

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_  
Розроблення системи автоматизації контролю параметрів доступу  
транспорту на приладобудівному підприємстві  
(тема)

Виконав:  
здобувач 4 року навчання,  
групи АКТАКІТ-21-2  
Кирило НАГОВІЩИН  
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 151 Автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Артем БРОННІКОВ  
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри КІТАР

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ігор НЕВЛЮДОВ  
(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

## Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологійКафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехнікиРівень вищої освіти перший (бакалаврський)Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і повна назва)Тип програми освітньо-професійнаОсвітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)« \_\_\_\_\_ » 20 25 р.**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУздобувачеві Наговіцину Кирилу Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Розроблення системи автоматизації контролю параметрів доступу транспорту на приладобудівному виробництвізатверджена наказом університету від 19 травня 2025 р. № 390Ст2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 19 червня 2025 р.3. Вихідні дані до роботи 3.1 Мови програмування – C++, Python3.2 Камера ESP32-CAM3.3 Два серводвигуни3.4 Інфрачервоний датчик3.5 Ультразвуковий датчик

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

4.1 Вступ4.2 Аналіз сучасного стану розробок в області систем контролю доступу транспорту4.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів для створення системи контролю4.4 Розробка системи автоматизованого контролю доступу4.5 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_

Слайди у форматі Power Point у кількості 10 слайдів з розширенням .pptx

---



---



---



---



---



---



---



---

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	28.04.25 – 05.05.25	виконано
2	Опрацювання літератури за темою роботи	06.05.25 – 13.05.25	виконано
3	Виконання розділу 1 Аналіз сучасного стану розробок в області систем контролю доступу	14.05.25 – 22.05.25	виконано
4	Виконання розділу 2 Вибір та обґрунтування технічних засобів для створення системи контролю	23.04.25 – 31.05.25	виконано
5	Виконання розділу 3 Розробка системи автоматизованого контролю доступу	01.06.25 – 24.06.25	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	24.06.25 – 25.06.25	виконано
7	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом StrikePlagiarism	23.06.25 – 24.06.25	виконано
8	Подання роботи на рецензію	24.06.25 – 25.06.25	виконано
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	21.06.25 – 22.06.25	виконано
10	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	19.06.25	виконано

Дата видачі завдання 28 квітня 2025 р.

Здобувач \_\_\_\_\_

  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Кирило НАГОВІЦІН

(власне ім'я, прізвище)

доц. Артем БРОННІКОВ

(посада, власне ім'я, прізвище)

Я, Наговіцин Кирило Олександрович, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

25.06.2025



Кирило НАГОВІЦИН

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 51 с., 25 рис., 2 табл., 28 джерел за переліком посилань, 4 додатка.

ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ, РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ, КОНТРОЛЬНО-ПРОПУСКНИЙ ПУНКТ, ESP32-CAM, OCR, СЕРВОДВИГУНИ, УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАТЧИК, ІНФРАЧЕРВОНИЙ ДАТЧИК, FLASK СЕРВЕР

Мета роботи – збільшення пропускної здатності контрольно-пропускних пунктів, підвищення рівня безпеки та зменшення фактору людських помилок шляхом розроблення системи автоматизації.

Об'єкт розробки – процес контролю доступу транспорту на територію приладобудівного підприємства.

Предмет розробки – система автоматизації контролю параметрів доступу транспорту.

У роботі проаналізовано сучасні технології контролю транспортного доступу. Обґрунтовано вибір компонентів системи, розроблено функціональну та електричну схеми підключення, алгоритм роботи й програмне забезпечення з використанням технології розпізнавання символів EasyOCR. Створено макет системи та проведено його тестування. Розроблено Flask веб-сервер для обробки зображень та прийняття рішень щодо доступу. У проєкті використано ESP32-CAM, серводвигуни SG90, датчики HC-SR04 та HC-SR505, Arduino IDE, Python, Flask, EasyOCR, HTML і CSS.

Розробка сприяє досягненню Цілей сталого розвитку ООН, зокрема в частині розвитку промисловості, інновацій та інфраструктури (Ціль 9), створення стійких міст та населених пунктів (Ціль 11).

## ABSTRACT

Explanatory note: 51 p., 25 figures, 2 tables, 28 references, 4 appendices.

VIDEO SURVEILLANCE, LICENSE PLATE RECOGNITION, CHECKPOINT, ESP32-CAM, OCR, SERVO MOTORS, ULTRASONIC SENSOR, INFRARED SENSOR, FLASK SERVER

The purpose of the work is to increase the throughput of checkpoints, improve security and reduce the human error factor by developing an automation system.

The object of development is the process of controlling transport access to the territory of an instrument-making enterprise.

The subject of development is an automation system for controlling transport access parameters.

The paper analyzes modern technologies of transport access control. The choice of system components is substantiated, functional and electrical wiring diagrams, an operation algorithm and software using EasyOCR character recognition technology are developed. The system layout was created and tested. A Flask web server for image processing and access decisions was developed. The project uses ESP32-CAM, SG90 servo motors, HC-SR04 and HC-SR505 sensors, Arduino IDE, Python, Flask, EasyOCR, HTML, and CSS.

The development contributes to the achievement of the UN Sustainable Development Goals, in particular in terms of industrial development, innovation and infrastructure (Goal 9), and the creation of sustainable cities and human settlements (Goal 11).

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз сучасного стану розробок в області систем контролю доступу транспорту.....	11
1.1 Сучасні технології контролю транспортного доступу.....	11
1.2 Переваги та недоліки існуючих технологій.....	17
1.3 Аналіз аналогічних рішень автоматизації доступу.....	19
2 Вибір та обґрунтування технічних засобів для створення системи контролю.....	25
2.1 Вибір обладнання та елементної бази системи.....	25
2.2 Функціональна схема системи контролю доступу.....	29
2.3 Схема підключення компонентів.....	31
2.4 Вибір способу ідентифікації транспорту.....	32
3 Розробка системи автоматизованого контролю доступу.....	33
3.1 Розрахунок джерела живлення для автономної роботи системи.....	33
3.2 Розробка програмного забезпечення для функціонування системи.....	34
3.3 Розробка макету та тестування системи.....	42
3.4 Охорона праці.....	46
Висновки.....	47
Перелік джерел посилання.....	48
Додаток А Апробація результатів роботи.....	52
Додаток Б Програмний код для ESP32-CAM.....	57
Додаток В Програмний код для Flask-серверу.....	61
Додаток Г Демонстраційний матеріал.....	65

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КПП – контрольно-пропускний пункт;

ANPR – automatic number plate recognition (автоматичне розпізнавання номерних знаків);

OCR – optical character recognition (оптичне розпізнавання символів);

RFID – radio frequency identification (радіочастотна ідентифікація).

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості та цифровізації виробничих процесів однією з ключових тенденцій є впровадження автоматизованих систем управління як у базові, так і в допоміжні підсистеми підприємств. Особливу роль при цьому відіграють рішення, що забезпечують безперервність технологічного циклу, зменшення впливу людського фактора та оптимізацію ресурсів. Тому дедалі більше зростає значення автоматизованих систем контролю доступу транспорту при в'їзді на територію підприємства та виїзді неї, адже такі системи стають невід'ємною складовою загальної інфраструктури безпеки та логістичного управління.

Приладобудівні виробництва вирізняються високою точністю процесів, складною структурою матеріального й інформаційного забезпечення та підвищеними вимогами до організації внутрішнього руху персоналу і транспорту. Наявність великої кількості транспортних засобів, що переміщуються територією підприємства, потребує ефективного обліку, моніторингу та контролю доступу. Ручні методи перевірки документів або візуального контролю не лише уповільнюють процес, але й підвищують ризик допущення помилок, що може призвести до порушення виробничих графіків або загроз безпеці. Впровадження сучасних автоматизованих рішень на базі мікропроцесорних систем, сенсорів, засобів бездротового зв'язку та систем розпізнавання дає змогу значно підвищити оперативність і точність обробки інформації.

Актуальність теми зумовлена зростаючими вимогами до безпеки, необхідністю зменшення впливу людського фактора та оптимізації логістичних процесів на приладобудівних підприємствах. Такі підприємства мають високу інтенсивність руху техніки й вантажів, потребують точного контролю доступу та обліку транспорту. Це викликає потребу у впровадженні сучасних, масштабованих систем, які легко інтегруються в існуючу

інфраструктуру. Автоматизовані рішення забезпечують цілодобовий моніторинг, оперативну ідентифікацію, контроль часу перебування на території та управління рівнями доступу, знижуючи навантаження на персонал і витрати на обслуговування. Створення доступної, ефективної та технологічно адаптивної системи автоматизованого контролю параметрів доступу транспорту є вкрай актуальним питанням.

Мета роботи – збільшення пропускної здатності контрольно-пропускних пунктів, підвищення рівня безпеки та зменшення фактору людських помилок шляхом розроблення системи автоматизації.

Об'єкт розробки – процес контролю доступу транспорту на територію приладобудівного підприємства.

Предмет розробки – система автоматизації контролю параметрів доступу транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз сучасних технологій контролю транспортного доступу;
- переваги та недоліки існуючих систем;
- аналіз аналогічних рішень автоматизації доступу;
- збір та обробка даних з сенсорів та засобів ідентифікації;
- вибір обладнання, елементної бази та створення структурної схеми;
- розробка макету, його моделювання та створення алгоритму ідентифікації транспорту;
- збір макету для проведення експерименту;
- оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

Дана кваліфікаційна робота пройшла апробацію у журналі ADED-2025 (1) [3].

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБОК В ОБЛАСТІ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ТРАНСПОРТУ

## 1.1 Сучасні технології контролю транспортного доступу

Кожного дня на промислових підприємствах, логістичних центрах, складських комплексах та інших об'єктах з особливими вимогами безпеки відбувається рух різноманітних транспортних засобів. Це можуть бути вантажівки для перевезення сировини та інших матеріалів, транспорт відвідувачів та партнерів, особисті автомобілі працівників, тощо. Увесь процес контролю та пропуску цих транспортних засобів покладається на контрольно-пропускний пункт (КПП).

Класичний КПП (рис. 1.1) з ручною обробкою даних часто не спроможні ефективно обробляти великий потік транспорту на виробництві, що призводить до їх затримки, порушень у логістичних ланцюгах та створення ризиків для виробництва.



Рисунок 1.1 – КПП на підприємстві Jabil Ужгород [4]

Саме тому сучасні виробництва все частіше впроваджують СКУД – системи контролю та управління доступом транспорту, які виконують одразу кілька важливих завдань:

- реєстрація транспортних засобів, що в'їжджають і виїжджають на територію підприємства з реєстрацією у базу даних;
- точна фіксація часу проходження КПП із збереженням візуальних доказів (камери спостереження, знімки номерів і тд.);
- забезпечення автоматизованим керуванням загороджувальними пристроями, шлагбаумами та світлофорами;
- автоматичне сповіщення про порушення режиму доступу при несанкціонованому проїзді;
- інтеграція з системою обліку робочого часу працівників на підприємстві;

Завдяки впровадженню таких систем автоматизації пропускна спроможність КПП суттєво збільшується, при цьому мінімізуються помилки помилки з боку персоналу, зумовлені людським фактором, а також їх негативний вплив на процеси [5].

У сучасних умовах активно впроваджуються різні технології для забезпечення ефективного контролю доступу транспортних засобів на територію виробництва. Існує багато технологій які показали свою ефективність у промисловості, логістичних центрах, на складах та інших об'єктах інфраструктури. Найпоширеніші з них, це:

- автоматичне розпізнавання номерних знаків (ANPR);
- RFID-технологія;

Automatic Number Plate Recognition (ANPR) – це технологія, яка використовує оптичне розпізнавання символів на зображеннях для читання реєстраційних номерів автомобілів. Компанія-виробник Dahua Technology забезпечила інтеграцію цієї технології до камер відеоспостереження власного виробництва. Така технологія розширює можливості використання звичайних камер, підвищує продуктивність використання в тих місцях, де необхідно ідентифікувати номери транспортних засобів.

Технологія розпізнавання вбудовується на рівні програмного забезпечення камер. Через те, що технологія має велику базу зображень і

технології глибокого навчання вона здатна в режимі реального часу розпізнавати номерні знаки транспортних засобів, а також виконує такі функції, як:

- розпізнавання знаків багатьох мов (англійська, арабська, китайська, кирилиця, тайська та інші мови);
- висока можливість розпізнавання (95%-98% із літерно-цифровими номерами);
- швидкість розпізнавання близько 1 секунди [6].

ANPR представляє собою інтегровану систему, яка послідовно виконує комплекс операцій для ідентифікації транспорту. Система побудована на використанні відеокамер, що стратегічно розміщені у необхідних позиціях для оптимальної фіксації автомобілів під час руху. Таке обладнання забезпечує отримання високоякісних зображень як самого транспортного засобу, так і його реєстраційного номера з необхідною якістю зображення.

Після отримання зображення відбувається його обробка для покращення візуальної якості зображення. Коригуються параметри освітленості, контрасту та різкості. Такі дії створюють оптимальні умови для подальшого аналізу візуальних даних.

Оброблене зображення опрацьовується програмними алгоритмами, які виконують пошук та ідентифікацію номерного знаку в рамці. Програмне забезпечення визначає точні координати, розміри та просторову орієнтацію номерної пластини. Після успішного виявлення номерного знаку система переходить до процесу сегментації, під час якого відокремлюється кожен символ, щоб підготувати його до впізнавання.

Сегментовані символи обробляються за допомогою технології оптичного розпізнавання символів (optical character recognition, OCR), яка виконує інтерпретацію символів та перетворює їх на текст.

Завершальним етапом функціонування ANPR є взаємодія з інформаційною базою даних. Розпізнаний номерний знак автоматично звіряється з базою даних зареєстрованих транспортних засобів. При виявленні

збігів система виконує запрограмовані дії, які можуть включати відкриття контрольно-пропускнуго обладнання, реєстрацію факту проїзду, формування сповіщення для операторів чи інші визначені операції відповідно до конфігурації системи.

Технологія ANPR (рис. 1.2) використовується у багатьох сферах, наприклад:

- для забезпечення безпечного руху на дорогах, камера розпізнає перевищення швидкості транспорту або інших порушень;
- використання у правоохоронних органах для визначення місцезнаходження викладених, не зареєстрованих транспортних засобів;
- розподіл паркувальних місць та спрощення варіантів оплати в таких паркувальних системах;
- оптимізація маршрутів транспортних засобів шляхом відстеження їх переміщення для управління автопарком та логістикою;
- ідентифікація транспортних засобів на платних дорогах для електронного збору плати за проїзд [7].



Рисунок 1.2 – Приклад роботи технології ANPR [8]

Радіо-частотна ідентифікація (RFID, Radio Frequency Identification) – це об'єднані різномірні технології та стандарти, що забезпечують безконтактну ідентифікацію чого-небудь по радіо-каналі на відстанях від декількох сантиметрів до сотень кілометрів [9].

Цій сучасній технології автоматичної ідентифікації не потрібен контакт чи пряма видимість зчитувача на відміну від інших систем.

RFID мітка (рис. 1.3) – це міні-пристрій, що запам'ятовує, який складається з інтегральної схеми для зберігання та обробки інформації та антени [10].



Рисунок 1.3 – RFID мітка [10]

Функціональність RFID-систем базується на взаємодії двох основних компонентів: мікрочіпа з інформацією та антени для обміну сигналами. Зчитувальний пристрій генерує електромагнітні хвилі, тим самим здійснюється живлення RFID мітки. Після активації мітка починає передавати закодовані дані до зчитувального пристрою.

Особливість цієї технології полягає у відсутності потреби фізичного або візуального контакту між компонентами системи. Радіочастотний сигнал ефективно проникає через більшість матеріалів, що дозволяє розміщувати мітки всередині об'єктів, які підлягають ідентифікації.

RFID мітка містить у пам'яті унікальний ідентифікаційний код. Сучасні моделі міток часто мають перезаписувану пам'ять, що розширює можливості їх використання. Зчитувальні пристрої (рідери) представляють собою електронні пристрої, призначені для зчитування та запису даних на мітки. Такі пристрої можуть функціонувати як у постійному з'єднанні з центральною системою обліку, так і в автономному режимі.

Інформаційна інфраструктура RFID-системи доповнюється спеціалізованим програмним забезпеченням, яке здійснює накопичення та аналітичну обробку даних, отриманих з міток, та інтегрує всі компоненти в єдиний функціональний комплекс [10].

RFID мітки часто використовують на підприємствах для різноманітних цілей, наприклад автоматичний шлагбаум на КПП (рис. 1.4). Водій оформлює документи перед тим, як потрапити на виробництво. Після цього йому на лобове скло кріпиться спеціальна мітка, при зчитуванні якої система автоматично пропускає машину на територію підприємства [11].



Рисунок 1.4 – Автоматизація КПП RFID технологією [11]

## 1.2 Переваги та недоліки існуючих технологій

Так як розпізнавання символів у технології ANPR відбувається за допомогою технології оптичного розпізнавання символів (OCR), тому наведемо переваги саме цієї технології:

- підвищена точність завдяки програмному розпізнаванню, яке усуває людські помилки;

- швидкий доступ до інформації перетворенням неструктурованих даних у формат, придатний для пошуку, що значно пришвидшує виконання бізнес-процесів;

- даній технології не потрібні значні ресурси, тому витрати на обробку інформації зменшуються, що позитивно впливає на загальний бюджет організації;

- покращення продуктивності завдяки можливості швидко знаходити потрібні дані, співробітники можуть ефективніше виконувати завдання та зосередитися на ключових напрямках роботи [12].

Незважаючи на суттєві переваги, OCR має і деякі обмеження:

- залежність від якості зображення, якщо документ містить плями, затемнення або розмиття, точність розпізнавання значно знижується;

- перетворення великої кількості зображень може займати багато часу, тому що технологія має аналізувати кожне зображення та розпізнавати на ньому текст;

- помилки розпізнавання, бо навіть сучасні алгоритми не гарантують 100% точності, наприклад OCR може сплутати символи, що може бути критичним у різних сферах застосування;

- втрата оригінального форматування після обробки документа, бо іноді змінюється структура вхідних документів, що ускладнює його сприйняття;

- обмеження у розпізнаванні знаків пунктуації, деякі розділові знаки можуть бути пропущені або некоректно відтворені через їхній розмір чи незвичне розташування;

– якщо документ написано мовою, для якої відсутній відповідний мовний пакет OCR, розпізнавання може бути неточним або взагалі неможливим, необхідні мовні пакети можна встановити [13].

Тепер розглянемо ряд переваг, які має RFID технології:

– вони не вимагають прямого фізичного або візуального контакту між RFID міткою та зчитувачем, це дає змогу зчитувати одразу декілька міток, які знаходяться у зоні дії антени;

– може використовуватись в агресивному середовищі, бо мають змогу зчитувати інформацію через певну кількість перешкод та несприятливих факторів (бруд, деревина, пластмаса і тд.);

– мітки можуть містити велику кількість інформації у своєму коді та їх майже неможливо підробити, що дає можливість зберігати секретну інформацію;

– можливість обмеження доступу для операцій запису та зчитування даних на мітці;

– одночасне зберігання даних, доступ до яких відкритий та даних, доступ до яких обмежений на одній RFID мітці [9].

Технологія RFID також має деякі недоліки:

– вартість такої технології занадто висока включаючи вартість обладнання, яке вона використовує(передавачі, зчитувачі, кодери та антени);

– через високі можливості зберігання різного виду інформації, у тому числі секретної, зростають ризики втрати інформації національної безпеки;

– під час наближення тегу до зчитувача він автоматично надсилає повідомлення з даними та не може підтвердити чи є зчитувач RFID легальним;

– проблеми у міжнародному використанні, через те, що діапазони відкритих частот не узгоджені, тому відрізняються у різних країнах [14].

Вищерозглянуті технології мають свої як переваги так і недоліки, тому підприємствам необхідно враховувати ці фактори та специфікацію виробництва при проектуванні і впровадженні таких систем. Це дозволить

обрати найкраще рішення та створити надійні та безпечні системи для автоматизації доступу та контролю транспортних засобів на підприємстві.

### 1.3 Аналіз аналогічних рішень автоматизації доступу

У наш час активно зростає автоматизація підприємств, одним з ключових аспектів є автоматизація контролю доступу транспортних засобів на виробництві. Такі рішення дозволяють зменшити людські помилки, збільшити пропуску здатність КПП та покращити логістику. Розглянемо аналогічні рішення автоматизації.

Інтелектуальна багатофункціональна камера для ANPR/LPR Gatekeeper - 410X (рис. 1.5) – це вже готове рішення для автоматизованого доступу транспорту від Avutec (Нідерланди). Така камера може використовуватись у різних сферах, такі як паркування, контроль доступу, розумне місто, автомийка та ін [15].



Рисунок 1.5 – Камера Gatekeeper - 410X [15]

Оснащена монохромною камерою з чутливістю до ІЧ-підсвічування, моторизованим зум-об'єктивом, який охоплює 2-12 метрів і фільтром денного світла. Знімає зображення з високою частотою кадрів для точного розпізнавання.

Камера кольорового формату доповнює систему, забезпечуючи функції огляду, запису та виконання завдань з навчання, включаючи виявлення та класифікацію об'єктів. Пристрій здатний одночасно виконувати процеси автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR) та глибинного навчання, що робить Gatekeeper-410X сучасним та багатофункціональним рішенням. Його перевагою залишається швидке та точне розпізнавання номерних знаків [15].

Камерою Gatekeeper-410X легко керувати за допомогою CortexClient і CortexConnect. CortexClient – це графічний інтерфейс для управління, моніторингу та налаштування CortexFramework, який поставляється з кожним продуктом AVUTEC.

Платформа CortexFramework необхідна для інтеграції операційної системи камер AVUTEC та штучного інтелекту, вона лежить в основі всіх продуктів. CortexClient об'єднує пристрої AVUTEC в єдиному середовищі, полегшуючи навігацію між пристроями у різних локаціях. Для кожного пристрою доступний широкий набір опцій для налаштування та моніторингу параметрів, що дозволяє оптимізувати продуктивність системи.

CortexConnect – це інструмент для віддаленого доступу, який дозволяє підключатися до пристроїв під управлінням CortexFramework без необхідності налаштовувати переадресації портів, відкриття брандмауерів або конфігурації VPN-з'єднань [16].

Gatekeeper володіють значною обчислювальною потужністю, оснащені нейронним процесором, який виконує додаткові завдання глибокого навчання та аналізу зображень. Камери здатні одночасно класифікувати вантажні автомобілі, людей або легкові автомобілі, а також зчитувати номерні знаки. Вся обробка даних відбувається на самому пристрої, без необхідності звертатися до зовнішніх систем [15].

Наступною розглянемо RFID систему від FRESH USA (рис. 1.6). В основі контролю автомобільного доступу за допомогою RFID знаходиться RFID мітка, що складається з інтегральної схеми та антени. Ця мітка кріпиться

на транспортний засіб, зазвичай на лобове скло або номерний знак, і містить унікальні ідентифікаційні дані. При наближенні автомобіля до RFID зчитувача, який встановлено на контрольованому пункті доступу, зчитувач випромінює радіосигнал, який активує мітку. У відповідь мітка передає зчитувачу збережену інформацію, що забезпечує швидку і точну ідентифікацію транспортного засобу [17].



Рисунок 1.6 – RFID UHF зчитувач дальнього радіусу дії F-920 [17]

Така система може працювати автономно, без використання комп'ютера або контролера. Дальність зчитування можна регулювати до 8 метрів. Зчитувачі параметрами, які можна налаштувати (дальність виявлення, кут охоплення). Легко можна змінити зону яку покриває зчитувач відповідно до потреб. Пристрій поставляється повністю налаштованим і готовим до роботи [18].

RFID системи від FRESH USA для контролю доступу транспортних засобів використовуються протягом багатьох років по всьому світу і чудово справляються у різних умовах. У таких системах використовуються безконтактні технології Wi-Fi, 4G/LTE і RFID UHF на далеку відстань з частотою 860МГц – 960МГц. Також можна інтегрувати з іншим стороннім

програмним забезпеченням, своєю ERP-системою за допомогою бази даних або розгорнути веб-сервіс, наприклад підключення до системи управління паркуванням (рис. 1.7) [17].

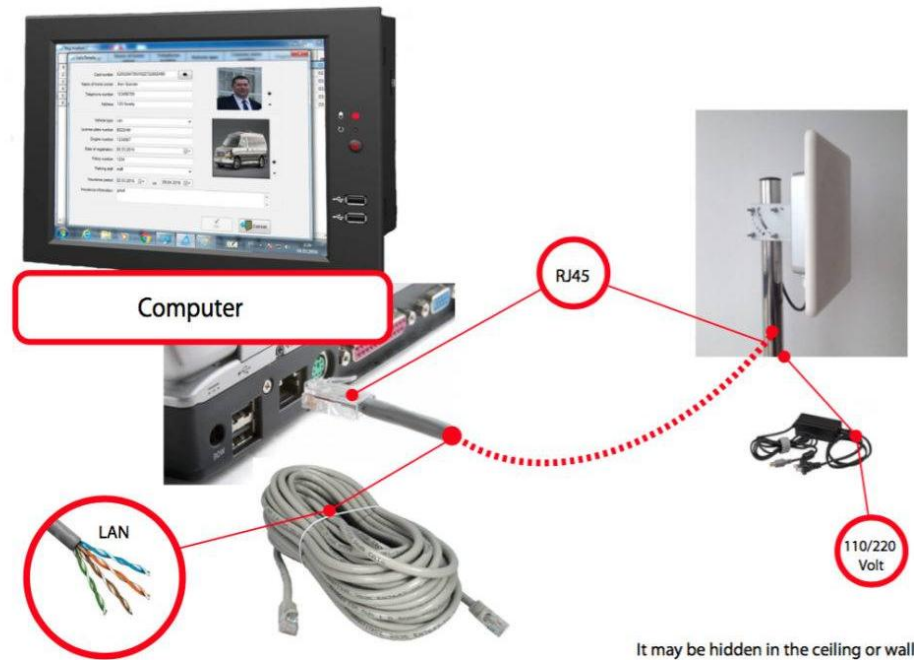


Рисунок 1.7 – Підключення паркувальної системи управління програмним забезпеченням [17]

RFID системи контролю доступу автомобілів знаходять використання у дуже багатьох сферах: житлові та закриті комплекси, комерційні та офісні будівлі, промислові об'єкти, паркінги та приватні гаражі, пункти оплати проїзду на платних дорогах [17].

У заключення розглянемо систему контролю доступу автомобілів DEXICON – це додатковий модуль системи DEXICON від PCS Systemtechnik, який забезпечує автоматичне керування загороджувальними пристроями для різних транспортних засобів. Система дає змогу ідентифікувати транспортні засоби двома різними способами: зчитування номерних знаків за допомогою камери з програмним забезпеченням для розпізнавання, або використання RFID міток, встановлених на автомобілі або всередині нього, які зчитуються зчитувачем дальнього радіусу дії.

Усі переміщення транспортних засобів реєструються в базі даних, що забезпечує повну прозорість щодо присутності транспортних засобів на території підприємства у реальному часі або в будь-який попередній момент часу.

Розпізнавання номерних знаків базується на камерах, які виконують фіксацію реєстраційного номера транспортного засобу, та програмному забезпеченні для аналізу зображення. PCS використовує програмне забезпечення Qognify для розпізнавання номерних знаків (рис. 1.8). Це програмне забезпечення корисне для підприємств, які часто приймають постачальників з різними транспортними засобами [19].



Рисунок 1.8 – Робота програмного засобу [19]

Для ідентифікації транспортних засобів за допомогою RFID мітки застосовуються зчитувачі з дистанцією зчитування до 8 метрів. Після успішної ідентифікації транспортного засобу через розпізнавання номерного знаку або RFID мітку, система автоматично відкриває шлагбаум або ворота.

База даних забезпечує прозорість. Транспортні засоби реєструються в системі DEXICON (рис. 1.9) з внесенням даних про виробника та модель автомобіля, які легко вибираються з вбудованої та розширюваної бази даних транспортних засобів.

The screenshot shows the DEXICON - LICHT REGISTRATION software interface. The main window displays a list of vehicles with the following columns: Kennzeichen, Landcode, Gruppent, Ausweis Nr., Identifikation, Fahrzeugklasse, Herst., Modell, Farbe, and Fahrzeugjahr. The data is filtered to show vehicles from Germany (Landcode: Deutschland). The list includes various vehicle classes such as PKW, LKW, and Traktor, with details on their registration status and dates.

Kennzeichen	Landcode	Gruppent	Ausweis Nr.	Identifikation	Fahrzeugklasse	Herst.	Modell	Farbe	Fahrzeugjahr
MT 5700	Deutschland		00010000		PKW, Wohnmobil	Alfa	GV7	<Farbe unbest.	10.08.2019
MW 7990	Deutschland				PKW, Wohnmobil	BMW	3er	Orange	24.02.2017
RE 88 840	Deutschland				PKW, Wohnmobil	VW	Tiguan	■ Schwarz	Firma (Best.Über.)
MVE 502	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A8	■ Rot	Firma (Best.Über.)
MF 2172	Deutschland				PKW, Wohnmobil	VW	Passat	■ Grau	Firma (Photo)
MF 4376	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A4	■ Hellbl.	Firma (Best.Über.)
CO 1866	Deutschland		00010005		<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	03.03.2020
MT 7999	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	26.04.2020
E 28 7945	Deutschland				Lieferwagen v. 3.5	Mercedes-Benz	Sprinter	■ Orange	18.11.2020
IT 748	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	23.11.2020
AKA 425P	Ukraine				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	02.12.2020
K 11 0507	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	21.04.2021
IF FC 7987	Deutschland				PKW, Wohnmobil			■ Grau	21.04.2021
IKN 869	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	13.12.2021
IKN 2212	Deutschland				Traktor	VW	T 3000	■ Hellbl.	Firma (Best.Über.)
IF FC 1648	Deutschland				PKW, Wohnmobil	VW	Passat	■ Blau	Firma (Best.Über.)
MW 1780	Deutschland				PKW, Wohnmobil			<Farbe unbest.	17.10.2022
MW 1111	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	17.10.2022
MF 80 5079	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	02.02.2023
MW 3005	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	26.02.2023
MW 4706	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	12.03.2023
MF 31179	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A4	■ Grau	Firma (Best.Über.)
ML 20121	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A4	■ Grau	Firma (Best.Über.)
ML 20798	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A4	■ Grau	Firma (Best.Über.)
MAW 1588	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	Q5	■ Grau	Firma (Best.Über.)
MW 8004	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Audi	A5	■ Silbergr.	Firma (Best.Über.)
MF 30449	Deutschland				<Fahrzeugklasse unbest.			<Farbe unbest.	21.11.2023
IF GR 1689	Deutschland				PKW, Wohnmobil	Seat	Leon	■ Blau	Firma (Best.Über.)

Рисунок 1.9 – База даних у DEXICON [19]

Основний запис розширюється додатковою інформацією про категорію та колір транспортного засобу, що сприяє швидкому знаходженню будь-якого транспортного засобу. Також можливе закріплення авто за водіями та додаткова реєстрація типу використання транспортного засобу, наприклад корпоративний, іншої організації чи приватний [19].

## 2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

### 2.1 Вибір обладнання та елементної бази системи

Для створення функціонального макету системи контролю доступу транспортних засобів було обрано компактні, багатофункціональні та доступні компоненти, які дають змогу наглядно побачити принцип функціонування системи.

За основу макету було взято модуль ESP32-CAM (рис. 2.1). Він поєднує в собі Wi-Fi модуль з високопродуктивним мікроконтролером ESP32, відеокамеру OV2640, роз'єм під micro-SD карту пам'яті і оперативну пам'ять 4 МБайт. Таке поєднання компонентів дозволяє створювати різноманітні системи без використання великої кількості додаткових компонентів [20].

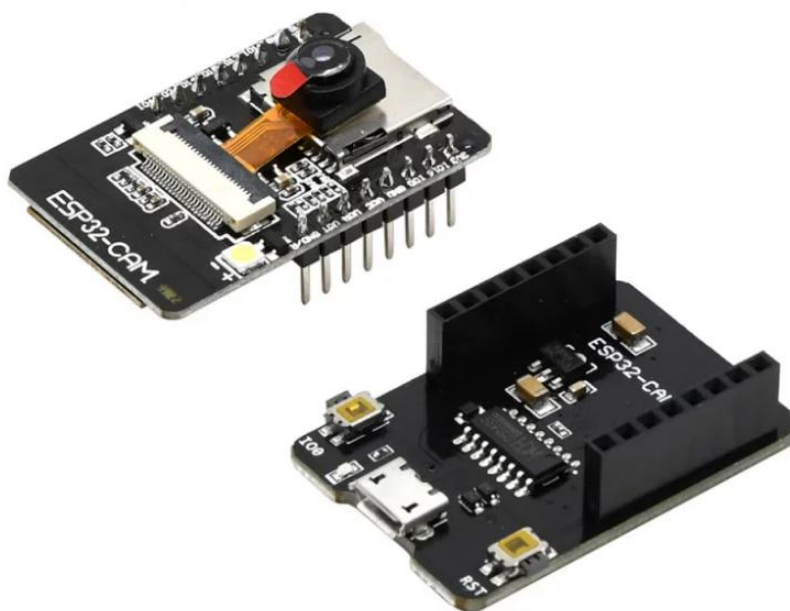


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд модуля ESP32-CAM [21]

Основні характеристики модуля ESP32-CAM наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні характеристики ESP32-CAM [20]

Параметр	Значення
Контролер	ESP32, 2 ядра, 32-біт
Робоча частота процесора	240 МГц / 600 DMIPS
Оперативна пам'ять	Вбудована: 520 КБ Зовнішня: 4 МБайт
Підтримувані інтерфейси	UART/SPI/I2C/PWM/ADC/DAC
Напруга живлення	5В
Модуль камери	OV2640 (в комплекті)
Роздільна здатність	2 Мп
Підтримка камер	OV2640 і OV7670
Зберігання даних	Micro-SD
Розмір	27 × 39 мм
Вага	10 г

У якості виконавчого механізму для керування воротами було обрано легку, якісну та найпоширенішу модель серводвигуна SG90 (рис. 2.2) з пусковим моментом 2кг/см [22].



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд серводвигуна SG90 [22]

Усередині корпусу розташований компактний блок керування, який регулює подачу живлення відповідної полярності до електродвигуна під дією вхідного сигналу. Цей сигнал містить дані про необхідне положення валу. Для відстеження реального положення валу використовується змінний резистор, який механічно з'єднаний з редуктором двигуна. Електроніка Tower Pro SG90 обчислює різницю між поточним положенням редуктора та необхідним. Модуль управління орієнтуючись на опір змінного резистора подає живлення необхідної полярності на двигун для повороту редуктора, що приводить у відповідність положення, що передається сигналом управління [22].

Основні характеристики серводвигуна SG90:

- швидкість без навантаження: 0.12 сек / 60 град. при живленні 4.8В;
- крутний момент: 2 кг/см;
- температурний діапазон: 0 to + 50 °С;
- ширина мертвої зони: 4 мікросекунди;
- робоча напруга живлення: 3.5-5 В; ;
- споживаний струм в русі: 50-80 мА;
- споживаний струм в утриманні: 5-10 мА;
- кут повороту ~180°;
- розміри: 3.3см x 3см x 1.3см;
- вага: 9 г [22].

Також важливою частиною системи є датчики та сенсори, завдяки їм ми розуміємо в якому стані зараз система та відповідно до інформації, яка з них надходить система виконує подальші дії.

Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 (рис. 2.3) – це стабільний та точний ultrasonic sonar (сонар) датчик відстані який не має "сліпих зон". Може вимірювати відстань від 0 см до 1500 мм, точність досягає 3 мм [23].

У моєму макеті він використовується для виявлення наближення транспортного засобу, якщо він знаходиться менше ніж задана відстань ESP32 - CAM робить знімок та надсилає на сервер для обробки та розпізнавання.

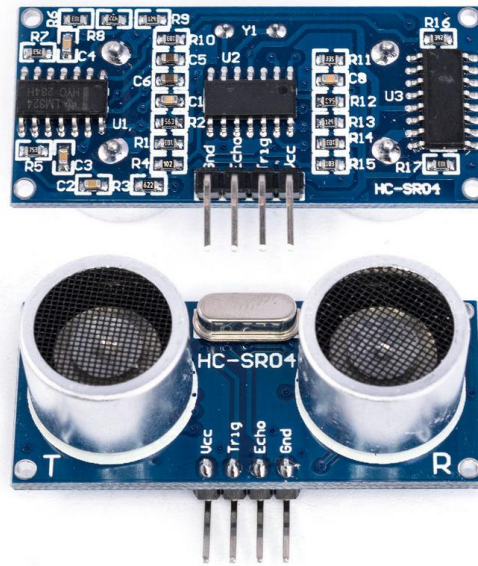


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд ультразвукового датчика відстані HC-SR04 [24]

Основні характеристики HC-SR04:

- робоча напруга: 3.8 - 5.5V;
- струм: 8 мА;
- частота: 40 кГц;
- максимальна дистанція: 1500 мм;
- мінімальна дистанція: 0 см;
- роздільна здатність: 3 мм;
- ширина імпульсів: 10 мкс;
- кут: 15 градусів;
- зовнішні габарити: 37x20x15 мм [23].

ІЧ-датчик руху HC-SR505 (рис. 2.4) дозволяє виявити рух на відстані до 3 метрів (з можливістю регулювання). Він має два входи живлення і один цифровий вихід, з якого можна знімати дані. При відсутності перешкод на ньому буде високий рівень 3.3V, а якщо є перешкоди, то низький 0V [25].

У макеті датчик руху буде використовуватись як підтвердження того, що транспортний засіб проїхав контрольно-пропускний пункт (КПП). Датчик

встановлений на відповідній відстані від воріт, і коли автомобіль потрапляє у поле зору датчика, ворота будуть зачинятись.



Рисунок 2.4 – ІЧ-датчик руху HC-SR505 [26]

Основні характеристики HC-SR505:

- напруга живлення: 4,5 В - 20В;
- струм споживання: <math><60\mu\text{A}</math>;
- напруга на виході: 3.3V TTL логіка;
- дистанція виявлення: 3 м;
- кут детектування:  $80^\circ$  -  $100^\circ$ ;
- тривалість імпульсу при виявленні: 8-12 сек;
- робоча температура: -20 до  $+80^\circ\text{C}$ ;
- діаметр лінзи: 10 мм;
- габаритні розміри: 23x10x10 мм [25].

## 2.2 Функціональна схема системи контролю доступу

Для більш детального розуміння того, як буде працювати система автоматизованого контролю доступу транспортних засобів, створимо функціональну схему (рис. 2.5), яка складається з декількох функціональних блоків.

Блок «датчики» включає ультразвуковий датчик відстані HC-SR04, який визначає дистанцію до транспортного засобу, і якщо значення менше

порогового то передається сигнал на фотографування номера. Також у блоці присутній ІЧ-датчик руху HC-SR505, який стоїть після воріт, і якщо він виявляє рух автомобіля, то передає сигнал на зачинення воріт.

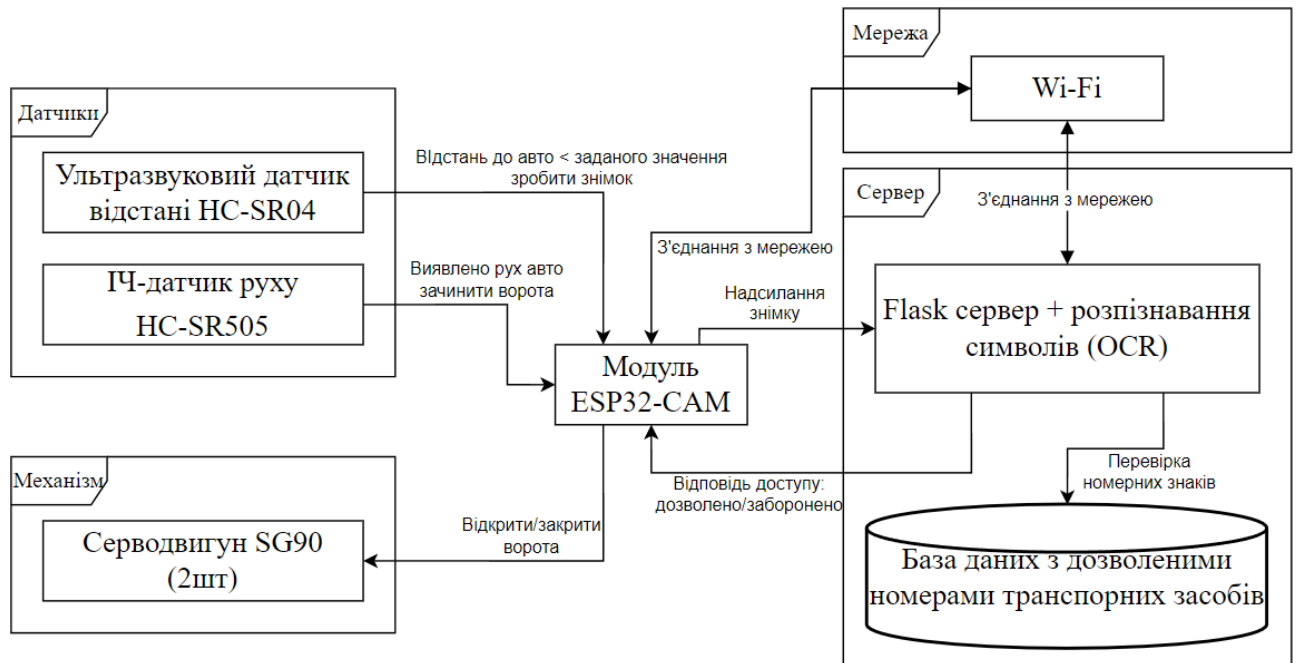


Рисунок 2.5 – Функціональна схема системи автоматизації контролю доступу транспортних засобів на територію підприємства

Головним елементом системи є модуль ESP32-CAM, який обробляє вхідні дані з датчиків. При отриманні сигналу від ультразвукового датчика, модуль робить знімок транспортного засобу та надсилає його на сервер для подальшої обробки

Також присутні блок «сервер», який включає в себе flask сервер з функцією розпізнавання символів (OCR). Блок обробляє отримане зображення та виконує розпізнавання номерних знаків. Сервер звіряє отримані номерні знаки зі знаками, які внесені в базу даних як дозволені.

Після перевірки номерного знаку, сервер надсилає відповідь модулю ESP32-CAM про дозвіл або заборону доступу на територію підприємства в залежності від співпадіння з базою дозволених номерів.

Блок «механізми» включає в себе два серводвигуна SG90, які будуть відчиняти і зачиняти ворота відповідно до отриманих команд від модуля ESP32 - CAM. Також присутній блок «мережа» через який здійснюється обмін даними між модулем та сервером, та через яку працює сам сервер.

### 2.3 Схема підключення компонентів

Створимо електричну схему підключення всіх обраних компонентів системи автоматизованого контролю доступу транспортних засобів (рис. 2.6).

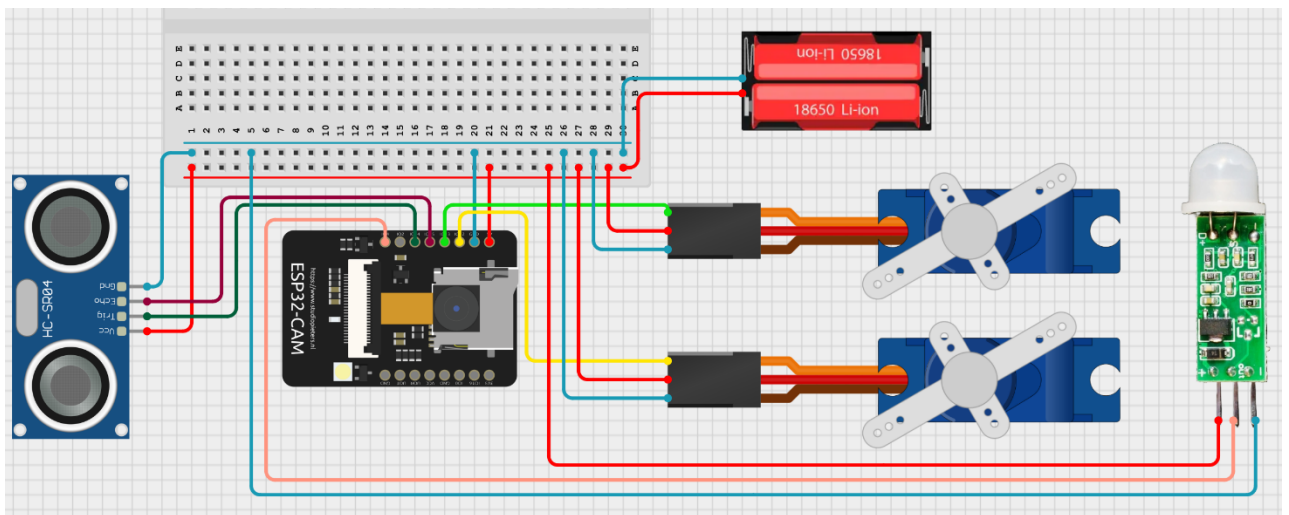


Рисунок 2.6 – Схема підключення компонентів системи

Живлення системи здійснюється від двох літій-іонних акумуляторів 18650. Позитивний полюс батареї підключений до шини живлення макетної плати, а негативний полюс – до шини заземлення. Ці шини розподіляють живлення на всі активні компоненти схеми.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 підключений до ESP32-CAM наступним чином: контакт VCC датчика підключений до позитивної шини живлення, контакт GND підключений до шини заземлення, контакт TRIG – до контакту GPIO12 модуля, а контакт ECHO – до контакту GPIO13.

Перший серводвигун SG90 підключений до шин живлення і заземлення, а сигнальний контакт – до виводу GPIO2 модуля ESP32-CAM. Другий

серводвигун SG90 з таким же підключенням силових контактів, але його сигнальний контакт підключений до виводу GPIO4.

ІЧ-датчик руху HC-SR505 підключений до живлення, а вивід вихідного сигналу підключений до виводу GPIO14 модуля ESP32-CAM.

## 2.4 Вибір способу ідентифікації транспорту

Для ідентифікації номерних знаків транспортних засобів у розроблюваній системі автоматизованого контролю доступу було обрано метод розпізнавання номерних знаків з використанням комп'ютерного зору та оптичного розпізнавання символів (OCR).

Було прийнято рішення використовувати бібліотеку EasyOCR для обробки зображень номерних знаків. Бібліотека представляє собою сучасне рішення на базі глибокого навчання, яке оптимізоване для розпізнавання тексту на зображеннях.

EasyOCR – це пакет Python для виявлення та вилучення тексту із зображень, таких як фотографії чи відскановані документи. Він поставляється з попередньо навченими моделями, розробленими для швидкого та ефективного розпізнавання тексту, і підтримує понад 80 мов. [27].

### 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ

#### 3.1 Розрахунок джерела живлення для автономної роботи системи

Для розрахунку джерела живлення для автономної роботи (12 год.), необхідні основні характеристики компонентів, які будуть використовуватися, а саме: модуль ESP32-CAM, серводвигуни SG90, ультразвуковий датчик HC-SR04 та ІЧ-датчик руху HC - SR505 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні характеристики компонентів.

Компонент	Сила струму, мА	Напруга, В	Потужність, Вт
ESP32-CAM	160	5	0,8
Серводвигун SG90	80	5	0,4
HC-SR04	8	5	0,04
HC-SR505	0,06	5	0,0003

Розрахуємо ємність акумулятора, необхідну для 12-ти годин автономної роботи за формулою:

$$Q = \frac{P \cdot t}{V \cdot k} \quad (3.1)$$

де Q – ємність джерела живлення,  
 P – потужність навантаження,  
 t – час роботи в годинах (12год),  
 V – напруга джерела (5В),  
 k – коефіцієнт глибини розрядження (0,8).

Отже ємність акумулятора буде дорівнювати:

$$Q = \frac{(0.8+0.4+0.04+0.0003) \cdot 12}{5 \cdot 0.8} = 3,72 \text{А/год} = 3720 \text{мА/год}$$

### 3.2 Розробка програмного забезпечення для функціонування системи

Для функціонування системи було розроблено програмний код для модуля ESP32-CAM у середовищі Arduino IDE, повний лістинг якого наведено в Додатку Б. Система включає в себе запрограмований модуль, який керує серводвигунами для відкриття/закриття воріт, керуючись даними з ультразвукового датчика HC-SR04 та інфрачервоного датчика HC-SR505.

Проведено налаштування середовища Arduino IDE (рис. 3.1).

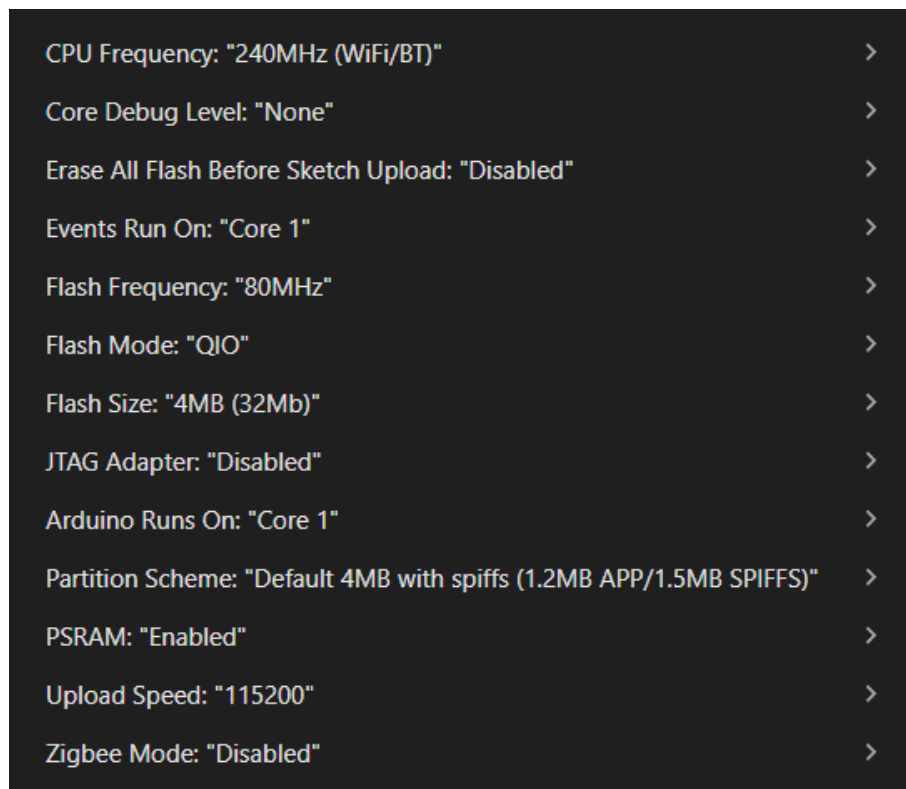


Рисунок 3.1 – Налаштування середовища Arduino IDE

При розробці програмного забезпечення були використані наступні бібліотеки:

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ESP32Servo.h>
```

Ці бібліотеки необхідні для керування камерою ESP32-CAM (esp\_camera.h), для підключення до мережі (WiFi.h), для надсилання запитів GET і POST на сервер (HTTPClient.h) та для керування серводвигунами через PWM (ESP32Servo.h).

Проведено налаштування підключення до Wi-Fi та серверу, налаштовано піни та змінні:

```
const char* ssid = "Tenda_09C8D8";
const char* password = "26321363";
const char* serverName = "http://192.168.0.105:5000/upload";
```

```
#define TRIG_PIN 2
#define ECHO_PIN 15
#define PIR_PIN 14
#define SERVO_LEFT_PIN 12
#define SERVO_RIGHT_PIN 13
```

```
bool accessGranted = false;
bool photoSent = false;
```

```
Servo servoLeft;
Servo servoRight;
```

Створена функція sendPhoto(), яка робить фото, відправляє POST-запит із зображенням на сервер. Потім аналізує відповідь від сервера і, якщо номерні знаки розпізнано, надає доступ транспортному засобу на підприємство. Якщо доступ заборонено то виводить відповідне повідомлення про невдале розпізнавання або відсутність номерів у базі даних.

```
bool sendPhoto() {
    Serial.println("📷 Робимо фото...");
    camera_fb_t* fb = esp_camera_fb_get();
```

```

if (!fb || !fb->buf || fb->len <= 0) {
    Serial.println("✘ Помилка фото");
    return false;
}

HTTPClient http;
http.begin(serverName);
http.addHeader("Content-Type", "image/jpeg");
int response = http.POST(fb->buf, fb->len);

Serial.print("📡 HTTP статус: ");
Serial.println(response);

if (response == 200) {
    String res = http.getString();
    Serial.println("📄 Відповідь сервера: " + res);

    if (res.indexOf("OPEN") >= 0) {
        accessGranted = true;
        Serial.println("✅ Доступ дозволено");
    } else if (res.indexOf("NON_FOUND") >= 0) {
        Serial.println("🚫 Доступ заборонено – номер не знайдено у
бази");
    } else if (res.indexOf("DENY") >= 0) {
        Serial.println("❗ Номер не розпізнано");
    }
    } else {
        Serial.println("❗ Помилка запиту до сервера");
    }

http.end();
esp_camera_fb_return(fb);
return true;

```

```
}
```

Розроблені функції для керування серводвигунами для відкриття/закриття воріт:

```
void openGate() {
    servoLeft.writeMicroseconds(500);
    servoRight.writeMicroseconds(2400);
    Serial.println(" 🚪 Ворота відкриті");
}
```

```
void closeGate() {
    servoLeft.writeMicroseconds(1500);
    servoRight.writeMicroseconds(1500);
    Serial.println(" 🔒 Ворота зачинені");
}
```

Основний цикл `loop()` працює таким чином: якщо відстань на ультразвуковому датчику  $< 15$  см, то робиться фото і надсилається на сервер, якщо сервер дав відповідь "OPEN" то серводвигунами відчиняються ворота, потім очікується спрацювання інфрачервоного датчика руху для закриття воріт.

```
void loop() {
    long distance = getDistance();
    bool pir = digitalRead(PIR_PIN);

    Serial.print(" 📏 Відстань: ");
    Serial.print(distance);
    Serial.print(" см | PIR: ");
    Serial.print(pir);
    Serial.print(" | Доступ: ");
    Serial.println(accessGranted);

    if (distance <= 15 && !photoSent) {
        if (sendPhoto()) {
            photoSent = true;
        }
    }
}
```

```
        if (!accessGranted) {
            delay(3000);
            photoSent = false;
        }
    }
}

if (accessGranted) {
    openGate();

    Serial.println("🕒 Очікуємо на спрацювання PIR...");
    unsigned long startWait = millis();
    while (digitalRead(PIR_PIN) == LOW && millis() - startWait <
10000) {
        delay(100);
    }

    delay(1000);
    closeGate();

    accessGranted = false;
    photoSent = false;
}

delay(200);
}
```

Після створення програмного забезпечення було перевірено модуль на підключення до мережі (рис. 3.2).

```

Підключення до Wi-Fi.....
✓ Wi-Fi з'єднано
✈ IP ESP32-CAM: 192.168.0.105
✓ Камеру ініціалізовано

```

Рисунок 3.2 – Підключення мікроконтролера до мережі та ініціалізація камери

Наступним кроком розроблено програмний код у середовищі PyCharm IDE з принципом роботи серверу, повний лістинг якого представлено в Додатку В.

Спочатку був проведений імпорт необхідних бібліотек для створення веб-сервера, для розпізнавання номерів з фото та для файлових операцій і міток часу:

```

from flask import Flask, request, send_file,
render_template_string, redirect
import os
from datetime import datetime
import easyocr

```

Одним із основних елементів є функція нормалізації номерних знаків, яка перетворює схожі кириличні символи на відповідні латинські літери, що значно підвищує точність розпізнавання.

```

def normalize_plate(text):
    cyr_to_lat = str.maketrans({
        "А": "A", "В": "B", "Е": "E", "І": "I", "К": "K",
        "М": "M", "Н": "H", "О": "O", "Р": "P", "С": "C",
        "Т": "T", "У": "Y", "Х": "X", "З": "Z"
    })
    return text.translate(cyr_to_lat)

```

Створена функція для виводу повідомлень на веб-сервері про результат розпізнавання транспортного засобу:

```

def log(message):
    timestamp = datetime.now().strftime("[%d.%m.%Y %H:%M:%S]")

```

```

log_entry = f"{timestamp} {message}\n\n"
print(log_entry.strip())
with open(LOG_FILE, "a", encoding="utf-8") as f:
    f.write(log_entry).

```

Функція `upload_image()` виконує основне призначення серверу, тобто розпізнає номерні знаки та приймає рішення щодо доступу транспортного засобу на підприємство. Спочатку отримується фото, надіслане від модуля ESP32-CAM та тимчасово зберігає його:

```

def upload_image():
    try:
        image_data = request.data
        timestamp = datetime.now().strftime("%d.%m.%Y_%H-%M-%S")
        temp_filename = os.path.join(UPLOAD_FOLDER,
f"temp_{timestamp}.jpg")
        with open(temp_filename, 'wb') as f:
            f.write(image_data)

```

Потім відбувається розпізнавання номерного знаку на зображенні за допомогою бібліотеки EasyOCR та завантаження списку із дозволеними номерами:

```

results = reader.readtext(temp_filename)
allowed_plates = load_allowed_plates()

```

Наступним кроком відбувається нормалізація розпізнаних символів та виводиться у консоль розпізнані символи з ймовірністю:

```

for (_, text, prob) in results:
    plate = normalize_plate(text.replace(" ", "").upper())
    print(f"🔍 Розпізнано: {plate} (ймовірність: {prob:.2f})")

```

Якщо розпізнаний номерний знак присутній у базі даних, тимчасове фото перейменовується у формат `номер_дата_час.jpg` та зберігається. Також додається запис на сторінці веб-серверу та повертається відповідь «OPEN» для модуля ESP32-CAM:

```

if plate in allowed_plates:
    final_filename = os.path.join(UPLOAD_FOLDER,

```

```
f"{plate}_{timestamp}.jpg")
    os.rename(temp_filename, final_filename)
    msg = f"✅ Доступ дозволено для {plate}. Фото збережено:
{final_filename}"
    log(msg)
    return "OPEN", 200
```

Якщо нічого не розпізнано, зберігається лише останнє нерозпізнане зображення з назвою файлу формату unrecognized\_дата.jpg, також додається запис у журнал подій та мікроконтролер отримує відповідь "DENY", заборона на відкриття воріт:

```
for fname in os.listdir(UPLOAD_FOLDER):
    if fname.startswith("unrecognized_"):
        try:
            os.remove(os.path.join(UPLOAD_FOLDER, fname))
        except:
            pass
    unknown_path = os.path.join(UPLOAD_FOLDER,
f"unrecognized_{timestamp}.jpg")
    os.rename(temp_filename, unknown_path)
    msg = f"❓ Номер не розпізнано. Фото збережено: {unknown_path}"
    log(msg)
    return "DENY", 200
```

Було запущено сервер Flask та модуль ESP32-CAM для перевірки роботи розробленої системи (рис. 3.3).

Ведеться журнал подій, не розпізнане зображення зберігається як unrecognized.jpg. Зображення, яке було вдало розпізнане зберігається у відповідну папку із зазначенням у назві файлу номеру транспортного засобу, дати та часу розпізнавання.

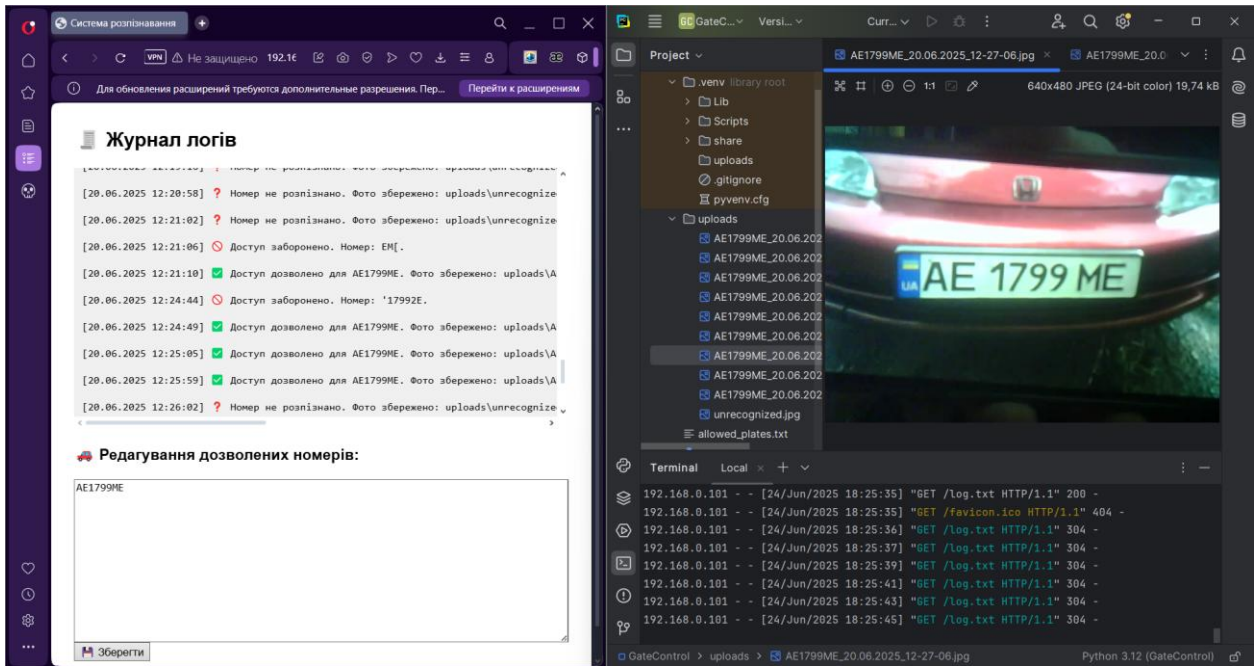


Рисунок 3.3 – Робота розробленого програмного забезпечення

### 3.3 Розробка макету та тестування системи

Згідно схеми, вказаної на рисунку 2.6, підключимо усі необхідні компоненти системи (рис. 3.4).

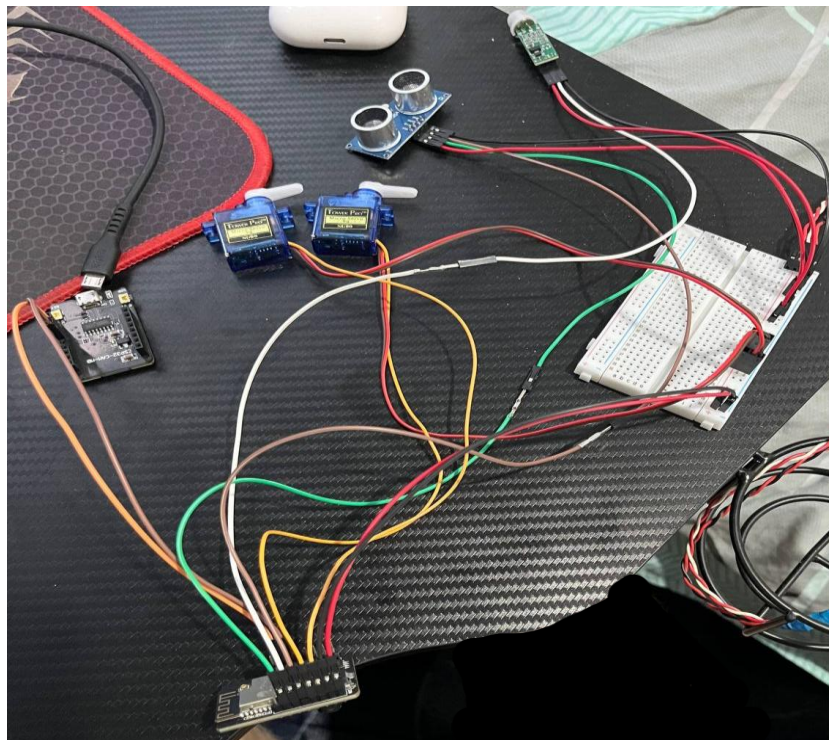


Рисунок 3.4 – Підключення компонентів

Запустимо нашу систему та проведемо її тестування (рис. 3.5). Покажемо зображення автомобіля із номерним знаком AE1799ME, внесеним у базу даних дозволених номерів.

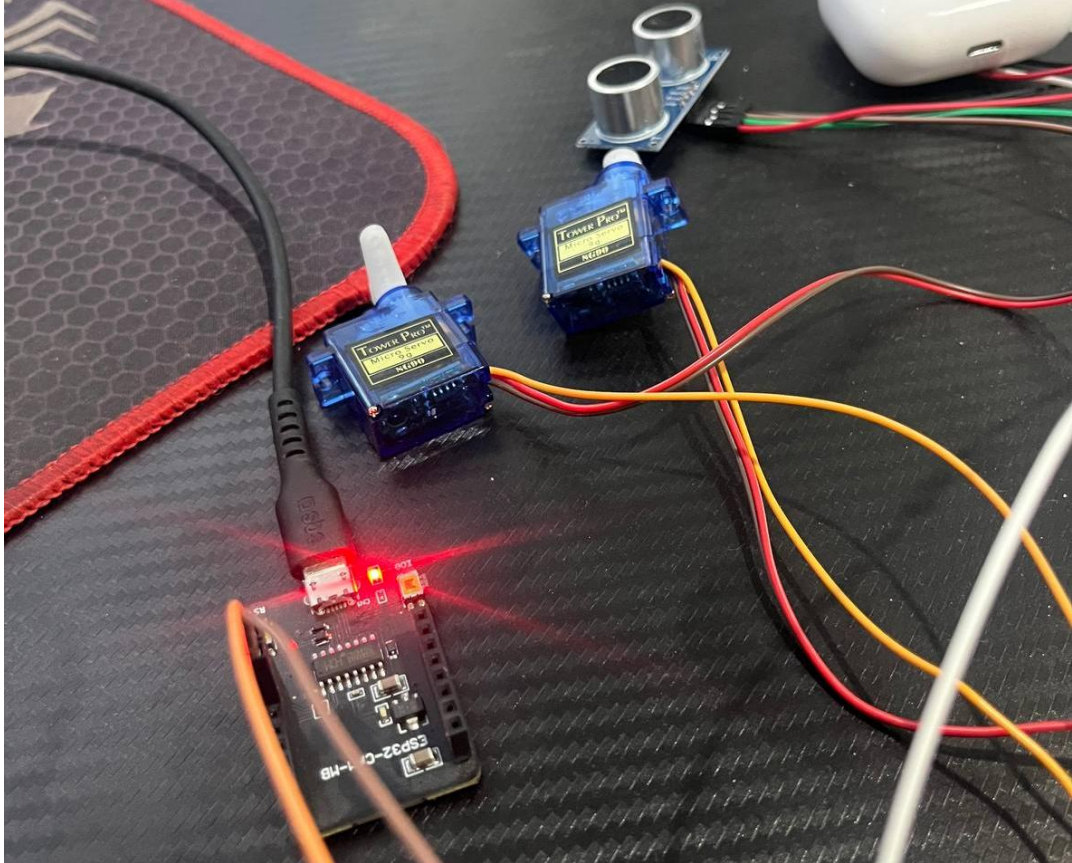


Рисунок 3.5 – Тестування системи

Як видно з рисунку 3.5 серводвигуни повернулись на  $90^\circ$ , після розпізнавання номерів з зображення. Після спрацювання інфрачервоного датчика, серводвигуни повернулись у початкове положення, отже система працює.

Далі встановимо систему на завчасно створений макет воріт (рис. 3.6). Закріпимо на воротах камеру та ультразвуковий датчик відстані. Серводвигуни встановимо на валу воріт (рис. 3.7).

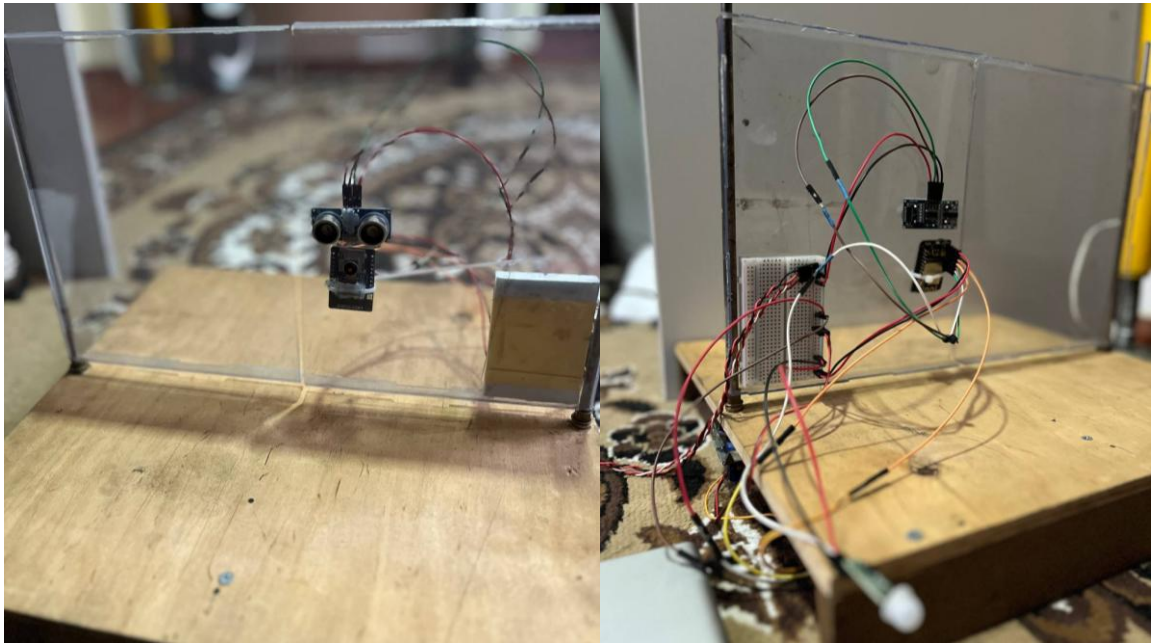


Рисунок 3.6 – Встановлення системи на макет воріт

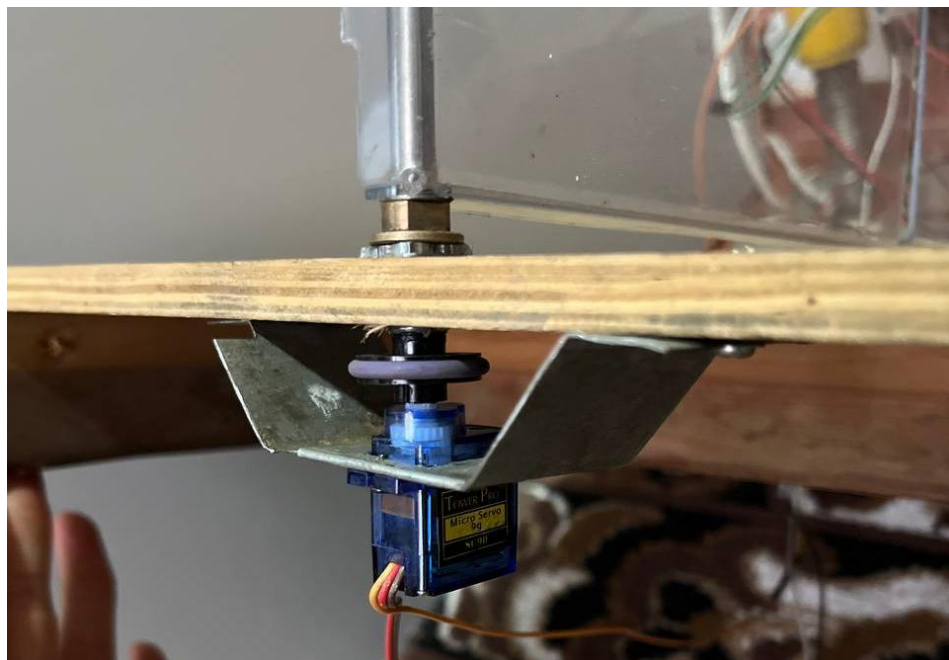


Рисунок 3.7 – Встановлення серводвигунів на вал воріт

У результаті отримуємо зібраний та повністю готовий до роботи макет для системи автоматизації доступу транспорту. Перевіряючи його на працездатність, було показано у камеру зображення автомобілю з номерним знаком AE1799ME (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Зображення автомобіля для перевірки макету

Після того, як камера зробила знімок транспортного засобу, він був надісланий на сервер, на якому було отримане повідомлення про дозвіл доступу (рис. 3.9).

[20.06.2025 12:59:35]  Доступ дозволено для AE1799ME. Фото збережено: uploads\AE1799ME\_20.06.2025\_12-59-34.jpg

Рисунок 3.9 – Дозвіл доступу від серверу

Отримавши дозвіл на доступ мікроконтролер відчиняє серводвигунами ворота (рис 3.10).

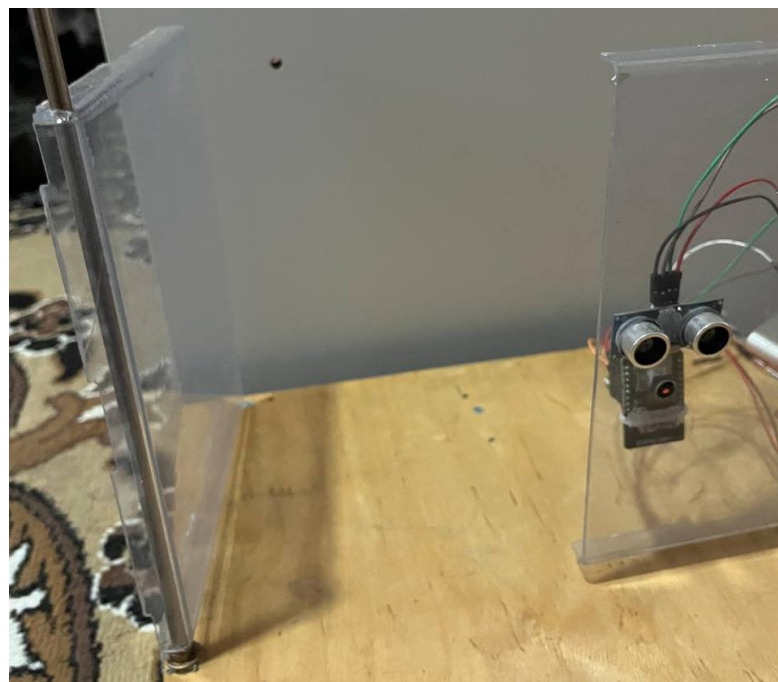


Рисунок 3.10 – Відчинені ворота

Зачиняються ворота після спрацювання інфрачервоного датчика HC - SR505.

### 3.4 Охорона праці

У процесі розробки та впровадження системи автоматизованого контролю доступу до приватної території важливо враховувати аспекти охорони праці, пов'язані з експлуатацією електронного обладнання, використанням низьковольтних ланцюгів та роботою з комп'ютерною технікою.

Під час монтажу системи, що включає мікроконтролер ESP32-CAM, серводвигуни для керування воротами, датчики руху та відстані, необхідно дотримуватись базових правил електробезпеки. Усі з'єднання мають бути виконані лише при знеструмленій схемі, з використанням ізольованих інструментів та відповідного живлення, що не перевищує допустимих значень для мікроконтролера. Особлива увага приділяється правильному підключенню серводвигунів, оскільки помилки можуть спричинити коротке замикання або перегрів вузлів.

Робота з ESP32-CAM передбачає також налаштування бездротового зв'язку, тому для зниження шкідливого впливу електромагнітного випромінювання. Система розпізнавання працює автономно та не потребує постійного ручного втручання, що також знижує навантаження на оператора.

Під час програмування та тестування важливо уникати перевантаження зору та зниження концентрації. Рекомендовано дотримуватись режиму праці за комп'ютером, чергуючи періоди роботи з відпочинком, підтримуючи оптимальну освітленість і ергономіку робочого місця.

Загалом система не створює значного ризику для здоров'я користувача, однак дотримання базових заходів охорони праці гарантує безпечну розробку, експлуатацію і обслуговування системи [28].

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналіз сучасного стану розробок у галузі систем контролю доступу транспорту, розглянуто переваги та недоліки існуючих технологій. Здійснено порівняльний аналіз аналогічних рішень автоматизації доступу від провідних виробників..

Обрано та обґрунтовано елементну базу системи, включаючи модуль ESP32-CAM як основний контролер з вбудованою камерою, серводвигуни SG90 для керування воротами, ультразвуковий датчик HC-SR04 для виявлення транспорту та ІЧ-датчик HC-SR505 для підтвердження проїзду.

Розроблено функціональну схему та електричну схему підключення компонентів системи. Проведено розрахунок джерела живлення для автономної роботи системи протягом 12 годин, визначено необхідну ємність акумуляторної батареї в 3720 мА·год.

Розроблено програмне забезпечення системи, що включає код для мікроконтролера ESP32-CAM у середовищі Arduino IDE для керування датчиками, камерою та серводвигунами, серверну частину на Flask з використанням бібліотеки EasyOCR для розпізнавання номерних знаків, алгоритм нормалізації символів для підвищення точності розпізнавання кирилических номерів

Створено функціональний макет системи та проведено його тестування. Результати тестування підтвердили працездатність розробленого рішення та відповідність поставленим вимогам.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 30 с.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форми навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої [Електронний ресурс] / упоряд.: І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, О. В. Токарева, С. П. Новоселов, О.В Сичова ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – електрон. вид. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – 64 с.
3. Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2025) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Вип. 1. – 262с.
4. Jabil Uzhgorod: як працює завод американського контрактного виробника електроніки в Україні URL: <https://itc.ua/articles/jabil-uzhgorhod-kak-rabotaet-zavod-amerikanskogo-kontraktnogo-proizvoditelya-elektroniki-v-ukraine/> (дата звернення: 19.04.2024).
5. Logistics and transport. Development of transport access control and management systems URL: <https://avada-media.ua/en/services/razrobotka-sistem-kontrolya-i-upravleniya-dostupom-transporta/> (дата звернення: 19.04.2024).
6. Технологія ANPR (розпізнавання автомобільних знаків) у камерах Dahua URL: <https://dnepsecurity.com/statji/tehnologija-anpr--raspoznovanie-avtomobilnih-znakov--v-kamerah-dahua.html> (дата звернення: 20.04.2024).
7. How Does ANPR Work? A Comprehensive Guide to Automatic Number Plate Recognition URL: [https://carmencloud.com/how-does-anpr-work-a-comprehensive-guide-to-automatic-number-plate-recognition/?utm\\_source=chatgpt.com](https://carmencloud.com/how-does-anpr-work-a-comprehensive-guide-to-automatic-number-plate-recognition/?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 20.04.2024).

8. Accurate, Fast, Developer-Friendly ALPR URL: [https://platerecognizer.com/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=72300746800&utm\\_keyword=alpr&utm\\_content=1030431&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw2ZfABhDBARIsAHFTxGwyoKuMKV2uNdYR0SmY-FKgZ62Z\\_nx\\_HOkv7uFwND9eN9uFbg6nAMkaAjpAEALw\\_wcB](https://platerecognizer.com/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=72300746800&utm_keyword=alpr&utm_content=1030431&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2ZfABhDBARIsAHFTxGwyoKuMKV2uNdYR0SmY-FKgZ62Z_nx_HOkv7uFwND9eN9uFbg6nAMkaAjpAEALw_wcB) (дата звернення: 20.04.2024).

9. RFID технологія | Що таке RFID | Як працює RFID-технологія URL: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/> (дата звернення: 22.04.2024).

10. RFID – технологія автоматичної ідентифікації URL: [https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfid\\_tekhnologiya/](https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfid_tekhnologiya/) (дата звернення: 22.04.2024).

11. RFID-ідентифікація транспорту на агропідприємстві URL: [https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfid\\_resheniya\\_dlya\\_kpp/](https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfid_resheniya_dlya_kpp/) (дата звернення: 22.04.2024).

12. Advantages of Optical Character Recognition URL: <https://theecmconsultant.com/advantages-of-optical-character-recognition/> (дата звернення: 23.04.2024).

13. Discreet Disadvantages of Optical Character Recognition URL: <https://theecmconsultant.com/disadvantages-of-optical-character-recognition/> (дата звернення: 23.04.2024).

14. Переваги та недоліки технології RFID - Новини. URL: <https://ua.syntekrfid.net/news/the-advantages-and-disadvantages-of-rfid-techn-79496213.html> (дата звернення: 24.04.2025).

15. Gatekeeper 410X - ANPR camera. AVUTEK. URL: <https://avutec.com/products/gatekeeper-410x/> (дата звернення: 24.04.2025).

16. CortexFramework. AVUTEK. URL: <https://avutec.com/computer-vision-platform/> (дата звернення: 24.04.2025).

17. RFID Vehicle Access Control System - FRESH Equipment. URL: <https://www.fresh222.com/rfid-vehicle-access-control-systems/> (дата звернення: 24.04.2025).

18. Access Control System, range distance 26ft / 8m - RFID Software. RFID Software. URL: <https://software.fresh222.com/product/access-control-system-26ft-8m/> (дата звернення: 24.04.2025).

19. Vehicle access control | PCS. PCS | Zeiterfassung, Zutrittskontrolle, Video, BDE, Industrie-PC - PCS Systemtechnik. URL: <https://www.pcs.com/en/products/access-control/access-software/vehicle-access-control> (дата звернення: 24.04.2025).

20. Модуль Wi-Fi ESP32-CAM з камерою 2MP купити в Києві та Україні. Arduino в Україні. URL: <https://arduino.ua/prod3458-modul-wi-fi-esp32-s-kameroi-2mp?srsltid=AfmBOoreM-j9DtgV1csnfHa85wJHRbtqmvDFrpmIBZBADioWL1c2JOP-> (дата звернення: 16.05.2025).

21. Контролер розробки ESP32-CAM WiFi з камерою OV2640 і з інтерфейсом CP340. URL: <https://detalipro.in.ua/kontroler-rozrobki-esp32-cam-wifi-z-kameroju-ov2640-i-z-interfejsom-sr340-diymore> (дата звернення: 16.05.2025).

22. Серводвигун SG90 2кг 180° купити в Києві та Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod416-servoprivod-sg90-2kg> (дата звернення: 17.05.2025). – Назва з екрана.

23. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 купити в Києві та Україні. URL: [https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04?srsltid=AfmBOor4RrkBYpoNR70KOtU7603338TR86BTXgU9Uy39DsSErx7W7V\\_j](https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04?srsltid=AfmBOor4RrkBYpoNR70KOtU7603338TR86BTXgU9Uy39DsSErx7W7V_j) (дата звернення: 17.05.2025).

24. HC-SR04. РКС Компоненти - РАДІОМАГ. URL: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/hc-sr04\\_103102.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/hc-sr04_103102.html) (дата звернення: 17.05.2025).

25. ІЧ-датчик руху HC-SR505 для Arduino купити в Києві та Україні. Arduino в Україні. URL: <https://arduino.ua/prod2507-ik-datchik-dvijeniya-hc-sr505-dlya->

[arduino?srsltid=AfmBOopgTucL5cW3FyVwjOTFDnX48S0B7\\_-Tzi1SP2LvSvcTWdiv7hD4](https://erg.com.ua/ua/p779405156-datchik-dvizheniya-piroelektricheskij.html) (дата звернення: 17.05.2025).

26. Датчик руху піроелектричний і/ч hc-sr505 Модуль: продаж, ціна у Кривому Розі. Датчики руху від "Електро Радіо Груп - 1й магазин електрики і радіоелектроніки" - 779405156. URL: <https://erg.com.ua/ua/p779405156-datchik-dvizheniya-piroelektricheskij.html> (дата звернення: 17.05.2025).

27. Writer C. How to Use EasyOCR. *Roboflow Blog*. URL: <https://blog.roboflow.com/how-to-use-easyocr/#:~:text=EasyOCR%20is%20a%20Python%20package,and%20supports%20over%2080%20languages.> (дата звернення: 18.05.2025).

28. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Безпека праці в індустрії ІТ-технологій» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету [<http://catalogue.nure.ua/knmz>] / ХНУРЕ; розроб.: Т. Є. Стиценко, Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк. – Харків, 2017. – 122 с.