок управління, що обробляє сигнали від сенсорів та формує керуючі імпульси. Він підтримує точність і стабільність роботи пристрою відповідно до зовнішнього керуючого сигналу.

До сервоприводу підключаються три дроти: два з них відповідають за живлення електромотора, а третій призначений для подачі керуючого сигналу [7].

Використовуваний у проєкті сервопривід має три основних контакти: контакт живлення, контакт для прийому керуючого сигналу та контакт заземлення.

На керуючий контакт передається сигнал із контролера, що визначає необхідний кут обертання вихідного вала. Для роботи із сервоприводом у середовищі Arduino IDE необхідно підключити стандартну бібліотеку Servo, що забезпечує зручний інтерфейс для керування пристроєм. Після підключення бібліотеки створюється об'єкт класу Servo та виконується прив'язка керуючого сигналу до відповідного контакту.

Код ініціалізації виглядає наступним чином:

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servo;
```

```
void setup() {
```

```
    servo.attach(0);
```

```
}
```

Після цього можна використовувати команду `servo.write()`, яка задає потрібний кут повороту. Наприклад, фрагмент коду для керування відкриттям і закриттям дверей виглядає так:

```
if (is_door_open == false) {
```

```
    servo.write(180);
```

```
    is_door_open = true;
```

```
    Serial.println("Opening...");
```

```
} else {
```

```
    servo.write(60);
```

```
    is_door_open = false;
```

```
    Serial.println("Closing...");
```

```
}
```

У цьому коді виконується перевірка стану дверей. Якщо двері зачинені, сервопривід обертає вихідний вал на кут, що дозволяє відкрити двері. Якщо двері

відчинені, сервопривід повертає ригель замка у початкове положення, забезпечуючи їх зачинення.

### 3.3 Веб-сервер

Для створення і роботи локального веб-сервера на персональному комп'ютері необхідне встановлення додаткового програмного забезпечення. Основою веб-сервера виступає програма Apache, яка є однією з найпоширеніших у світі завдяки своїй гнучкості, універсальності та підтримці великої кількості веб-додатків. Саме за допомогою Apache буде реалізовано обробку HTTP-запитів, отриманих від контролера Wemos D1 R2.

Після встановлення та налаштування сервера в панелі завдань з'являється ярлик Apache Monitor, який дозволяє керувати станом сервера. У разі успішного запуску можна спостерігати стан сервера у вигляді відповідного повідомлення (рис. 3.5).

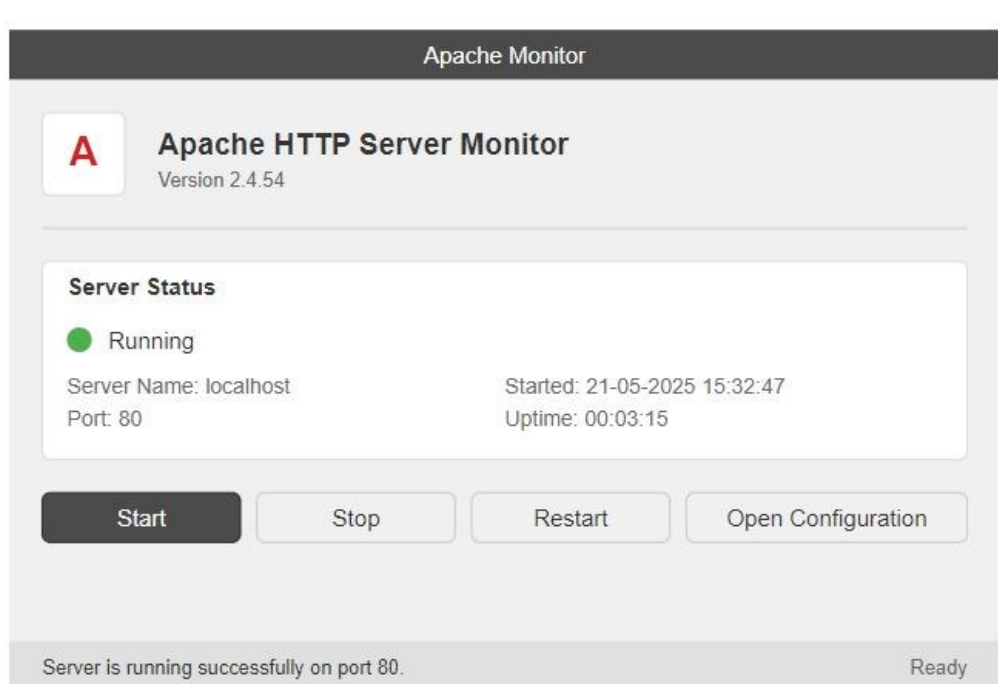


Рисунок 3.5 – Інтерфейс програми Apache Monitor після запуску сервера

Для перевірки коректності роботи сервера достатньо ввести у браузері адресу localhost або IP-адресу 127.0.0.1. У випадку правильної роботи з'явиться стандартне повідомлення, що сервер функціонує (рис. 3.6).

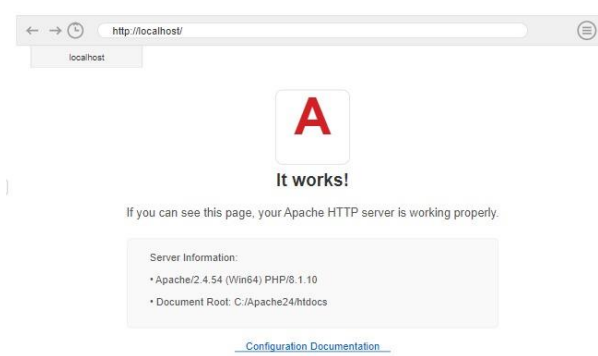


Рисунок 3.6 – Відповідь веб-сервера Apache на запит localhost

Файли веб-сайту за замовчуванням розміщуються у директорії, що була визначена під час встановлення Apache, зазвичай це папка htdocs. Основний файл, який обробляється сервером, має назву index.php. Для взаємодії з базою даних використовується мова PHP, що дозволяє гнучко обробляти запити від контролера.

Для реалізації функціоналу веб-сервера безпосередньо на контролері Wemos D1 R2 використовується середовище програмування Arduino IDE. Щоб забезпечити підтримку бездротової мережі Wi-Fi, необхідно підключити спеціальну бібліотеку, яка дозволяє працювати з вбудованим модулем ESP8266. Для цього в коді оголошується директива:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

Підключення до локальної бездротової мережі здійснюється за допомогою функції WiFi.begin(ssid, password), де ssid — це ім'я мережі Wi-Fi, а password — відповідний пароль доступу. Після встановлення з'єднання контролер може обмінюватися даними із сервером.

Бібліотека ESP8266WiFi надає різноманітні функції для роботи з мережею. Наприклад, функція WiFi.localIP() повертає локальну IP-адресу пристрою у підключеній мережі, що дозволяє визначити адресу для відправки або прийому

даних. Функція `WiFi.status()` забезпечує перевірку стану підключення і повертає значення статусу з'єднання (детальні коди статусів наведені у додатку 2).

Команда `client.connect(ip, port)` дозволяє встановити TCP-з'єднання з сервером за вказаною IP-адресою і портом. Для стандартних HTTP-з'єднань використовуються порти 80 (незахищений трафік) і 443 (захищений трафік через HTTPS). Важливо, щоб порт, до якого виконується підключення, був відкритим і доступним для прийому вхідних з'єднань.

Для обміну даними використовуються команди `client.println()` для надсилання текстових повідомлень на сервер, а також `client.available()` і `client.read()`. Перша команда визначає кількість байт, доступних для читання з буфера вхідних повідомлень, тоді як друга команда безпосередньо зчитує надіслані сервером дані. Комбінація цих команд дозволяє ефективно обробляти вхідні відповіді на запити.

### 3.4 База даних

Для коректної роботи системи було розроблено дві основні таблиці: таблицю користувачів та таблицю журналу відвідувань. Структура таблиці користувачів подана у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Структура таблиці користувачів

| Назва поля | Тип даних    | Опис                     |
|------------|--------------|--------------------------|
| id         | INT          | Унікальний ідентифікатор |
| card_id    | VARCHAR(50)  | Унікальний код картки    |
| name       | VARCHAR(100) | Ім'я користувача         |
| access     | BOOLEAN      | Права доступу (так/ні)   |

Таблиця для зберігання історії відвідувань наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Структура таблиці журналу відвідувань

| Назва поля | Тип даних   | Опис                           |
|------------|-------------|--------------------------------|
| id         | INT         | Унікальний ідентифікатор події |
| card_id    | VARCHAR(50) | Унікальний код картки          |
| timestamp  | DATETIME    | Дата і час події               |

Обидві таблиці працюють у зв'язці: при кожному виявленні картки контролер перевіряє наявність запису у таблиці користувачів і за результатом верифікації створює запис у журналі подій.

### 3.4 Опис системи

Архітектура розробленої системи обліку відвідуваності базується на взаємодії трьох основних модулів: контролера Wemos D1 R2, сервера бази даних на персональному комп'ютері та вбудованого веб-сервера на самому Wemos D1 R2. Взаємодія між цими елементами дозволяє забезпечити облік користувачів, перевірку прав доступу та зберігання журналу подій. Загальна архітектура системи представлена на рисунку 3.7.

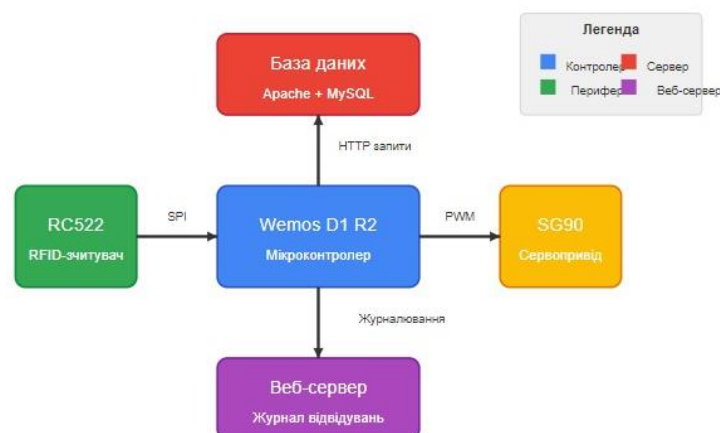


Рисунок 3.7 – Структурна схема системи обліку відвідуваності

Контролер Wemos D1 R2 приймає дані з RFID-зчитувача RC522, формує запит на сервер бази даних, аналізує отриману відповідь та виконує дію над сервоприводом залежно від результату перевірки доступу. Веб-сервер, розгорнутий на Wemos D1 R2, додатково записує дані про відвідування для локального збереження історії подій. Сервер бази даних, що працює під керуванням Apache та PHP, обробляє запити на перевірку прав доступу користувачів.

Під час ідентифікації RFID-мітки контролер Wemos D1 R2 формує запит до бази даних для перевірки прав доступу. Алгоритм взаємодії із сервером подано на рисунку 3.8.

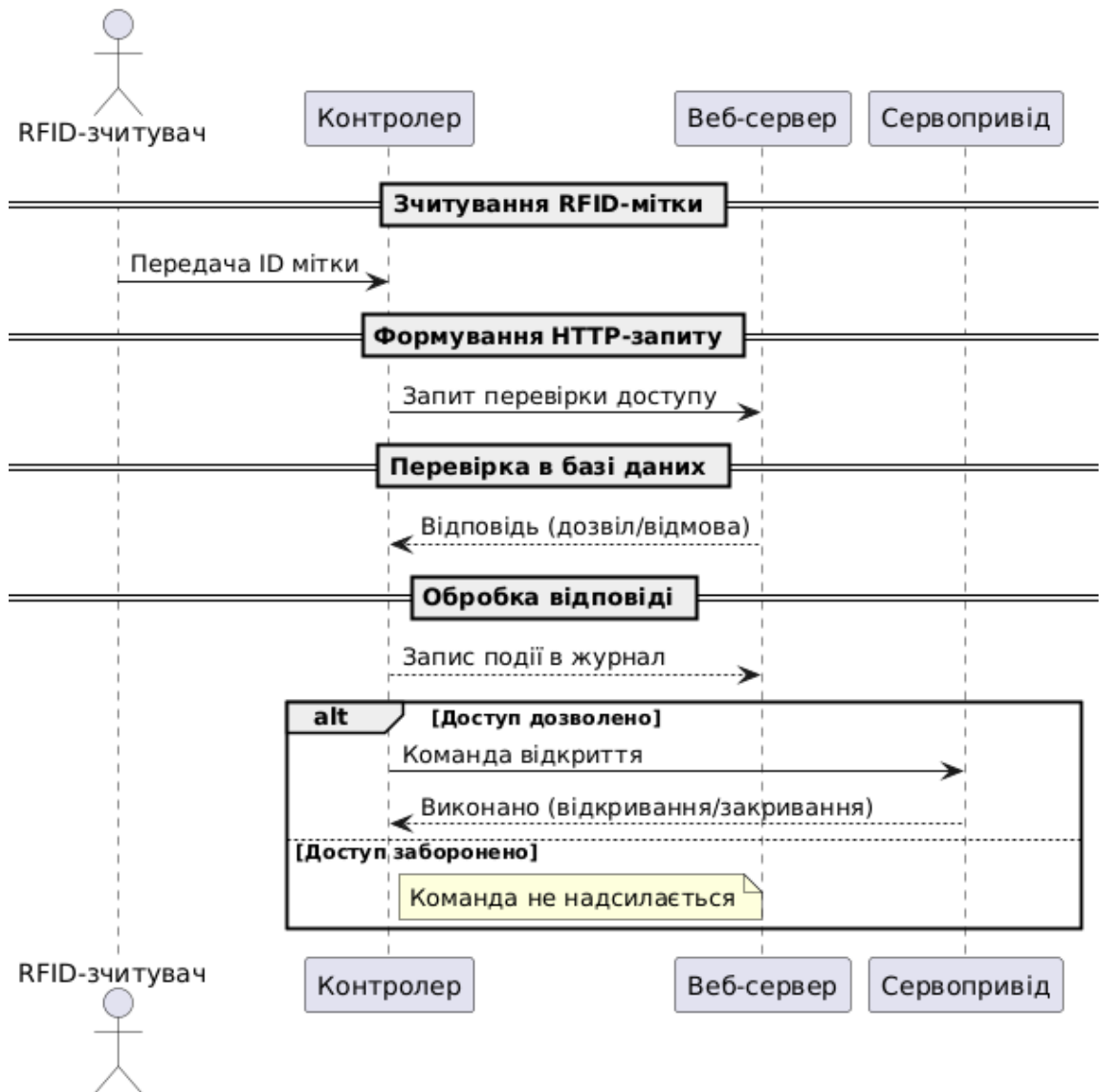


Рисунок 3.8 – Діаграма послідовності обробки запиту доступу

Після виявлення мітки формується HTTP-запит із унікальним номером картки, який надсилається на сервер Apache. Сервер обробляє запит і надсилає відповідь про наявність або відсутність прав доступу. У разі позитивної відповіді контролер відкриває двері і заносить дані про відвідування у локальний журнал.

Для забезпечення роботи всієї системи реалізовані ключові фрагменти програмного коду.

Підключення до Wi-Fi мережі виконується за допомогою бібліотеки ESP8266WiFi. Лістинг 3.1 демонструє приклад коду для підключення.

### Лістинг 3.1 – Код підключення до Wi-Fi

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "yourSSID";
const char* password = "yourPassword";

void setup() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
}
```

Формування та надсилання запиту на сервер реалізоване у наступному коду (лістинг 3.2).

### Лістинг 3.2 – Код запиту на сервер

```
WiFiClient client;
if (client.connect(server_ip, 80)) {
  client.println("GET      /check_access.php?card_id=YOUR_CARD_ID
HTTP/1.1");
  client.println("Host: server_ip");
  client.println("Connection: close");
  client.println();
```

Після отримання відповіді серверу виконується обробка даних та запис результату в локальну пам'ять або веб-сервер (лістинг3.3).

### Лістинг 3.3 – Код запису відвідування

```
if (client.available()) {  
    String response = client.readStringUntil('\r');  
    if (response.indexOf("ALLOW") >= 0) {  
        // Відкрити двері  
        // Записати відвідування  
    }  
}
```

Таким чином, описані програмні модулі забезпечують повний цикл взаємодії системи з користувачем та обробки інформації в реальному часі.

## 3.5 Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розроблено комп'ютерну систему моніторингу робочого часу на базі мікроконтролера Arduino, що забезпечує ідентифікацію користувачів за допомогою RFID-технології та автоматичний контроль доступу до приміщень.

Спроектвана структура системи включає в себе п'ять основних компонентів, що взаємодіють між собою: RFID-зчитувач RC522, мікроконтролер Wemos D1 R2, сервопривід для керування замком, веб-сервер на персональному комп'ютері та вбудований веб-сервер на контролері. Визначено схему взаємодії між цими елементами, розроблено алгоритм роботи системи та створено необхідні програмні модулі для реалізації функціональних можливостей.

Детально описано підключення RFID-зчитувача до мікроконтролера через SPI-інтерфейс, наведено схему з'єднань та таблицю відповідності контактів.

Реалізовано програмний код для зчитування RFID-міток, взаємодії з базою даних та керування сервоприводом через бібліотеку Servo.

Створено локальний веб-сервер на основі Apache для обробки запитів і зберігання даних про користувачів та їхні права доступу. Одночасно на мікроконтролері Wemos D1 R2 було реалізовано вбудований веб-сервер для ведення журналу подій, що дозволяє зберігати інформацію про час входу та виходу навіть при тимчасовій втраті зв'язку з основним сервером.

Розроблено структуру бази даних, що складається з двох основних таблиць: таблиці користувачів, де зберігається інформація про RFID-мітки та права доступу, і таблиці журналу відвідувань, де фіксуються всі події входу та виходу з часовими мітками.

Важливим аспектом розробки стала реалізація комунікації між компонентами системи через бездротову мережу Wi-Fi, що забезпечує гнучкість розміщення пристрою та спрощує його інтеграцію в існуючу інфраструктуру приміщень.

Завдяки використанню готових бібліотек для роботи з RFID-зчитувачем, сервоприводом та Wi-Fi модулем вдалося значно спростити програмний код та підвищити надійність системи. Розроблений підхід дозволяє легко масштабувати систему та адаптувати її до різних умов експлуатації.

## **4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОЧОГО ЧАСУ**

### **4.1 Мета тестування**

Тестування системи обліку робочого часу на базі мікроконтролера Arduino має на меті перевірку працездатності всіх компонентів системи у реальних умовах експлуатації. Основною метою є виявлення можливих помилок або нестабільностей у роботі окремих модулів і взаємодії між ними, а також оцінка відповідності роботи системи поставленим вимогам до функціональності,

швидкодії та надійності. Тестування дозволяє переконатися, що зчитування RFID-міток відбувається правильно, обробка запитів до бази даних виконується без затримок, а керування сервоприводом забезпечує точне відкривання та закривання дверей відповідно до результатів перевірки прав доступу.

Особлива увага приділяється перевірці роботи веб-серверів: як локального на персональному комп'ютері для обробки бази даних користувачів, так і вбудованого веб-сервера на платформі Wemos D1 R2 для збереження журналу відвідувань. Також важливо протестувати стабільність підключення контролера до Wi-Fi мережі, адже втрата з'єднання може призвести до збоїв у роботі системи в цілому.

Метою тестування є підтвердження коректності реалізації усіх функціональних можливостей системи в умовах типового використання, оцінка її стійкості до можливих збоїв та перевірка відповідності очікуваному рівню швидкодії та надійності.

## **4.2 Методика тестування**

Для перевірки працездатності системи обліку робочого часу було організовано тестове середовище, що повністю імітує реальні умови експлуатації. До складу середовища входили: мікроконтролер Wemos D1 R2 із підключеним RFID-зчитувачем RC522, сервопривід, персональний комп'ютер із встановленим веб-сервером Apache та базою даних MySQL, а також бездротова локальна мережа Wi-Fi, через яку здійснювався обмін даними між компонентами системи.

Метою тестування було перевірити коректність зчитування RFID-міток, правильність формування запитів до бази даних користувачів, стабільність отримання відповідей від сервера, точність виконання команд керування сервоприводом та надійність збереження інформації про відвідування на веб-

сервері Wemos D1 R2. Було також перевірено стійкість роботи системи при багаторазовому повторенні операцій і оцінено затримки обробки запитів.

Тестування виконувалося за наступною схемою: RFID-мітку підносили до зчитувача, після чого контролер надсилав HTTP-запит на сервер для перевірки прав доступу. У відповідь контролер отримував результат, на основі якого здійснювалось відкривання або закривання дверей шляхом керування сервоприводом. Одночасно дані про час події і код мітки записувалися у внутрішню базу даних веб-сервера на Wemos D1 R2.

Тестування проводилося як для випадків, коли мітка має право доступу, так і для випадків відмови у доступі, що дозволило оцінити правильність обробки всіх можливих сценаріїв роботи системи.

### **4.3 Проведення тестування**

Процес тестування системи обліку робочого часу проводився шляхом багаторазового повторення основних операцій, що імітують реальне використання системи. Основна увага приділялася перевірці взаємодії між модулями, швидкості обробки запитів, стабільності передачі даних через мережу Wi-Fi, а також правильності виконання дій керування сервоприводом.

На початковому етапі тестування перевірялася працездатність RFID-зчитувача RC522. До пристрою підносили різні RFID-мітки, кожна з яких мала бути ідентифікована протягом короткого проміжку часу. Система стабільно зчитувала унікальні ідентифікатори карток без затримок, час виявлення мітки складав менше однієї секунди.

На наступному етапі тестування було перевірено обробку запитів до бази даних. Контролер Wemos D1 R2 надсилав HTTP-запит на сервер Apache, де зберігалася база даних користувачів. У відповідь система отримувала інформацію про наявність прав доступу для конкретної мітки. Середній час обробки одного

запиту не перевищував однієї секунди, що відповідає вимогам до швидкодії системи.

Окремо перевірялася робота сервоприводу, який відповідає за відкривання та закривання дверей. Після підтвердження права доступу сервопривід швидко і точно змінював своє положення, що дозволяло здійснювати фізичний контроль над дверима. Жодних збоїв або неправильних спрацьовувань зафіксовано не було.

Також тестувалася робота вбудованого веб-сервера на Wemos D1 R2, який записував дані про кожне відвідування приміщення. Всі події, що фіксувалися системою, зберігалися у базі даних на локальному сервері Wemos, що підтвердило стабільність роботи внутрішнього зберігання даних.

У таблиці 4.1 наведені результати тестування основних компонентів системи.

Таблиця 4.1 – Результати тестування компонентів системи

| Тестування елемента                 | Результат | Примітка                                      |
|-------------------------------------|-----------|---|
| Зчитування RFID-мітки               | Успішно   | Час виявлення мітки < 1 сек                   |
| Формування запиту до бази даних     | Успішно   | Затримка відповіді сервера < 1 сек            |
| Робота сервоприводу                 | Успішно   | Стабільне відкривання і закривання дверей     |
| Стабільність Wi-Fi з'єднання        | Успішно   | З'єднання зберігається під час роботи системи |
| Робота локального веб-сервера Wemos | Успішно   | Дані про відвідування записуються коректно    |

В процесі тестування система продемонструвала високу стабільність та відповідність функціональним вимогам, що дозволяє рекомендувати її для подальшого практичного використання.

На основі проведеного тестування системи обліку робочого часу було встановлено, що всі компоненти функціонують коректно та відповідають заданим

вимогам до працездатності, швидкодії та надійності. Зчитування RFID-міток відбувається стабільно, без затримок, обробка запитів до бази даних здійснюється у межах прийняттого часу відповіді, а передача даних через Wi-Fi-з'єднання показала стійкість навіть при багаторазових запитах.

Керування сервоприводом також здійснюється без помилок, забезпечуючи надійне відкривання та закривання дверей відповідно до результатів перевірки доступу. Робота локального веб-сервера на платформі Wemos D1 R2 виявилася стабільною, дані про кожне відвідування надійно фіксуються у внутрішній базі даних пристрою.

Під час тестування не було виявлено суттєвих збоїв або недоліків у роботі системи. Система показала високу стійкість до навантажень, що виникають у процесі активної експлуатації. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що розроблена система обліку робочого часу є придатною для впровадження в практичні умови використання, а у разі потреби може бути легко масштабована або доповнена новими функціональними можливостями, такими як інтеграція з більш складними базами даних або розширення функціоналу веб-інтерфейсу для користувачів.

#### **4.4 Висновки до розділу 4**

У четвертому розділі було проведено комплексне тестування розробленої системи моніторингу робочого часу на базі мікроконтролера Arduino. Тестування охопило всі функціональні компоненти системи та їх взаємодію в умовах, максимально наближених до реальної експлуатації.

Результати тестування підтвердили високу надійність та стабільність роботи системи. RFID-зчитувач RC522 стабільно ідентифікував мітки на відстані до 5 см, час виявлення не перевищував однієї секунди, що відповідає поставленим вимогам до швидкодії. Формування запитів до бази даних та отримання

відповідей від сервера також відбувалося без затримок, з середнім часом обробки менше однієї секунди.

Тестування роботи сервоприводу показало його надійне функціонування при виконанні операцій відкривання та закривання дверей. Відхилення від заданих кутів повороту було мінімальним, що забезпечило точне виконання механічних операцій. Важливо відзначити, що при багаторазовому повторенні операцій не спостерігалось зниження точності або швидкості реакції.

Стабільність Wi-Fi з'єднання між мікроконтролером Wemos D1 R2 та сервером було перевірено в умовах різної завантаженості мережі. Система показала стійкість з'єднання навіть при зниженні рівня сигналу, з автоматичним відновленням після тимчасової втрати зв'язку. Це підтверджує надійність бездротової комунікації в нормальних умовах експлуатації.

Локальний веб-сервер на платформі Wemos D1 R2 коректно фіксував дані про події відвідування, зберігаючи їх у внутрішній пам'яті. Тестування підтвердило, що навіть при втраті зв'язку з основним сервером, система продовжувала вести журнал подій, який потім синхронізувався після відновлення з'єднання.

Також було проведено стрес-тестування системи шляхом багаторазового повторення операцій зчитування різних RFID-міток в короткі проміжки часу. Система успішно справилася з цим навантаженням, не проявивши ознак нестабільності або зниження швидкодії.

За результатами тестування не було виявлено критичних недоліків або помилок, що потребували б суттєвого переопрацювання системи. Всі функціональні та нефункціональні вимоги, сформульовані на етапі проектування, були повністю задоволені.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи було розроблено комп'ютерну систему обліку робочого часу на базі мікроконтролера Arduino, що реалізує автоматичну ідентифікацію користувачів за допомогою технології RFID та фіксацію подій у базі даних. Основною метою роботи було створення надійної, недорогої та простої у використанні системи контролю доступу та обліку відвідуваності, що може бути впроваджена в малих організаціях, офісах або навчальних закладах.

У рамках проєкту було проведено огляд існуючих методів ідентифікації, вибрано найбільш відповідну технологію радіочастотної ідентифікації RFID, розроблено загальну архітектуру системи, розгорнуто сервер бази даних на персональному комп'ютері та локальний веб-сервер на мікроконтролері Wemos D1 R2. Також було реалізовано взаємодію між зчитувачем RC522, контролером і веб-серверами, а також впроваджено механізм фізичного доступу через сервопривід.

Виконано повний цикл тестування розробленої системи, який показав високу надійність роботи окремих компонентів, стабільність передачі даних через бездротову мережу та відповідність функціональних можливостей поставленим вимогам. Система успішно справляється із завданнями ідентифікації користувачів, обробки прав доступу та обліку часу відвідувань.

Практична цінність розробленої системи полягає у її гнучкості, масштабованості та низькій вартості компонентів, що робить її привабливим рішенням для широкого кола застосувань. У подальшому система може бути модернізована шляхом додавання віддаленого керування, інтеграції з хмарними сервісами для централізованого збору даних або розширення функціоналу за рахунок підключення додаткових сенсорів безпеки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Блейк Стоун. Arduino. Повний посібник для початківців / Б. Стоун. – Київ: Видавництво «Наш Формат», 2020. – 312 с.
2. John Vohall. Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects / J. Vohall. – San Francisco: No Starch Press, 2013. – 392 p.
3. Марк Люш. Програмування мікроконтролерів: Практичний посібник / М. Люш. – Львів: Літопис, 2021. – 270 с.
4. Klaus Finkenzeller. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification / K. Finkenzeller. – Chichester: John Wiley & Sons, 2010. – 508 p.
5. Simon Monk. Programming Arduino: Getting Started with Sketches / S. Monk. – New York: McGraw-Hill Education, 2011. – 192 p.
6. Кравченко О.О. Мікроконтролери та їх застосування в інформаційно-вимірювальних системах / О.О. Кравченко. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 178 с.
7. Майкл Марголіс. Arduino. Практичний посібник для розробників / М. Марголіс. – Київ: Діалектика, 2018. – 442 с.
8. Marco Schwartz. Internet of Things Projects with ESP8266: Build exciting IoT projects with ESP8266 Wi-Fi module / M. Schwartz. – Birmingham: Packt Publishing, 2016. – 202 p.
9. Нік Голдсміт. Основи проектування баз даних: принципи і практика / Н. Голдсміт. – Київ: Академперіодика, 2021. – 210 с.
10. Кеннет Барч. MySQL для початківців: ефективна розробка баз даних / К. Барч. – Львів: Видавництво Старого Лева, 2020. – 280 с.
11. Donald Norris. Internet of Things with Arduino Blueprints / D. Norris. – Birmingham: Packt Publishing, 2016. – 350 p.
12. Сидоренко В.В. Технології Інтернету речей / В.В. Сидоренко. – Київ: Наукова думка, 2022. – 190 с.

13. Charles Bell. *Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi* / C. Bell. – New York: Apress, 2014. – 372 p.
14. Robert Faludi. *Building Wireless Sensor Networks: With ZigBee, XBee, Arduino, and Processing* / R. Faludi. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2010. – 322 p.
15. Мельник С.О. Системи моніторингу на базі мікроконтролерів: основи проектування / С.О. Мельник. – Харків: Ранок, 2020. – 198 с.

Національний університет «Запорізька політехніка»  
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

# РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РОБОЧОГО ЧАСУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO

ВИКОНАВ СТУДЕНТ ГРУПИ КНТ-521 ПАЦУКОВА.І.  
КЕРІВНИК, К.Т.Н, ДОЦЕНТ КАСЬЯН К.М.

# МЕТА ТА ЗАДАЧІ

Мета роботи полягає у створенні системи, що дозволяє автоматично фіксувати час початку і завершення робочого дня працівників, зберігати ці дані у зручному форматі та забезпечувати доступ до них через локальну або хмарну мережу.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу присутності працівників.

Предметом дослідження виступає програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи обліку робочого часу на базі Arduino з використанням RFID-технологій та Wi-Fi-з'єднання.

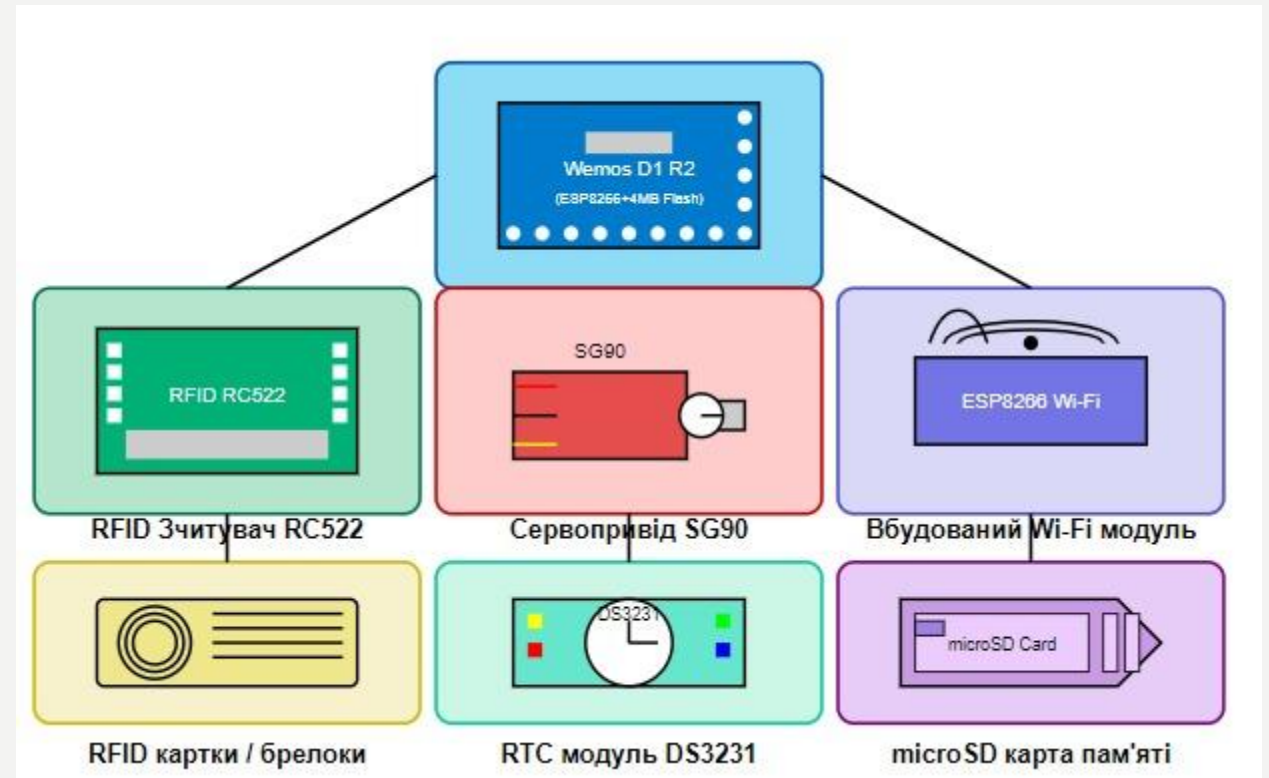
Для досягнення мети в роботі треба вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі системи контролю доступу та обліку часу;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи та ідентифікаційної технології;
- розробити схему підключення компонентів системи: контролера, RFID-зчитувача, сервоприводу;
- реалізувати програмне забезпечення для Arduino з урахуванням взаємодії з веб-сервером;
- створити веб-інтерфейс для перегляду та обробки даних про присутність;
- провести моделювання та тестування роботи системи.

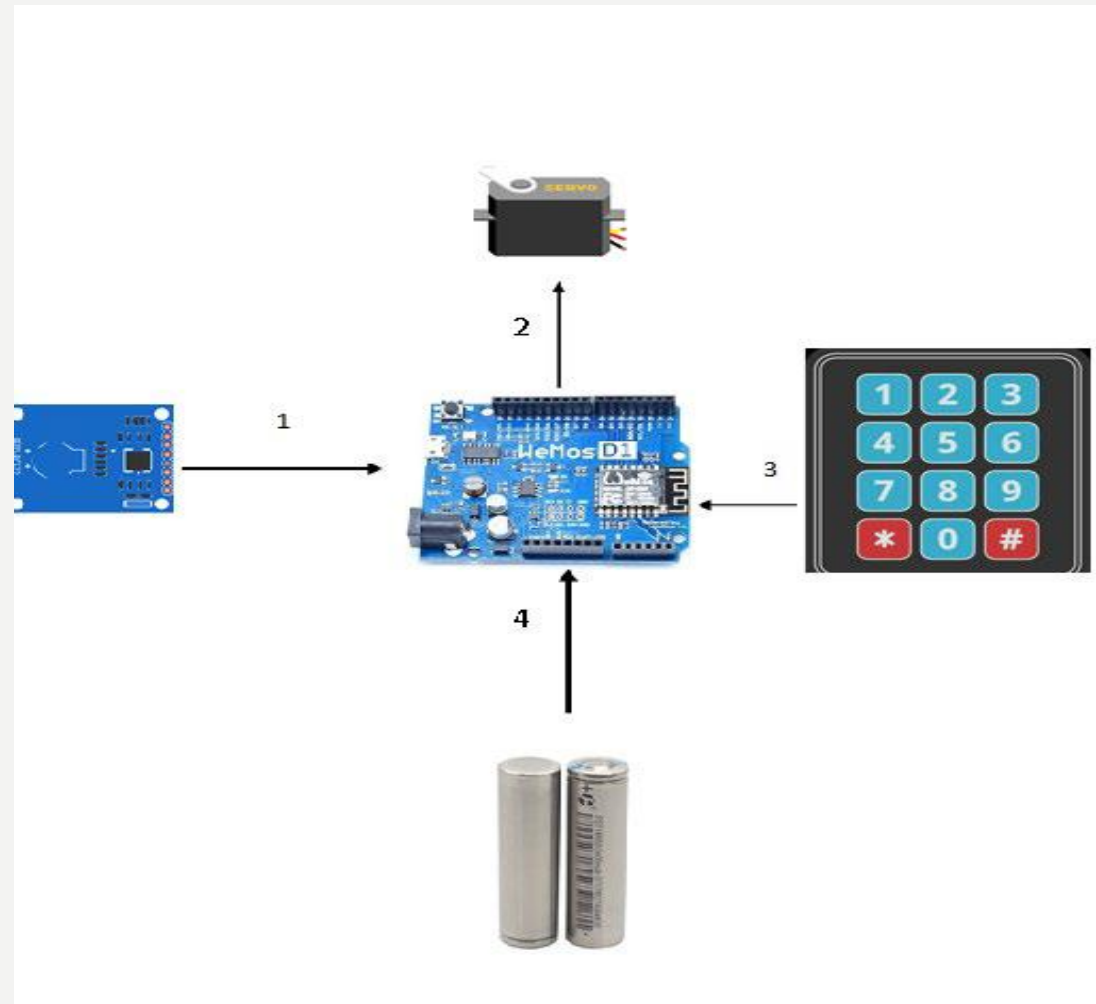
# ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РОБОЧОГО ЧАСУ

| Тип вимог       | Опис вимог  |
|-----------------|---|
| Функціональні   | зчитування RFID-карти; фіксація дати і часу події; збереження в лог-файл;<br>передача даних на веб-сервер; відображення інформації через веб-інтерфейс; |
| Нефункціональні | надійність зчитування; енергоефективність; простота налаштування;<br>масштабованість; сумісність з Arduino IDE; безпечний доступ до даних.              |

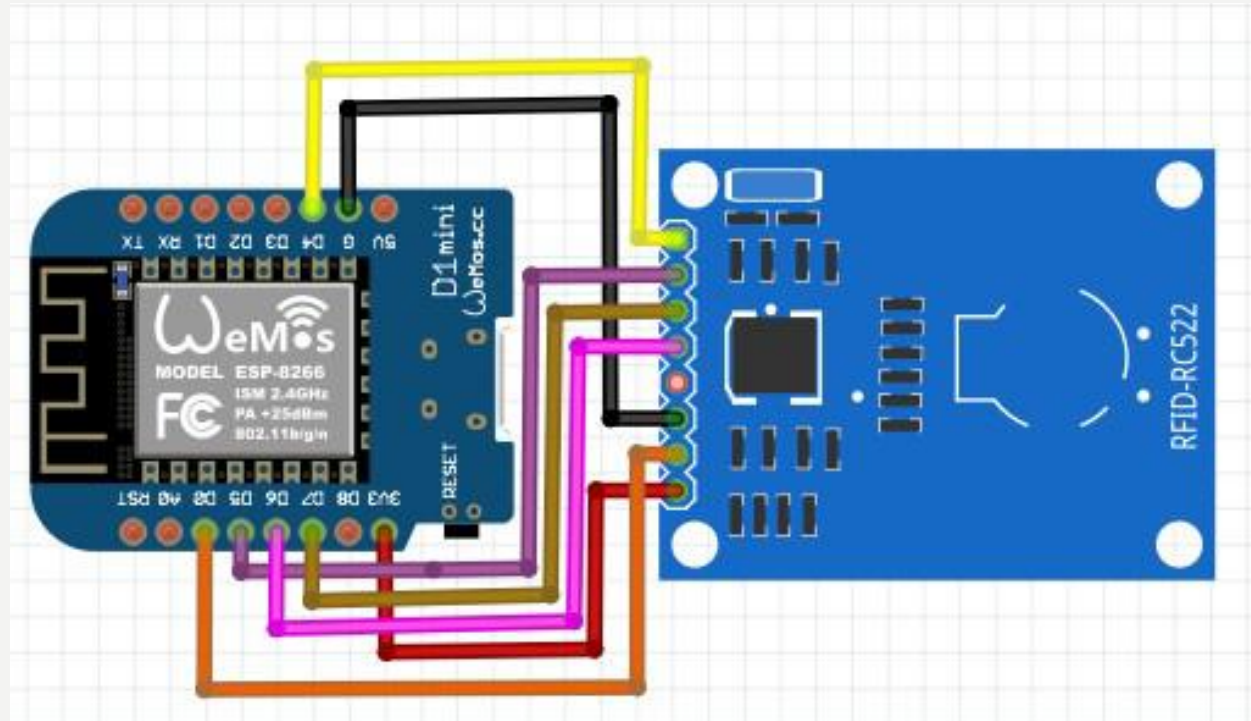
# ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ



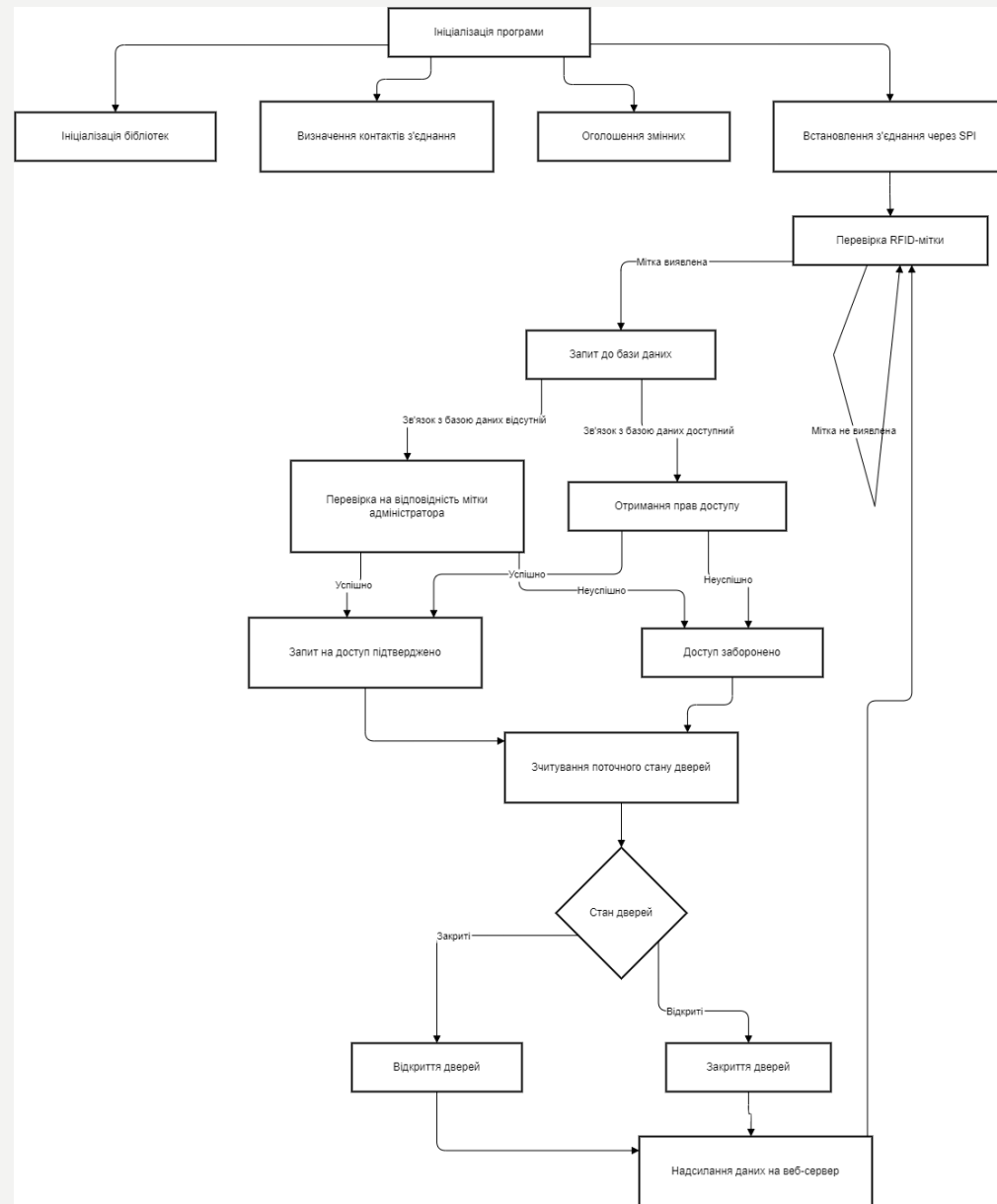
# ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВІДВІДУВАНОСТІ



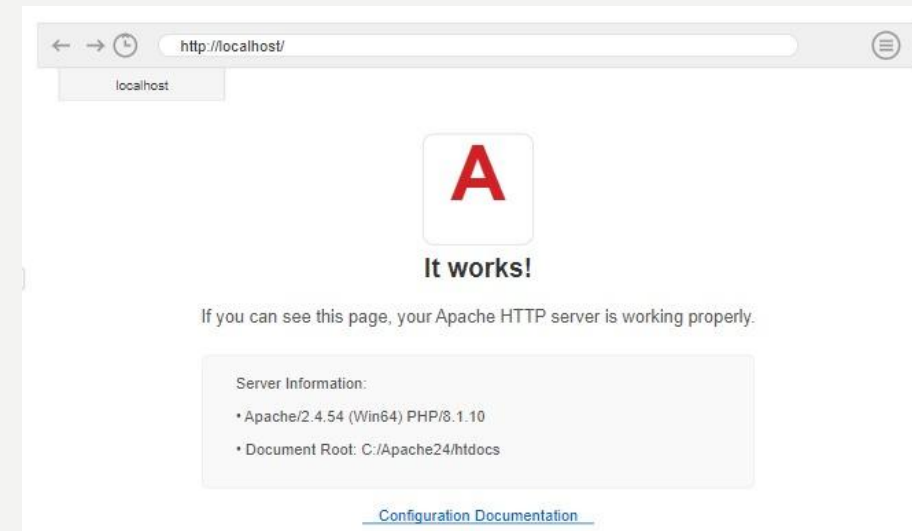
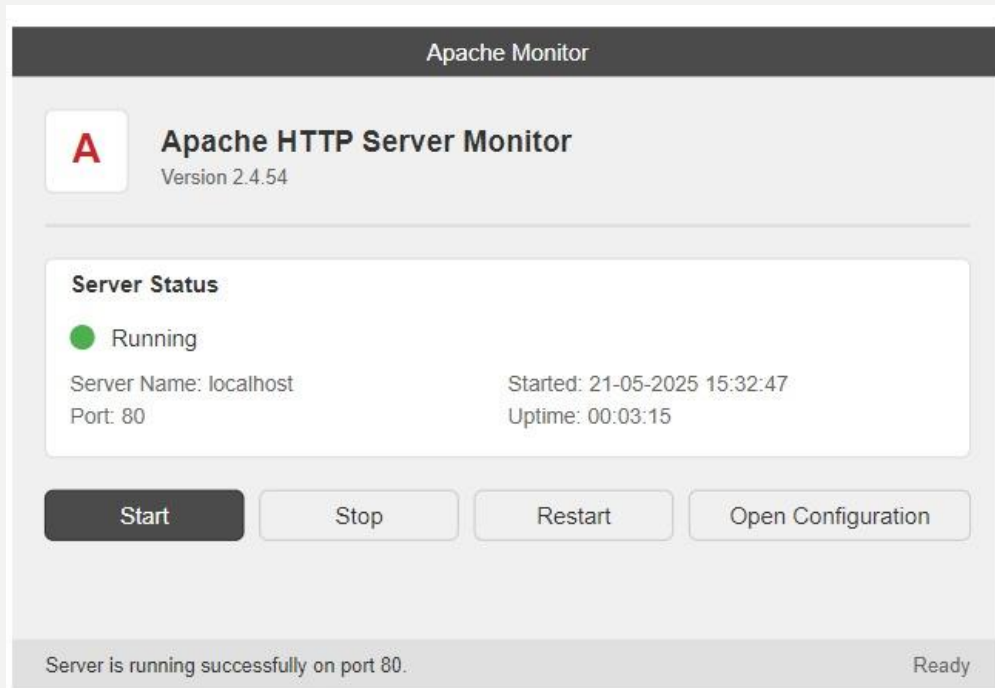
# СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ RC522 ДО WEMOS D1 MINI



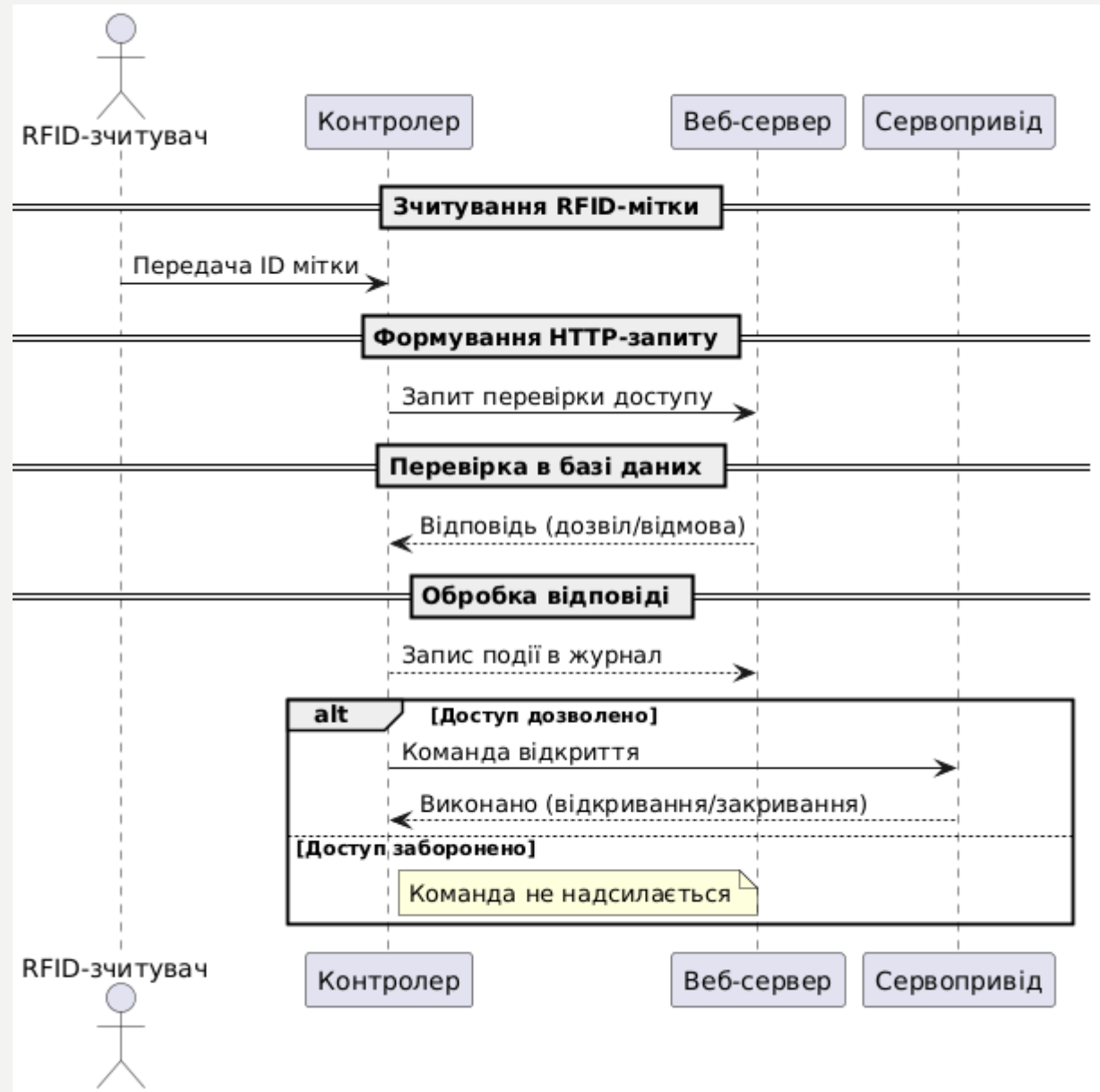
# АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО КОДУ ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З RS522



# ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМИ APACHE MONITOR ПІСЛЯ ЗАПУСКУ СЕРВЕРА



# ДІАГРАМА ПОСЛІДОВНО СТІ ОБРОБКИ ЗАПИТУ ДОСТУПУ



# РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ

| Тестування елемента                 | Результат | Примітка                                      |
|-------------------------------------|-----------|---|
| Зчитування RFID-мітки               | Успішно   | Час виявлення мітки < 1 сек                   |
| Формування запиту до бази даних     | Успішно   | Затримка відповіді сервера < 1 сек            |
| Робота сервоприводу                 | Успішно   | Стабільне відкривання і закривання дверей     |
| Стабільність Wi-Fi з'єднання        | Успішно   | З'єднання зберігається під час роботи системи |
| Робота локального веб-сервера Wemos | Успішно   | Дані про відвідування записуються коректно    |

# ВИСНОВКИ

- У рамках проєкту було проведено огляд існуючих методів ідентифікації, вибрано найбільш відповідну технологію радіочастотної ідентифікації RFID, розроблено загальну архітектуру системи, розгорнуто сервер бази даних на персональному комп'ютері та локальний веб-сервер на мікроконтролері Wemos D1 R2. Також було реалізовано взаємодію між зчитувачем RC522, контролером і веб-серверами, а також впроваджено механізм фізичного доступу через сервопривід.
- Практична цінність розробленої системи полягає у її гнучкості, масштабованості та низькій вартості компонентів, що робить її привабливим рішенням для широкого кола застосувань. У подальшому система може бути модернізована шляхом додавання віддаленого керування, інтеграції з хмарними сервісами для централізованого збору даних або розширення функціоналу за рахунок підключення додаткових сенсорів безпеки.