

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**РОЗУМНИЙ РОБОТ НА БАЗІ ARDUINO UNO З WI-FI
КАМЕРОЮ НА ESP32**

**SMART ROBOT BASED ON ARDUINO UNO WITH WI-FI
CAMERA ON ESP32**

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-42
Швець Роман Тарасович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Гринюк Сергій Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« 19 » червня 2024 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Н.Черняшук

« 10 » 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Швецю Роману Тарасовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Розумний робот на базі Arduino UNO з Wi-Fi камерою на ESP32*

Керівник роботи *к.т.н., доцент Гринюк Сергій Васильович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 року № 459/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 11.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи *Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань, дослідження існуючих методів та засоби проведення дослідження, розробка мобільного робота з камерою ESP32-CAM мікроконтролера

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань дослідження</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Теоретичне дослідження та практична реалізація</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Практична реалізація робототехнічної системи</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>	_____ %		
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О.І., асистент</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Проведення огляду літератури із досліджуваної проблеми</i>	до 15.02.2024 р.	Виконано
2.	<i>Проведення аналізу та класифікація мобільних робіт</i>	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	<i>Розробка робототехнічної платформи</i>	до 04.05.2024 р.	Виконано
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	до 07.05.2025 р.	Виконано
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 10.05.2024 р.	Виконано
6.	<i>Формування додатків</i>	до 15.05.2024 р.	Виконано
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	до 20.05.2024 р.	Виконано
8.	<i>Нормоконтроль</i>	до 01.06.2024 р.	Виконано
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 04.06.2024 р.	Виконано
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	до 11.06.2024 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Швець Р.Т.

_____ (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Гринюк С.В.

_____ (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Швець Р. Т. Розумний робот на базі Arduino UNO з Wi-Fi камерою на ESP32. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 49 с.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

Перший розділ присвячено огляду предметної області, тут проводиться аналіз колісних мобільних роботів та їх класифікація.

В другому розділі здійснено вибір та обґрунтування апаратної платформи та компонентів для розробки мобільного робота.

Третій розділ присвячено опису розробки мобільного робота на базі Arduino UNO з камерою ESP32-CAM та мобільного додатку для керування ним.

Ключові слова: мобільний робот, мобільний додаток, Arduino, мікроконтролер.

ANNOTATION

Shvets R. T. Smart robot based on Arduino UNO with Wi-Fi camera on ESP32. Manuscript.

Bachelor's qualifying thesis of the OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024. 49 p.

The qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, and a list of used sources.

The first section is dedicated to the review of the subject area, here the analysis of wheeled mobile robots and their classification is carried out.

In the second section, the selection and justification of the hardware platform and components for the development of a mobile robot is carried out.

The third chapter is devoted to the description of the development of a mobile robot based on Arduino UNO with an ESP32-CAM camera and a mobile application for controlling it.

Keywords: mobile robot, mobile application, Arduino, microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Поняття про мобільні роботи	6
1.2 Аналіз колісних мобільних роботів.....	7
1.3 Сучасні колісні роботи.....	13
РОЗДІЛ 2 ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА КОМПОНЕНТІВ МОБІЛЬНОГО РОБОТА	23
2.1 Плата Arduino Uno.....	23
2.2 Плата розширення	27
2.3 Плата ESP32-S3-EYE	29
2.4 Акселерометр GY-291 ADXL345	31
2.5 Ультразвуковий датчик HC-SR04	32
2.6 Сервопривід	34
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	35
3.1 Проектування та збір мобільного робота.....	35
3.2 Програмування плати мобільного робота.....	40
3.3 Тестування	43
ВИСНОВКИ	45
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Еволюція сучасного суспільства й виробництва обумовила виникнення й розвиток нового класу машин-роботів і відповідного наукового напрямку робототехніки.

За всіх часів наукова й виробнича діяльність людини визначалася, з одного боку, потребою розвитку й удосконалення суспільного виробництва як бази для досягнення економічної могутності, з іншого – необхідністю дослідження й освоєння нових нетрадиційних просторів і галезуй діяльності.

На сьогоднішній день роботи все частіше беруть участь в нашому повсякденному житті. В результаті прискороного розвитку технологій, в останні кілька років, використання робототехнічних комплексів зростає експоненціально.

Роботи використовуються в самих різних областях, в автомобільній промисловості, в медичній промисловості роботи, де роботи можуть виконувати хірургічні операції, для уникнення появи людського фактору, у військовій промисловості, для видалення наземних мін, знешкодження бомб, ліквідація небезпечних техногенних зон, в космічній промисловості, в побуті, для прибирання приміщень.

Існують роботи, що вимагають особливої уваги – це автономні мобільні роботи. Даний тип роботів створений для вирішення завдань навігації.

Розробка мобільних роботів є складним завданням, пов'язано з необхідними ресурсами і навичками в багатьох областях, такі як розробка програмного забезпечення, штучний інтелект, механічне проектування, електротехніка, сигнал обробки сенсорної техніки або теорії управління. Сучасні мобільні робототехнічні системи часто є монолітними.

В даний час велика увага приділяється розробці робототехнічних комплексів з високою пристосованістю до руху по складних траєкторіях і складних поверхнях.

У даній кваліфікаційній роботі найбільшу увагу було приділено робототехнічним комплексам, що використовують колесний спосіб пересування.

Метою роботи є розробка мобільного робота на базі мікроконтролера.

Об'єкт дослідження – система управління роботом через WI-FI камеру.

Предмет дослідження – програмно-апаратні методи та засоби керування мобільними роботами.

Завдання, які необхідно виконати :

- здійснити аналіз та класифікацію мобільних роботів;
- зробити вибір апаратної платформи та компонентів мобільного робота;
- розробити робототехнічну платформу з камерою ESP32-CAM.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Поняття про мобільні роботи

Робот – це механізм здатний виконувати завдання в неструктурованих середовищах без постійного людського управління. Повністю автономний робот має такі властивості:

- отримання даних про середовище роботи;
- робота протягом тривалого часу без втручання оператора;
- включати в себе блоки маніпуляторів, шасі та інших пристроїв для взаємодії з середовищем.

Самі автономні роботи в процесі експлуатації можуть придбати або отримати нові можливості, такі як нові алгоритми досягнення своїх завдань або алгоритми адаптації до мінливої обстановки, за допомогою перепрограмування мікросхем безпосередньо на платі. Самі автономні роботи як і раніше вимагають регулярного технічного обслуговування нарівні з іншими машинами.

На рисунку 1.1 представлена структурна схема взаємодії робота та зовнішнього.

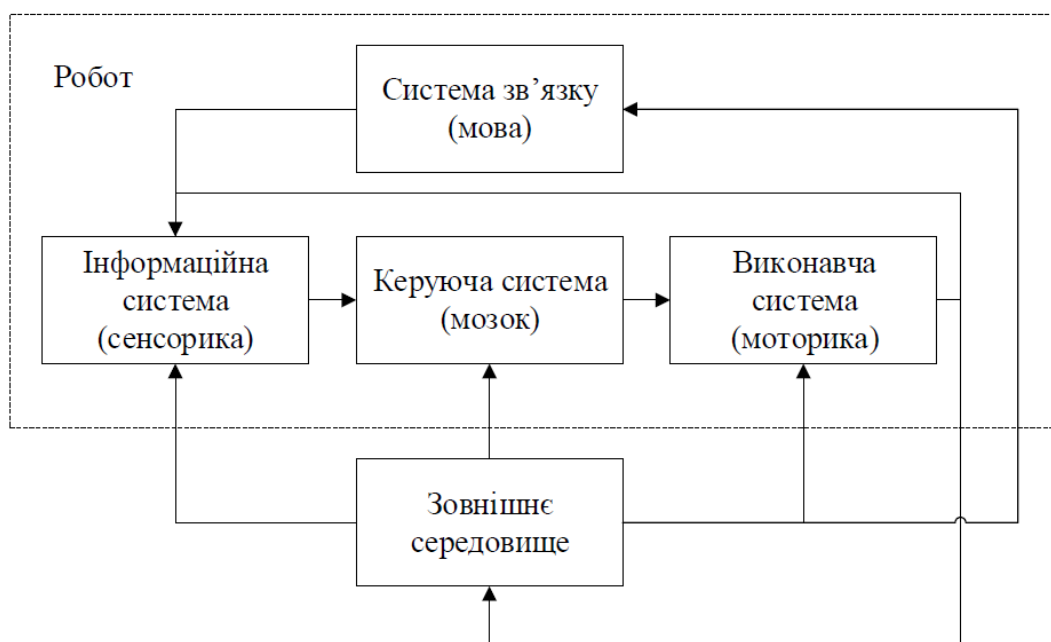


Рисунок 1.1 – Структурно-функціональна схема робота

Робот в загальному випадку складається з наступних систем:

- інформаційно-вимірювальної (сенсорної) системи;
- керуючої системи;
- системи зв'язку з оператором та/або іншими керуючими системами;
- виконавчої системи.

Інформаційно-вимірювальна система – система датчиків, що зчитують дані про зовнішнє середовище. Як елементи сенсорної системи робота зазвичай використовуються відеокамери, ультразвукові сенсори, радары, тактильні та контактні датчики, датчики положення, тахометри, акселерометри тощо.

Керуюча система відповідає за аналіз сигналів зворотного зв'язку від сенсорної системи, сигналів керування від оператора (або автоматизованої системи керування з елементами штучного інтелекту) та передачу управляючих сигналів на виконавчу систему робота.

Система зв'язку робота служить для забезпечення обміну даними та отримання команд.

Виконавча система, забезпечує можливість виконувати рухи, оброблюючи управляючі сигнали з метою зміни положення та конфігурації вузлів та агрегатів робота.

В даний час існує чимало проектів з дослідження крокуючих роботів, в тому числі і роботів вертикального переміщення, що свідчить про високий інтерес до таких технологій та потенційну зацікавленість користувачів.

1.2 Аналіз колісних мобільних роботів

Роботи здатні замінити людей при проведенні аварійних рятувальних робіт в атомній енергетиці, в хімічній, нафтогазовій і гірничодобувній галузях; під час ліквідації наслідків стихійних лих, в операціях по боротьбі з тероризмом. Вони можуть використовуватися для охорони об'єктів і патрулюванні територій, а також в космічних дослідженнях планет Сонячної системи.

Мобільні роботи застосовуються переважно в екстремальних умовах, де люди не можуть знаходитися усередині транспортного засобу, або якщо їх перебування там зв'язане з ризиком для життя. Крім того, в умовах підвищеної небезпеки людина починає здійснювати помилки, знижується їх працездатність і ефективність дій. Виправдано використання мобільних роботів і в звичайних умовах для виконання важких або тривалих монотонних робіт, а також в якості внутрішньоцехового транспорту, на автоматизованих складах, при проведенні земляних робіт [1].

Слово «робот», як відомо, слов'янського походження. Його ввів відомий письменник К. Чапек в 1920 р. у своїй фантастичній п'єсі «R.U.R» в якій так названі механічні робітники, призначені для заміни людей на важких фізичних роботах. Назва «робот» утворено від чеського слова robot, що означає важку підневільну працю [1].

У термінологічному плані робот можна визначити як універсальний автомат для здійснення механічних дій, подібних до тих, які проводить людина, що виконує фізичну роботу. Прагнення замінити людину у важких і небезпечних роботах породило ідею створення робота, що зумовило виникнення і розвиток сучасної робототехніки і роботобудування. З часом поняття робот розширилося, і під ним розуміють будь-яку автоматичну машину, замінюючу людину та її поведінку.

Предмет робототехніки – це створення і застосування роботів, інших засобів робототехніки і заснованих на них технічних систем і комплексів різного призначення. Виникнувши на основі кібернетики і механіки, робототехніка, у свою чергу, породила нові напрями розвитку і самих цих наук. У кібернетиці, передусім, це пов'язано з інтелектуальним управлінням і біонікою як джерелом нових, запозичених у живої природи ідей, а в механіці з багатоступневими механізмами типу маніпуляторів.

Мобільний робот здатний переміщуватися в робочому середовищі відповідно до програми управління, і може бути забезпечений маніпулятором. Мобільні роботи програмуються заздалегідь: вони повинні вміти самостійно

орієнтуватися в просторі і виконувати завдання, покладаючись лише на власні системи управління. Такі роботи називаються мобільними, тому що вони не прив'язані до оператора.

До мобільних робіт не відносяться пересувні маніпуляційні роботи, які можуть бути оперативно переміщені в робочому середовищі вручну або за допомогою транспортних засобів з ручним управлінням.

Умови функціонування робіт визначаються типом середовища експлуатації і характером робочого процесу, їх можна розділити на дві категорії: детерміновані (визначені) і недетерміновані (невизначені).

До детермінованих середовищ відносяться середовища, спроектовані і створені людиною. Відповідно, детермінованим процесом є будь-який процес, протікання якого повністю залежить від цілеспрямованої діяльності людини.

У детермінованих середовищах вже є або висока, або необхідна міра організації, яка може бути досягнута при порівняно невеликих витратах. Визначеність середовища обумовлена апріорним знанням точного положення усіх об'єктів, з якими може взаємодіяти робот. Для маніпуляційного робота це означає точне знання місця розташування і орієнтації об'єктів, розташованих в його робочій зоні. Для транспортного робота детермінованим середовищем є, наприклад, рейкова траса в цеху. До першої категорії відносяться також середовища, які можна організувати відповідно до вимог, хоча і ціною значних витрат (не повністю організовані середовища). В цьому випадку окремі об'єкти можуть мати заздалегідь невідомі відхилення від еталону.

У середовищах другої категорії практично неможливо здійснити їх організацію. Такі середовища називаються повністю неорганізованими (недетермінованими). До них відносяться, зокрема, природні середовища і середовища, що створюються аварійними ситуаціями як в природних умовах, так і при руйнуванні середовищ, спроектованих і створених людиною, тобто при руйнуваннях будівель і споруд. До дій робота в природних середовищах відносяться: розвідка на місцевості, військові дії, розмінування і патрулювання,

підводні і підземні роботи і тому подібне (у тому числі у випадках радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження місцевості).

До недетермінованих процесів відноситься будь-який процес, протікання і результат якого повністю не залежить від цілеспрямованої діяльності людини. Недетермінованими процесами є ведення бойових дій, усі природні процеси (землетруси, виверження вулканів і тому подібне), пожежі, вибухи (як результати техногенних аварій) і тому подібне [2].

Мобільні роботи можна класифікувати по:

- сферам застосування: виробничі (промислові), військові (бойові, такі, що забезпечують), дослідницькі, медичні;
- місцю існування (експлуатації): наземні, підземні, надводні, підводні, повітря, космічні;
- типу системи управління: програмні, адаптивні, інтелектуальні;
- функціональному призначенню: маніпуляційні, транспортні, інформаційні, комбіновані;
- рівню універсальності: спеціальні, спеціалізовані, універсальні;
- типу приводів: електричні, гідравлічні, пневматичні;
- типу переміщення: гусеничні, колісні, колісно-гусеничні, крокуючі, колісно-крокуючі, роторні, з петлевим, гвинтовим, водометним і реактивним;
- конструктивним особливостям технологічного устаткування: по числу маніпуляторів, по вантажопідйомності маніпуляторів, за системою координат робочої зони (лінійна, кутова);
- типу джерел первинних сигналів управління: електричні, біоелектричні, акустичні;
- способу управління: автоматичні, дистанційно керовані (що копіюють, командні, інтерактивні, супервізорні, діалогові), ручні.

Конструктивно універсальні мобільні роботи є самохідними засобами, що оснащуються розвідувальною апаратурою, набором змінного робочого устаткування і інструменту. Вони розраховані на дистанційне керування

оператором, що веде спостереження безпосередньо або за допомогою телевізійної камери.

До складу встановлених на роботах комплексів приладів і устаткування входять: навісне устаткування, система освітлення, рушій, приводи, система зв'язку, пост управління, система відчуттів, система управління, енергоустановка.

Будь-який мобільний робот може бути представлений у вигляді сукупності трьох основних систем – транспортної, спеціальної і системи управління [2].

Транспортна система. Транспортна система є транспортним засобом, призначеним для доставки спеціального і технологічного устаткування до місця виконання поставленого завдання.

Спеціальні системи. Спеціальні системи служать для безпосереднього виконання поставлених завдань. Спеціальна система складається з необхідного набору технологічного устаткування, склад якого визначається видом вирішуваної задачі і призначенням мобільного робота.

Наприклад, при рішенні розвідувальних завдань технологічним устаткуванням є комплект сенсорів і засобу первинної обробки інформації. Виконання технологічних завдань може забезпечуватися маніпулятором і набором змінного інструменту до нього. При проведенні взривотехнічних робіт необхідним устаткуванням є засоби діагностики вибухових пристроїв і гідроруйнівники.

Система управління забезпечує управління рухом і роботою технологічного устаткування робота, а також адаптивне управління ходовою частиною і енергетичною установкою з урахуванням взаємодії транспортної системи з довкіллям.

Система управління включає частину (апаратура управління роботом, датчики, система технічного зору і мікропроцесори попередньої обробки інформації), що інформаційно-управляє, розташовану на мобільному роботі; пост оператора мобільного робота (пульт управління, відеопереглядові пристрої; ЕОМ для обробки інформації) і комплект прийомо-передаючої апаратури, що

забезпечує передачу інформації від робота на пост оператора і команд, що управляють, від поста оператора на мобільний робот.

Система управління рухом повинна також забезпечувати планування руху в недетермінованих умовах на основі картографічної бази з урахуванням інформації, що безперервно поступає, в систему управління від технічних органів чуття і навігаційної системи (рис. 1.2).

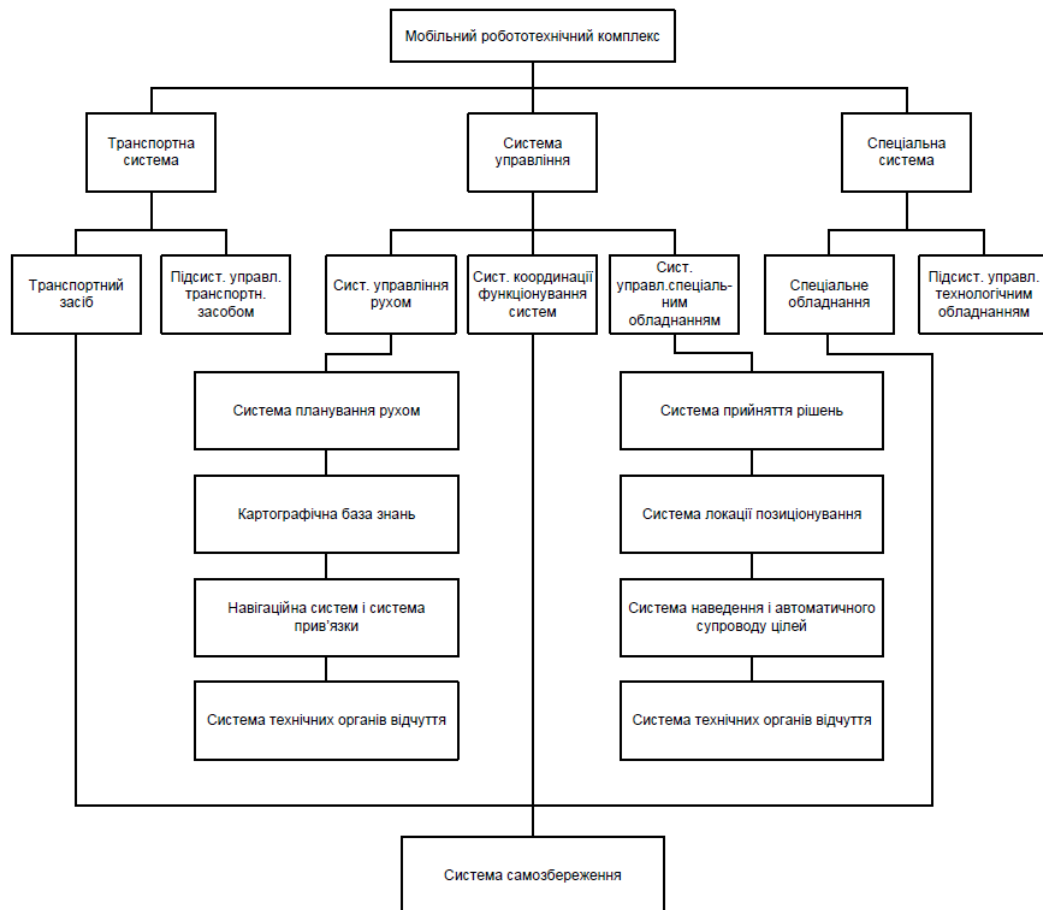


Рисунок 1.2 – Узагальнена структура мобільного робототехнічного комплексу

Мобільні роботи універсальні і тому можуть бути використані в різних областях. Стосовно використання робототехники у військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні «здібності» роботів, придатність до експлуатації в тяжких і екстремальних умовах і здатність забезпечити захист обслуговуючого персоналу. При використанні роботів в

цивільній промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності [3].

1.3 Сучасні колісні роботи

Hiwonder Turbopi Raspberry Pi Omnidirectional Mecanum Wheels Robot Car Kit з камерою (рис. 1.3), побудовано на шасі Mecanum із колесами та працює від Raspberry Pi 4B. Він оснащений ширококутною камерою 120 градусів і використовує OpenCV для обробки зображень. Крім того, він оснащений сяючим ультразвуковим датчиком RGB, світло якого можна регулювати, що дозволяє роботу спритно уникати перешкод. Він також підтримує різноманітні датчики, щоб втілити ваші творчі ідеї ШІ в реальність. Надаються численні навчальні посібники та вихідні коди Python, які допоможуть вам швидко просунути роботу, машинний зір і штучний інтелект.



Рисунок 1.3 – Робот Turbopi [4]

Turbopi має всенаправлений рух на 360 градусів. Він оснащений чотирма всенаправленими мекановими колесами, які дозволяють йому рухатися в будь-якому напрямку та проходити різноманітні складні маршрути. Він також має панорамний нахил 2 DOF для огляду на 360 градусів із двома антиблокуючими

сервоприводами, які можуть обертатися на 130 градусів по вертикалі та на 180 градусів по горизонталі.

Turbopi базується на Raspberry Pi і програмується на Python3. Він має навички відстеження обличчя, відстеження кольорів, розпізнавання QR-кодів, розпізнавання жестів, розпізнавання об'єктів, розпізнавання номерних знаків, відстеження рядків та багато інших ігор зі штучним інтелектом. За допомогою OpenCV він може відстежувати певні кольори та рухатися разом з об'єктом цього кольору. Він також підтримує два режими відстеження, дозволяючи панорамному нахилу або панорамному нахилу разом із кузовом автомобіля рухатися разом із ціллю. Крім того, він здатний розпізнавати жести, що дозволяє йому взаємодіяти з вами на основі кількості пальців.

Turbopi має два режими водіння: візуальне відстеження лінії та відстеження з чотирьохканальним відслідковуванням лінії. За допомогою OpenCV він виділяє область ROI, усуває шум, щоб знайти лінію на бінарному зображенні, і використовує алгоритм PID для калібрування напрямку. Чотириканальний відслідковувач лінії використовує чотири інфрачервоні зонди для виявлення та відстеження лінії.

Turbopi також має можливості автономного водіння, поєднуючи чотириканальний слідкуючий пристрій і камеру для розпізнавання світлофора та дорожніх знаків. Ним можна керувати за допомогою програми для Android або iOS, що дозволяє швидко перемикає режими гри та насолоджуватися різними іграми зі штучним інтелектом. Він також підтримує зображення, що передається FPV, що дозволяє контролювати робота в реальному часі.

Turbopi має корпус із твердого алюмінієвого сплаву, який захищає основну плату керування від розбивання та ударів. Він також має високопродуктивні сервоприводи повороту і нахилу з високою точністю та довшим терміном служби, а також ширококутну камеру HD 120 градусів. Крім того, він оснащений чотириканальним лінійним повторювачем з інтерфейсом ПС і сяючим ультразвуковим датчиком з інтерфейсом ПС для уникнення перешкод.

Автономний мобільний робот Moorebot Scout із штучним інтелектом (рис. 1.4) – це мобільний робот для домашньої безпеки для інтелектуального спостереження. Оснащений багатьма передовими датчиками та алгоритмами штучного інтелекту, Scout є ідеальним помічником для домашнього моніторингу без сліпих зон. Його можливості включають розпізнавання об'єктів і голосове керування через Amazon Alexa. Monocular SLAM (одночасна локалізація та відображення) доступний як частина випуску з відкритим кодом.



Рисунок 1.4 – Автономний мобільний робот Moorebot Scout [4]

Відкритий API дозволяє досвідченим користувачам проектувати та створювати інструменти розширення за допомогою 3D-принтерів. Скаут носив би ваші інструменти для більшої кількості завдань. Вони можуть варіюватися від пікапів до ультрафіолетових інструментів для знищення мікробів і лазерних пістолетів для ігор.

Завдяки інноваційному дизайну коліс Mecanum грати з цим роботом надзвичайно весело. Завдяки додатку для мобільного телефону Scout може стати веселою іграшкою для дітей. Скаут не лише виконує накази, але й стежить за такими об'єктами, як домашні тварини, люди та інші навчені об'єкти.

Adept PiCar 4WD Pro Smart Robot Car 2-in-1 Kit w/ 4-DoF Robotic Arm (рис. 1.5) – це навчальний і веселий набір на основі Raspberry Pi 4 3 Model B B+, а також розумний електронний навчальний посібник для різних людей навчальні потреби.



Рисунок 1.5 – Adept PiCar 4WD Pro Smart Robot Car [4]

Загальна конструкція проста і легко збирається. У порівнянні з аналогічними наборами роботів, PiCar-Pro додав камеру, роботизовану руку, світло, більше цікавих можливостей для вашого експерименту. Кілька функцій: відстеження руху об'єкта, відстеження, передача відео в реальному часі, ультразвукове уникнення перешкод тощо.

JetAcker працює на базі NVIDIA Jetson Nano B01 (рис. 1.6) і підтримує роботу операційної системи (ROS). Він використовує стандартні фреймворки глибокого навчання, включає розробку MediaPipe, забезпечує навчання моделям YOLO та використовує прискорення TensorRT.



Рисунок 1.6 – Робот-автомобіль JetAcker ROS Education [4]

Ця комбінація забезпечує широкий спектр програм машинного зору 3D, включаючи автономне водіння, соматосенсорну взаємодію та відстеження цілей КСФ. Крім того, за допомогою JetAcker ви можете вивчати та перевіряти різноманітні роботизовані алгоритми SLAM:

1) Маятникова підвіска Ackerman Steering Structure.

Задні колеса шасі завжди знаходяться в паралельному стані. При повороті кут повороту внутрішнього колеса більше, ніж кут повороту зовнішнього колеса. Кермування через різницю кутів повороту внутрішнього і зовнішнього коліс називається рульовим управлінням Аккермана.

2) Оснащено Lidar і підтримує навігацію SLAM Mapping.

JetAcker оснащено лідаром, який може реалізувати відображення та навігацію SLAM, а також підтримує планування шляху, навігацію за фіксованою точкою та динамічне уникнення перешкод.

3) Система керування з ЧПУ.

Повністю металеві високоточні компоненти з ЧПК у поєднанні з інтелектуальним сервоприводом із міцними підшипниками забезпечують виняткову силу обертання.

4) Суцільне колесо високої щільності.

Вантажопідйомність, стійкість до деформації, знижений коефіцієнт тертя та мінімізований механічний знос, що забезпечує подовження терміну служби.

5) Маятникова підвіска.

Високоточна маятникова підвіска врівноважує силу, забезпечуючи хорошу адаптацію до нерівних поверхонь, запобігаючи будь-якому впливу на двигун.

6) 240° Високоефективне панорамування-нахил.

Він керується сервоприводом послідовної шини, який забезпечує захист від перегріву. Діапазон обертання до 240° розширює діапазон дослідження JetAcker:

1. Лідарна картографічна навігація. JetAcker оснащений лідаром, який підтримує планування шляху, навігацію за фіксованою точкою, навігацію та уникнення перешкод, відображення кількох алгоритмів, а також реалізує функції захисту радара та відстеження радара, а саме:

- Лідарне позиціонування. Поєднуючи високоточний кодер власної розробки Lidar і дані датчика акселерометра IMU, JetAuto може досягти точного картографування та навігації.

- Різні 2D Лідарні методи картографування. JetAcker використовує різні алгоритми відображення, такі як Gmapping, HectorKarto та Cartographer. Крім того, він підтримує планування шляху, навігацію за фіксованою точкою та уникнення перешкод під час навігації.

- Багатоточкова навігація, ТЕВ Path Planning. JetAcker використовує Lidar для виявлення оточення та підтримує навігацію з фіксованою точкою, багатоточкову безперервну навігацію та інші додатки для роботів.

- Автономне картографування RRT. Завдяки алгоритму RRT JetAcker може завершити картографування дослідження, зберегти карту та повернутися до початкової точки автономно, тому немає потреби в ручному керуванні.

- Динамічне уникнення перешкод. JetAcker може виявляти перешкоди в реальному часі під час навігації та перепланувати шлях, щоб уникнути перешкод.

- Лідарне відстеження. Скануючи передній рухомий об'єкт, Lidar робить робота здатним стежити за ціллю.

2. 3D Vision AI Upgraded Interaction. JetAcker оснащений 3D-камерою глибини, підтримує 3D-картографію та навігацію, а також може отримувати 3D-зображення хмари точок. Завдяки поглибленому навчанню він може реалізувати більше інтерактивного ігрового процесу на основі ШІ, а саме:

- 3D-камера глибини. Оснащений камерою глибини Astra Pro Plus, JetAcker може ефективно сприймати зміни навколишнього середовища, забезпечуючи інтелектуальну взаємодію AI з людьми.

- RTAB-VSLAM 3D Vision Mapping and Navigation. Використовуючи алгоритм RTAB SLAM, JetAcker створює 3D-кольорову карту, що забезпечує навігацію та уникнення перешкод у 3D-середовищі. Крім того, він підтримує глобальну локалізацію на карті.

- ORBSLAM2+ORBSLAM3. ORB-SLAM – це платформа SLAM з відкритим кодом для монокулярів, бінокулярів і камер RGB-D, яка здатна обчислювати траєкторію камери в реальному часі та реконструювати 3D-оточення. А в режимі RGB-D можна отримати реальні розміри об'єкта.

- Дані карти глибини, хмара точок. Через відповідний API JetAcker може отримати карту глибини, кольорове зображення та точкове зображення камери.

3. Глибоке навчання, автономне водіння. Завдяки глибокому навчанню JetAcker може реалізувати функції автономного водіння, що є ідеальною платформою для вивчення основних функцій автономного водіння, а саме:

- Виявлення дорожніх знаків. Завдяки навчанню бібліотеки моделей глибокого навчання JetAcker може реалізувати автономне водіння за допомогою AI Vision.

- Утримання смуги руху. JetAcker здатний розпізнавати смуги з обох боків, щоб підтримувати безпечну відстань між ним і смугами.

- Автоматичне паркування. У поєднанні з алгоритмом глибокого навчання JetAcker може розпізнавати знак паркування, а потім автоматично направляти себе в слот.

- Поворотне прийняття рішень. Відповідно до смуг руху, дорожніх знаків і світлофорів JetAcker буде використовувати і світлофори, JetAuto оцінить трафік і вирішить, чи повертати.

4. Розробка MediaPipe, оновлена взаємодія AI. JetAcker використовує інфраструктуру розробки MediaPipe для виконання різних функцій, таких як розпізнавання людського тіла, розпізнавання кінчиків пальців, розпізнавання обличчя і 3D-розпізнавання, а саме:

- Розпізнавання траєкторії кінчиком пальця.
- Розпізнавання людського тіла.
- Виявлення 3D.
- 3D розпізнавання обличчя.

5. Взаємодія AI Vision. Використовуючи штучний інтелект, JetAcker може реалізувати відстеження цілі KCF, стеження за лініями, розпізнавання та відстеження кольорів/тегів, розпізнавання об'єктів YOLO, а саме:.

- Відстеження цілі KCF. Покладаючись на алгоритм фільтрації KCF, робот може відслідковувати вибрану ціль.

- Наступна лінія зору. JetAcker підтримує власний вибір кольорів, і робот може ідентифікувати кольорові лінії та слідувати їм.

- Розпізнавання та відстеження кольорів/міток. JetAcker здатний розпізнавати та відстежувати визначений колір, а також може розпізнавати кілька тегів квітня та їхні координати одночасно.

- Розпізнавання об'єктів YOLO. Використовуйте мережевий алгоритм YOLO та бібліотеку моделей глибокого навчання для розпізнавання об'єктів.

6. 6СН мікрофонна матриця далекого поля. Цей 6-канальний мікрофонний масив далекого поля спритний у локалізації джерела звуку далекого поля, розпізнаванні голосу та голосовій взаємодії. У порівнянні зі звичайним модулем мікрофона, він може реалізувати більш розширені функції, а саме:

- Локалізація джерела звуку. Завдяки масиву з 6 мікрофонів досягається високоточне позиціонування джерел шумозаглушення. Завдяки радарному розпізнаванню відстані Hiwonder можна викликати в будь-якому місці.

- Голосове мовлення TTS. Текстовий вміст, опублікований ROS, може бути безпосередньо перетворений у голосову трансляцію для полегшення інтерактивного дизайну.

- Голосова взаємодія. Розпізнавання мовлення та голосова трансляція TTS поєднуються для реалізації голосової взаємодії та підтримки розширення функції онлайн-голосової розмови iFlytek.

- Голосова навігація. Використовуйте голосові команди, щоб керувати Hiwonder, щоб досягти будь-якого вказаного місця на карті, подібно до сценарію голосового керування роботом-доставником їжі.

7. Взаємопов'язане формування. Завдяки комунікаційним і навігаційним технологіям для кількох літальних апаратів JetAcker може реалізовувати бойові дії для кількох літальних апаратів та ігри зі штучним інтелектом.

- Навігація для кількох транспортних засобів. Залежно від багатомашинного зв'язку, JetAcker може забезпечити навігацію кількома транспортними засобами, планування шляху та розумне уникнення перешкод.

- Інтелектуальне формування. Партія JetAcker може підтримувати формування, включаючи горизонтальну лінію, вертикальну лінію та трикутник під час руху.

- Груповий контроль. Групою JetAcker можна керувати лише однією бездротовою ручкою, щоб виконувати дії рівномірно та одночасно

8. Операційна система ROS Robot. ROS – метаопераційна система з відкритим кодом для роботів. Він надає деякі базові послуги, такі як апаратна абстракція, низькорівневий контроль пристроїв, реалізація загальноживаних функцій, передача повідомлень між процесами та керування пакетами. Він також пропонує інструменти та бібліотечні функції, необхідні для отримання, компіляції, написання та запуску коду на комп'ютерах. Він спрямований на

надання підтримки повторного використання коду для досліджень і розробок робототехніки.

9. Моделювання альтанки. JetAcker побудовано на операційній системі роботів (ROS) і інтегрується з симуляцією Gazebo. Це дозволяє легко керувати роботом у змодельованому середовищі, полегшуючи попередню перевірку алгоритму для запобігання можливим помилкам. Gazebo надає візуальні дані, що дозволяє спостерігати за траєкторіями руху кожної кінцевої точки та центру. Цей візуальний зворотний зв'язок полегшує вдосконалення алгоритму, а саме:

- Симуляційний контроль. За допомогою керування симуляцією робота можна здійснити перевірку алгоритму картографічної навігації, щоб покращити швидкість ітерацій алгоритму та зменшити витрати на спроби й помилки.

- Модель URDF. Надайте точну модель URDF і спостерігайте за ефектом навігації відображення за допомогою інструменту візуалізації Rviz, щоб полегшити налагодження та вдосконалення алгоритмів.

10. Різні методи контролю:

- Додаток WonderAi.
- Map Nav APP (лише Android)
- Бездротова ручка.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА КОМПОНЕНТІВ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

2.1 Плата Arduino Uno

Arduino Uno (рис. 2.1) – плата від компанії Arduino, побудована на мікроконтролері ATmega 328 [5]. Плата має на борту 6 аналогових входів, 14 цифрових висновків загального призначення (можуть бути як входами, так і виходами), кварцовий генератор на 16 МГц, два роз'єми: силовий і USB, роз'єм ISCP для внутрисхемного програмування і кнопку гарячого перезавантаження пристрою. Для стабільної роботи плату необхідно підключити до живлення або через вбудований USB роз'єм, або підключивши роз'єм живлення до джерела від 7 до 12В. Через перехідник живлення плата також може працювати і від батареї формату Крона.



Рисунок 2.1 – Плата Arduino UNO (верхня та нижня сторони) [5]

Характеристики Arduino UNO описані в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino UNO

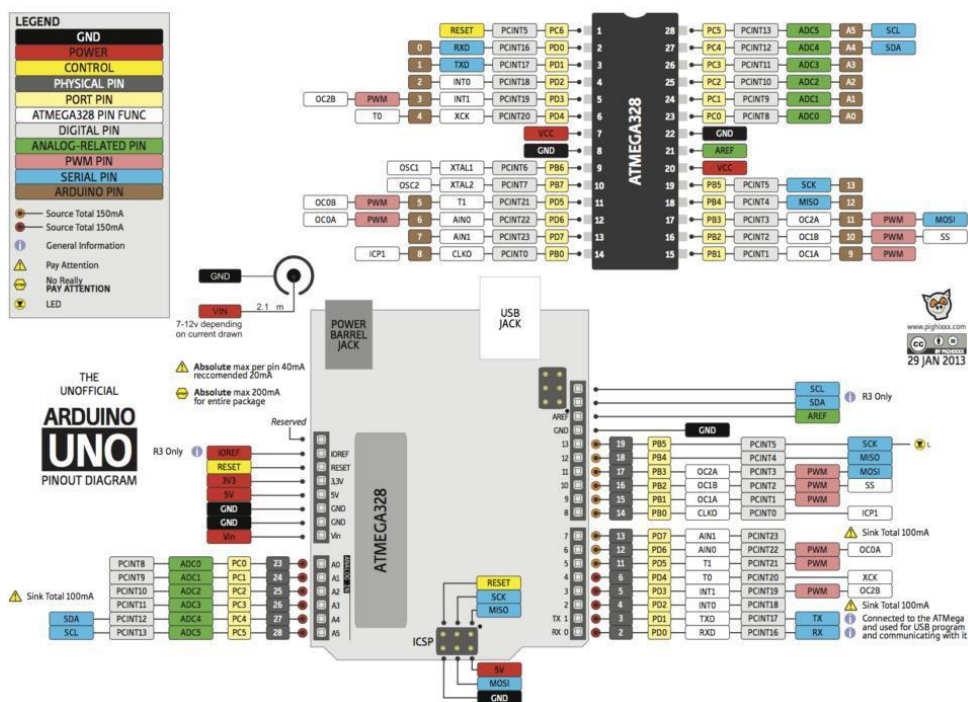
Основні критерії	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В

Продовження таблиці 2.1

Основні критерії	Значення
Напруга живлення (рекомендований)	7-12В
Напруга живлення (граничне)	6-20В
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виведення	40 мА
Максимальний вихідний струм виводу 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ (АТmega328) з яких 0.5 КБ використовуються загрузчиком
SRAM	2 КБ (АТmega328)
EEPROM	1 КБ (АТmega328)
Тактова частота	16 МГц

Джерело: [5]

На рисунку 2.2 показаний опис пінів плати на базі АТМЕГА328.



На рисунку 2.3 показана принципова схема плати.

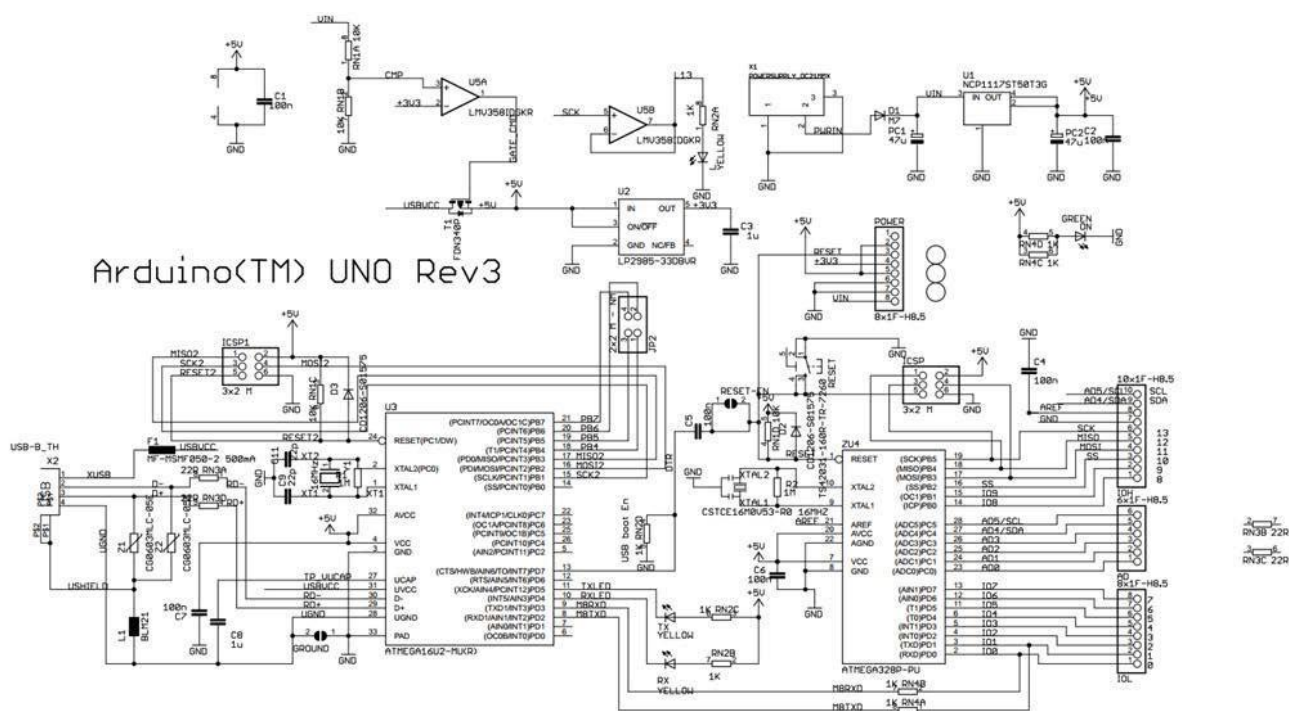


Рисунок 2.3 – Принципова схема плати Arduino UNO [6]

Варіанти Живлення Arduino Uno:

Робоча напруга плати Ардуіно Уно – 5 В. На платі встановлений стабілізатор напруги, тому на вхід можна подавати живлення з різних джерел. Крім цього, плату можна жити з USB – пристроїв. Джерело живлення вибирається автоматично.

Живлення від зовнішнього адаптера, рекомендований напруга від 7 до 12 В. Максимальна напруга 20 В, але значення вище 12 В з високою часткою ймовірності швидко виведе плату з ладу. Напруга менше 7 В може призвести до нестабільної роботи, тому що на вхідному каскаді може запросто губитися 1-2 В. Для підключення живлення може використовуватися вбудований роз'єм DC 2.1 мм або безпосередньо вхід VIN для підключення джерела за допомогою дротів.

Живлення від USB-порту комп'ютера.

Подача 5 В безпосередньо на пін 5V. В цьому випадку обходиться стороною вхідний стабілізатор і навіть найменше перевищення напруги може привести до проблем із виробом.

Пам'ять Arduino Uno R3:

Плата Uno за замовчуванням підтримує три типи пам'яті:

- Flash - пам'ять об'ємом 32 кБ. Це основне сховище для команд. Коли ви прошиває контролер своїм скетчем, він записується саме сюди. 2кб з даного пулу пам'яті відводиться на bootloader- програму, яка займається ініціалізацією системи, завантаження через USB і запуску скетчу.
- Оперативна SRAM пам'ять об'ємом 2 кБ. Тут по-замовчуванню зберігаються змінні і об'єкти, створювані в ході роботи програми. Пам'ять ця енерго-залежна, при виключенні живлення всі дані, зрозуміло, зітруться.
- Незалежна пам'ять (EEPROM) обсягом 1кб. Тут можна зберігати дані, що не зітруться при виключенні контролера. Але процедура запису і зчитування EEPROM вимагає використання додаткової бібліотеки, яка доступна в Arduino IDE за замовчуванням. Також ніжно пам'ятати про обмеження циклів перезапису, властивих технології EEPROM.

Деякі модифікації стандартної плати Uno можуть підтримувати пам'ять з великими значеннями, ніж в стандартному варіанті. Але слід розуміти, що для роботи з ними будуть потрібні і додаткові бібліотеки [7].

Arduino Uno – відмінний варіант плати для створення своїх перших проектів і розумних пристроїв. 14 цифрових і 6 аналогових пінів дозволяють підключати різноманітні датчики, світлодіоди, двигуни та інші зовнішні пристрої. USB-роз'єм допоможе підключитися до комп'ютера для перепрошивки скетчу без додаткових зовнішніх пристроїв. Вбудований стабілізатор дозволяє використовувати різні елементи живлення з широким діапазоном напруги, від 6- 7 до 12-14 В. У Arduino Uno досить зручно реалізована робота з популярними протоколами: UART, SPI, I2C. Є навіть вбудований світлодіод, яким можна моргнути в своєму першому скетчі.

2.2 Плата розширення

Для Arduino немає нічого простіше, чим управляти двигунами з реакцією на датчики перешкоди. Тепер переваги обох обладнань об'єднані в новому shield для Raspberry Pi. На shield виведені контакти введення/вивід в стандартному форм-факторі Arduino, що дозволяє використовувати готові шилди й плати для контролера Arduino. Додатково виведені контакти GPIO Raspberry, що дозволяє максимально використовувати ресурси як Raspberry Pi так і Arduino. Shield підключається до Raspberri Pi за допомогою GPIO рознімання й USB перехідника й дозволяє використовувати Arduino у якості віртуального послідовного порту, віртуальної клавіатури або віртуальної миші. На платі shield так само встановлений годинник реального часу для Raspberry на мікросхемі DS1307 з автономним живленням [8]. Загальний вид Arduino

Expansion Shield від Dfrobot представлено на рисунку 2.4.

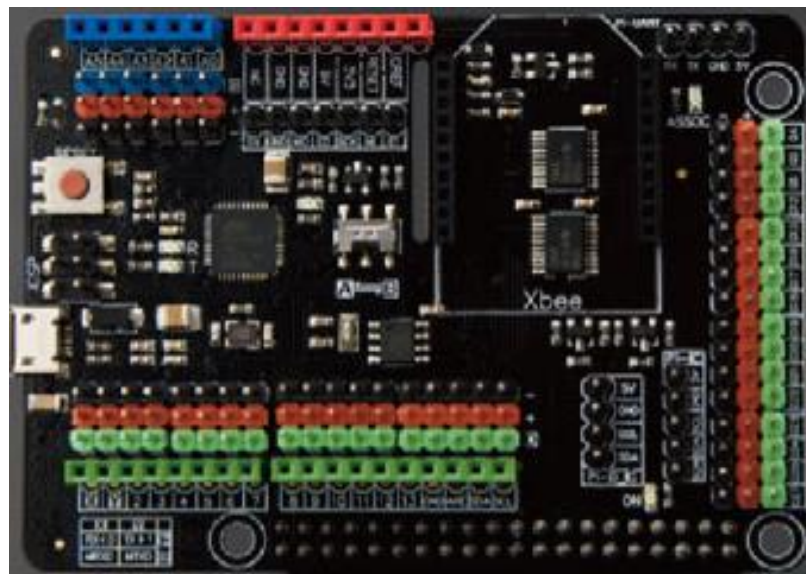


Рисунок 2.4 – Загальний вид Arduino Expansion Shield от DFRobot [8]

Основні характеристики Arduino Expansion Shield от DFRobot:

- бортовий мікроконтролер Atmega32u4;
- Arduino-Сумісне розміщення контактів;

- підтримка стандарту інтерфейсів Gravity для UART і I2C інтерфейсів;
- напруга живлення Arduino 5 В;
- цифрових входів/виходів Arduino 20;
- аналогових входів Arduino 6;
- інтерфейси Raspberry Pi: Raspberry Pi B + GPIO(16); Raspberry Pi B + I2C(1); Raspberry Pi B + ID_I2C(1); Raspberry Pi B + SPI(1); Raspberry Pi B + TTL UART(1);
- розмір: 86 мм x 61 мм x 26 мм.

Розташування й призначення пінів на Arduino Expansion Shield від Dfrobot представлено на рисунку 2.5.

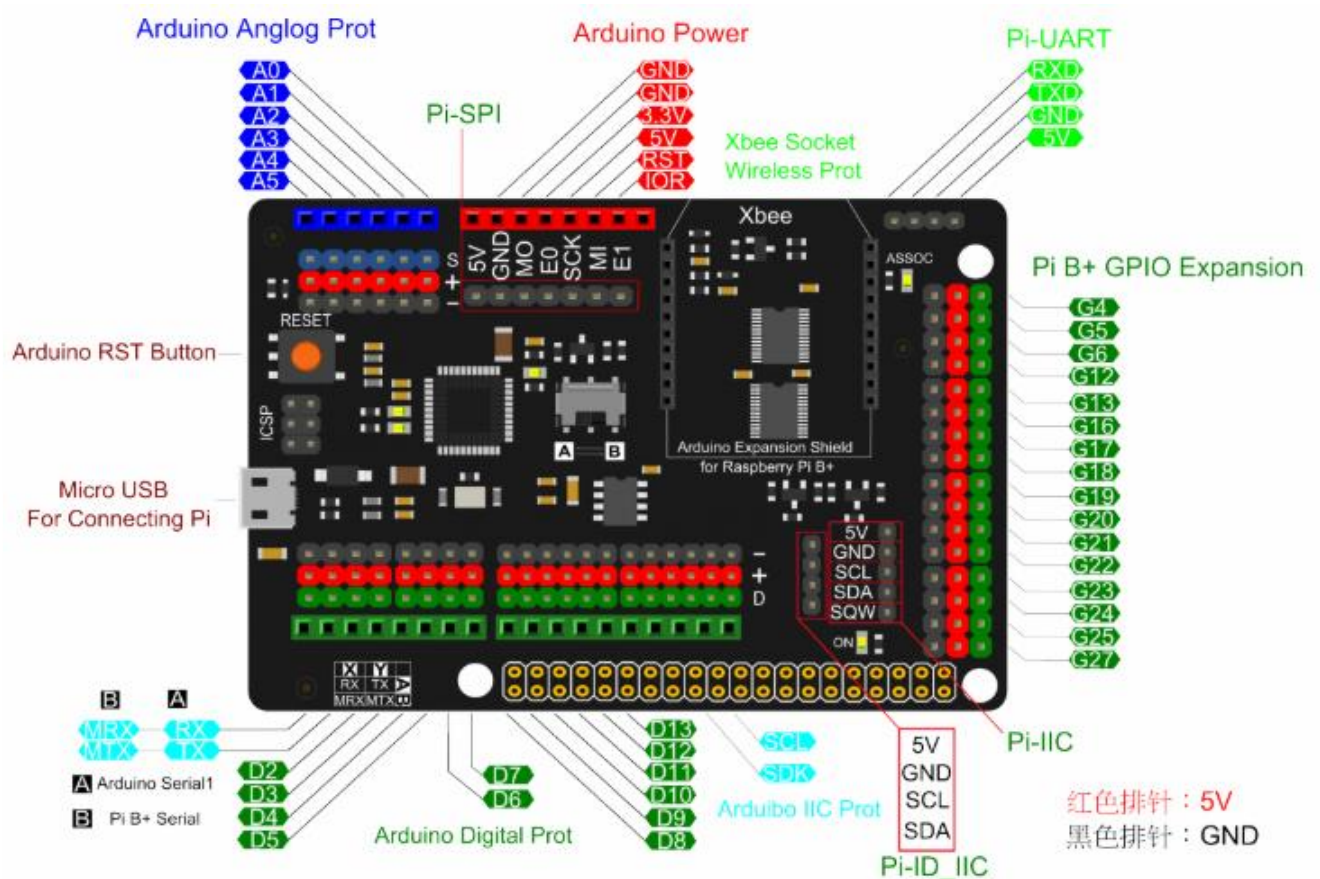


Рисунок 2.5 – Розташування й призначення висновків на Arduino Expansion Shield [8]

2.3 Плата ESP32-S3-EYE

Плата ESP32-S3-EYE (рис. 2.6) складається з двох частин: основної плати (ESP32-S3-EYE-MB), яка об'єднує модуль ESP32-S3-WROOM-1, камеру, слот для SD-карти, цифровий мікрофон, USB-порт і функцію кнопки; і додаткову плату (ESP32-S3-EYE-SUB), яка містить РК-дисплей. Основна плата та допоміжна плата з'єднані через контактні роз'єми.

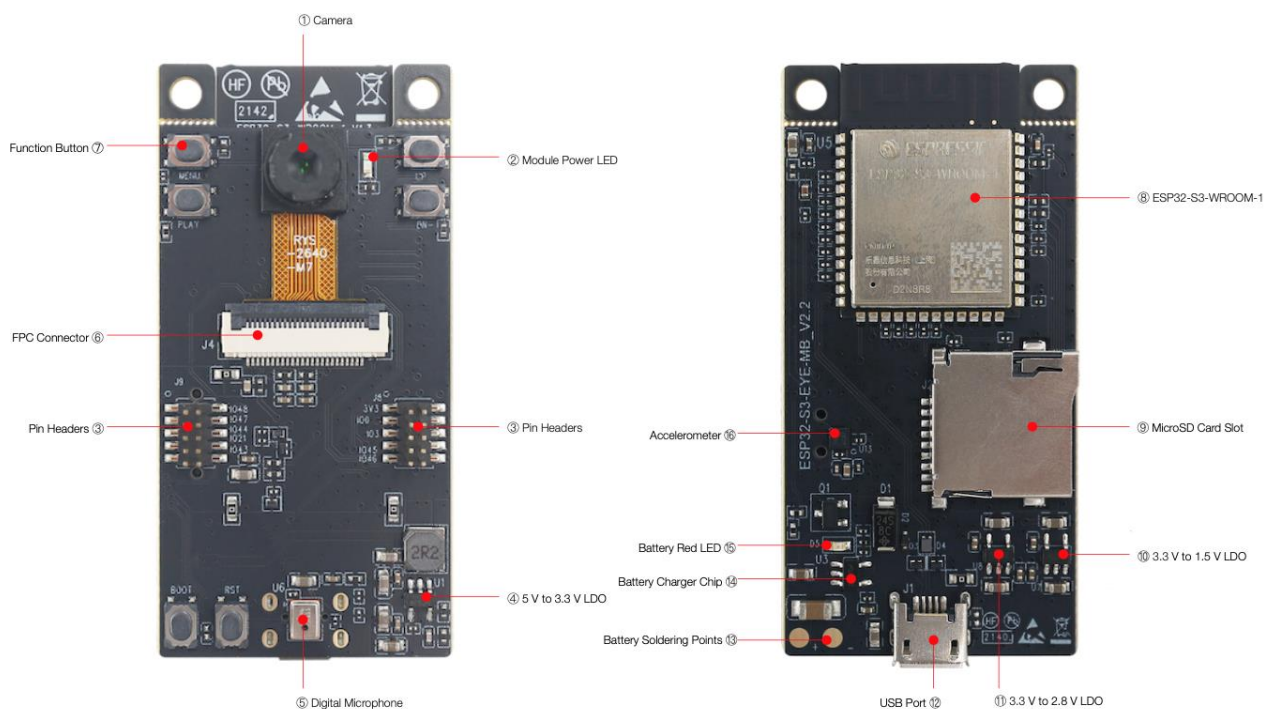


Рисунок 2.6 – Компоненти на головній платі ESP32-S3-EYE-MB [9]

ESP32-S3-EYE має деякі додаткові функції порівняно з ESP-EYE, розробною платою на основі ESP32 (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Порівняння між двома платами

Критерій	ESP32-S3-EYE	ESP-EYE
Вбудований чіп	ESP32-S3	ESP32
PSRAM	8 Мбайт вісімкової PSRAM	8 МБ Quad PSRAM

Продовження таблиці 2.2

Критерій	ESP32-S3-EYE	ESP-EYE
Спалах	8 МБ флеш-пам'яті	4 МБ флеш-пам'яті
LCD дисплей	Так	Жодного
Акселерометр	Так	Жодного
Альтернативне джерело живлення	Зовнішній акумулятор (опціонально)	Жодного
Міст USB-UART	Нема потреби. Функціональність забезпечує ESP32-S3 USB Serial/JTAG інтерфейс.	Так
Роз'єм антени	Нема потреби. Антена забезпечується модулем ESP32-S3-WROOM-1.	Так

Джерело: [9]

На блок-схемі (рис. 2.7) представлені основні компоненти основної плати ESP32-S3-EYE-MB (ліворуч) і допоміжної плати ESP32-S3-EYE-SUB (праворуч), а також з'єднання між компонентами.

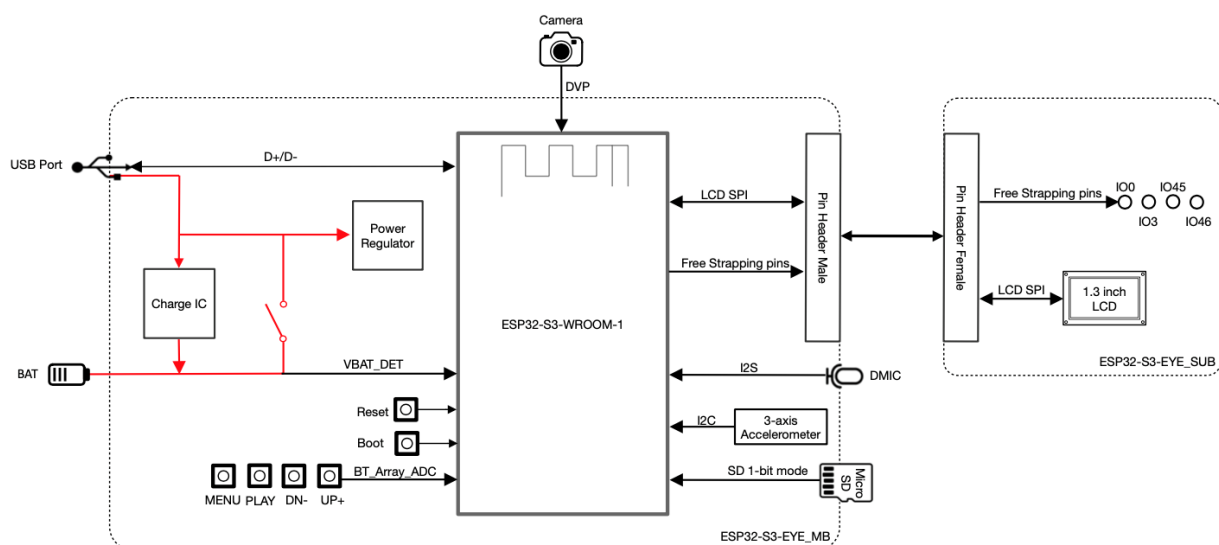


Рисунок 2.7 – Принципова схема плати ESP32-S3-EYE-MB

2.4 Акселерометр GY-291 ADXL345

Акселерометр ADXL345 – це крихітний мікропотужний трьохосьовий акселерометр високого дозволу (13 біт). Діапазоном виміру положення коливається до ± 16 g. Результат виміру віддається у вигляді 16-розрядних чисел у додатковому коді й через цифрові інтерфейси SPI/I2C. Загальний вид 3-осьовий акселерометр GY-291 ADXL345 представлено на рисунку 2.8.

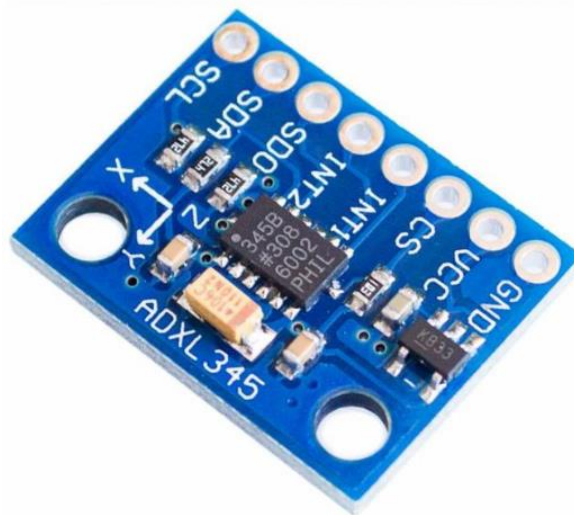


Рисунок 2.8 – Загальний вид 3-осьовий акселерометр GY-291 ADXL345 [10]

Даний акселерометр ADXL345 ідеально підходить для використання в мобільних обладнаннях – він вимірює статичне прискорення (викликане гравітацією) у завданнях визначення відхилення, або динамічне прискорення, викликане рухом або ударами. Заявлений високий дозвіл акселерометра ($4 \cdot 10^{-3}$ g/LSB) дозволяє точно відслідковувати зміни відхилення менш ніж на 1.0° .

Режим зниженого енергоспоживання датчика дозволяє реалізовувати інтелектуальне управління живленням системи [10].

Основні характеристики 3-осьовий акселерометр GY-291 ADXL345:

- живлення акселерометра: 3-5В;
- підтримувані інтерфейси: I2C, SPI;
- дозвіл: 13bit, 4 мг / LSB;

- діапазон вимірів: + / - 16g;
- розміри: 20x15мм.

2.5 Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик HC-SR04 використовує таку саму технологію, що і кажани (ультразвук). Якщо не вдаватися в подробиці, то описати принцип роботи можна так: датчик посилає звукові імпульси частотою 40 кГц і прослуховує відлуння. На відміну від інших датчиків, HC-SR04 не реагує на сонячне світло або чорні предмети, але може давати неправдиві покази від тканини або тонких предметів [11].

На передній частині HC-SR04 (рис. 2.9) розташовано два ультразвукових датчика, перший з написом T (Transmitter) – це передавач ультразвукової хвилі (ТСТ40-16Т), а другий з написом R (Receiver) – це приймач відбитих ультразвукової хвилі (ТСТ40-16R), по центру розташований вивідний кварцовий генератор на 27 МГц.



Рисунок 2.9 – Ультразвуковий датчик HC-SR04 [11]

З іншого боку датчика HC-SR04, розташована електрична обв'язка, в якій виділяються основні елементи: мікросхема і електрична обв'язка. Для взаємодії з контролером Arduino встановлений чотирьох вивідний роз'єм, призначення контактів описане нижче.

Призначення контактів модулю (у виконанні 4 pin)

- VCC: «+» живлення модуля.
- Trig: вхід тригера.
- Echo: вихід, відлуння.
- GND: «-» живлення модуля.

На рисунку 2.10 розглянемо принцип роботи далекоміра.

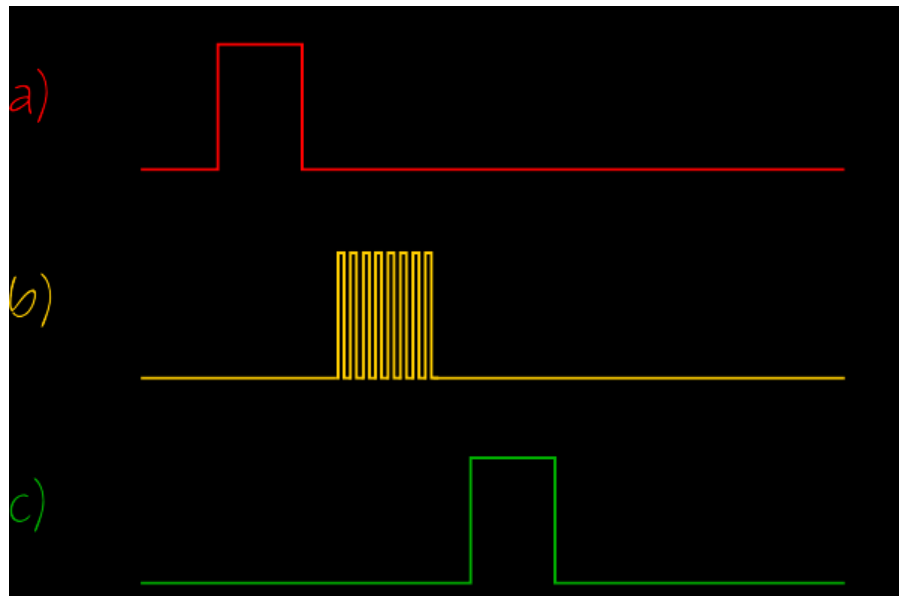


Рисунок 2.10 – Часові діаграми далекоміра [11]

Для того щоб ініціювати відправку сигналу далекоміром, необхідно подати високий сигнал тривалістю $10\ \mu\text{s}$ на пін Trig. Після отримання високого сигналу тривалістю $10\ \mu\text{s}$ на пін Trig, модуль генерує пучок з восьми сигналів частотою $40\ \text{кГц}$ і встановлює високий рівень на пині Echo.

Після отримання відбитого сигналу модуль встановлює на пині Echo низький рівень [12].

Знаючи тривалість високого сигналу на пині Echo можемо обчислити відстань, помноживши час, яке витратив звуковий імпульс, перш ніж повернувся до модуля, на швидкість поширення звуку в повітрі ($340\ \text{м / с}$).

Характеристики ультразвукового далекоміру HC-SR04:

- Напруга живлення: $5\ \text{В}$.
- Споживання в режимі тиші: $2\ \text{мА}$.

- Споживання при роботі: 15 мА.
- Діапазон відстаней: 2-400 см
- Ефективний кут спостереження: 15 °
- Робочий кут спостереження: 30° .

2.6 Сервопривід

Під сервоприводом найчастіше розуміють механізм з електромотором, який можна «попросити» повернутися в заданий кут і утримувати це положення. Якщо сказати повніше, сервопривід – це привід з управлінням через негативний зворотний зв'язок, що дозволяє точно керувати параметрами руху. Сервоприводом є будь-який тип механічного приводу, що має в складі датчик (положення, швидкості, зусилля і т.п.) і блок управління приводом, автоматично підтримує необхідні параметри на датчику і пристрої відповідно до заданого зовнішньому значенням. Сервопривід отримує на вхід значення керуючого параметра. Наприклад, кут повороту. Після цього блок управління порівнює це значення зі значенням на своєму датчику і на основі результату порівняння привід виробляє деяку дію, наприклад, поворот, прискорення або уповільнення так, щоб значення з внутрішнього датчика стало якомога ближче до значення розпорядника майна параметра. Найбільш поширені сервоприводи, які утримують заданий кут і сервоприводи, що підтримують задану швидкість обертання [12].

Зовнішній вигляд сервоприводу показаний на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 – Часові діаграми далекоміра [12]

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Проектування та збір мобільного робота

Алгоритм складання робота:

1. Збираємо мотор (рис. 3.1).

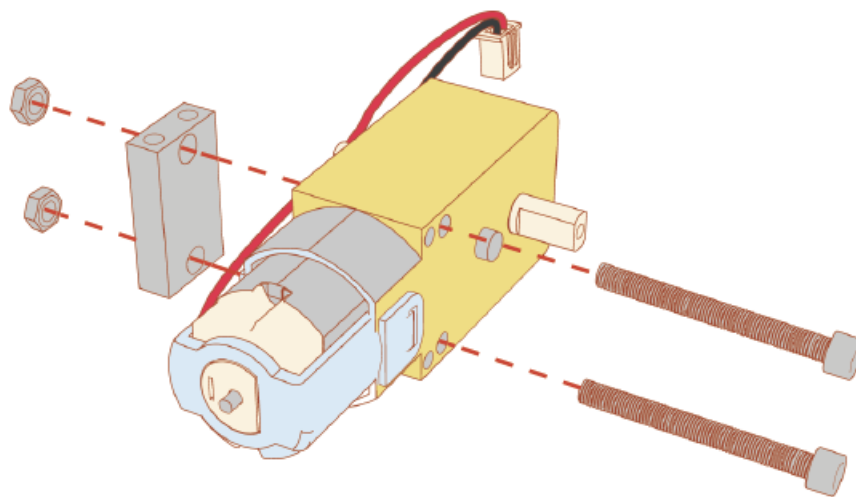


Рисунок 3.1 – Збір елементів мотора

2. Фіксація моторів на панелі А (рис. 3.2).

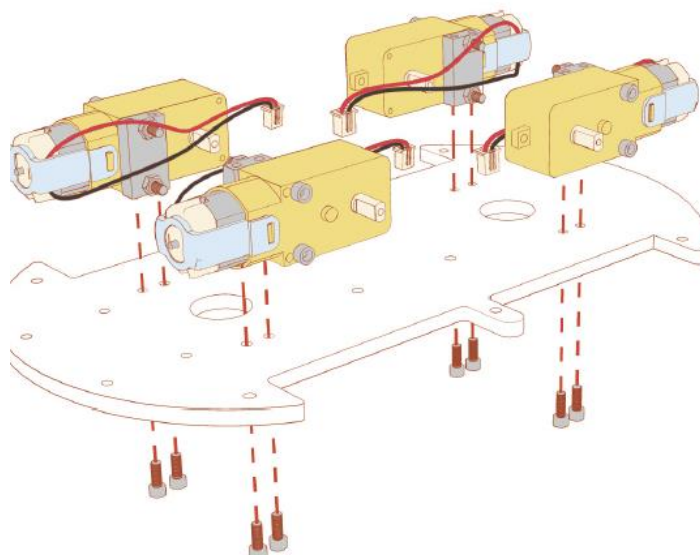


Рисунок 3.2 – Фіксація моторів

3. Закріпимо модуль стеження лінії (рис. 3.3).

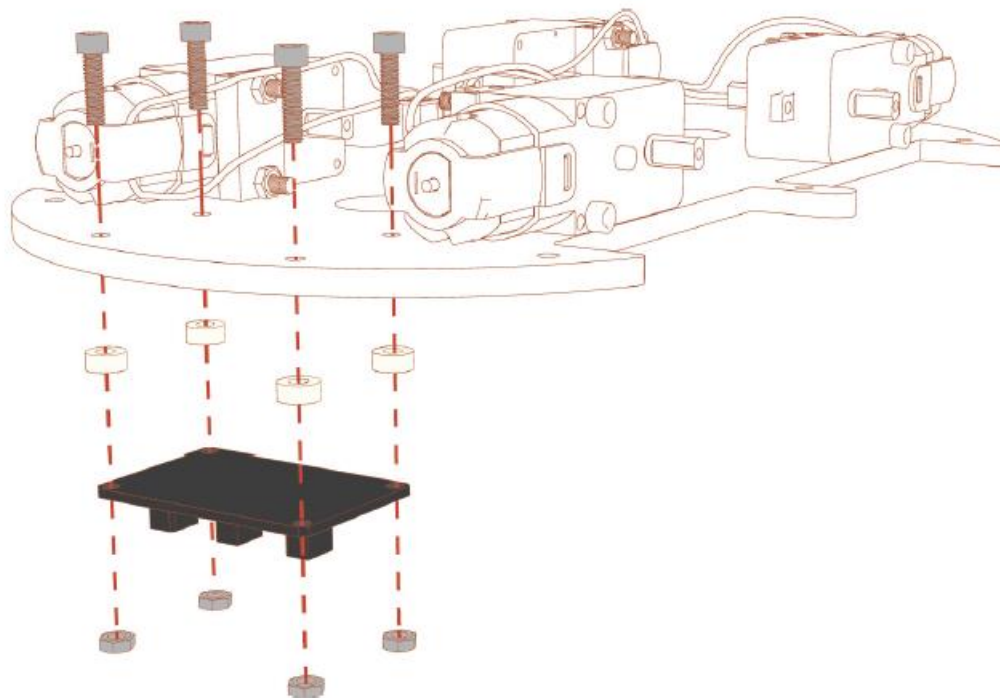


Рисунок 3.3 – Модуль стеження лінії

4. Встановлення модуля GY-521 на плату розширення (рис. 3.4).

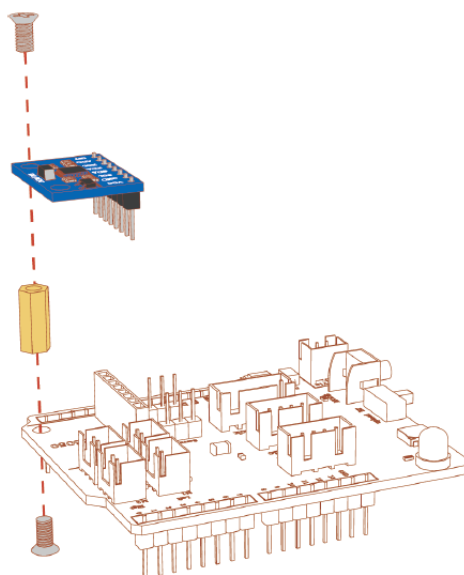


Рисунок 3.4 – Встановлення модуля GY-521 на плату розширення

5. Встановлення плати Arduino Uno (рис. 3.5).

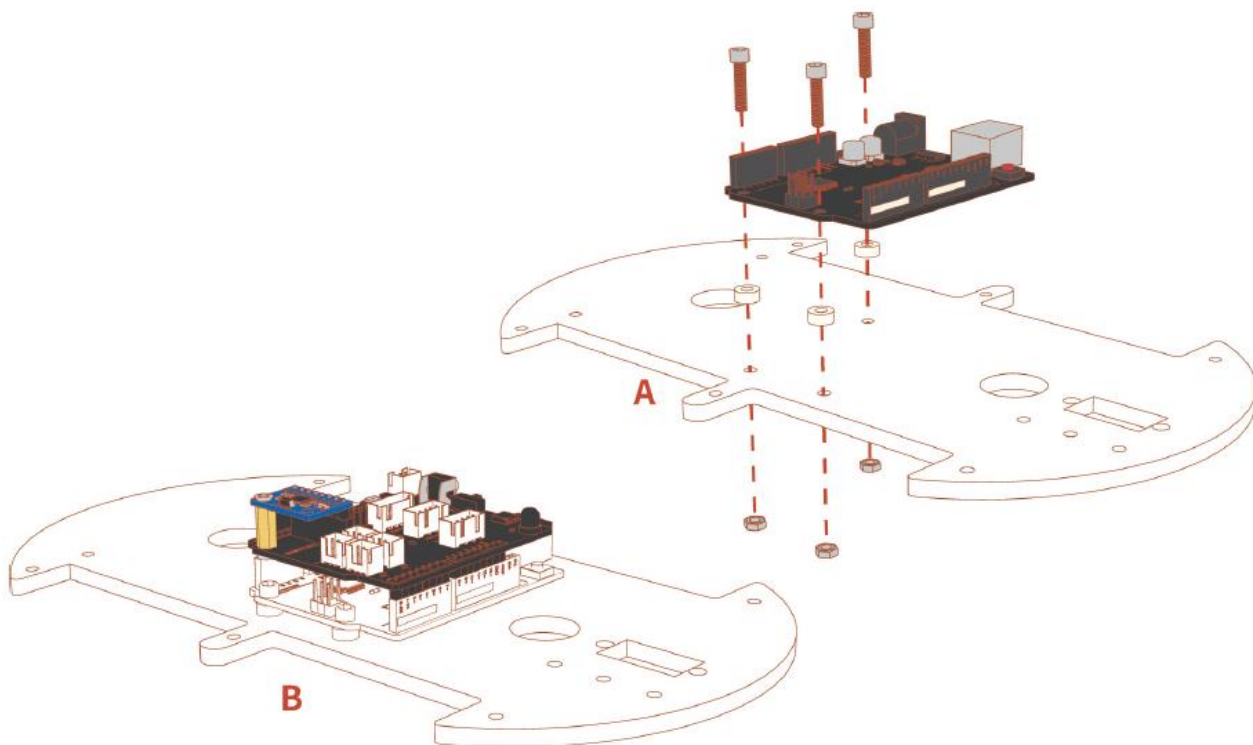


Рисунок 3.5 – Встановлення плати Arduino Uno

6. Встановлення акумуляторного блоку на плату А (рис. 3.6).

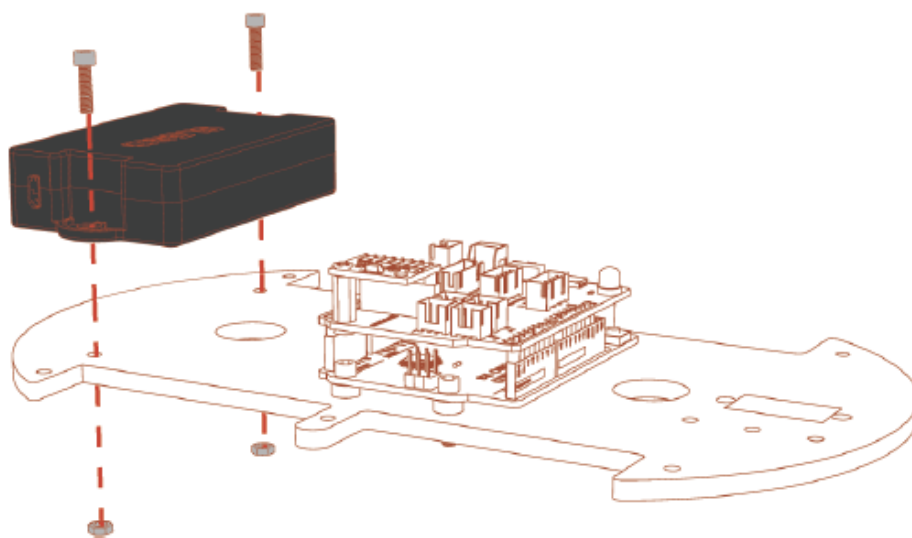


Рисунок 3.6 – Встановлення акумуляторного блоку

7. Встановлення ультразвукового датчика (рис. 3.7).

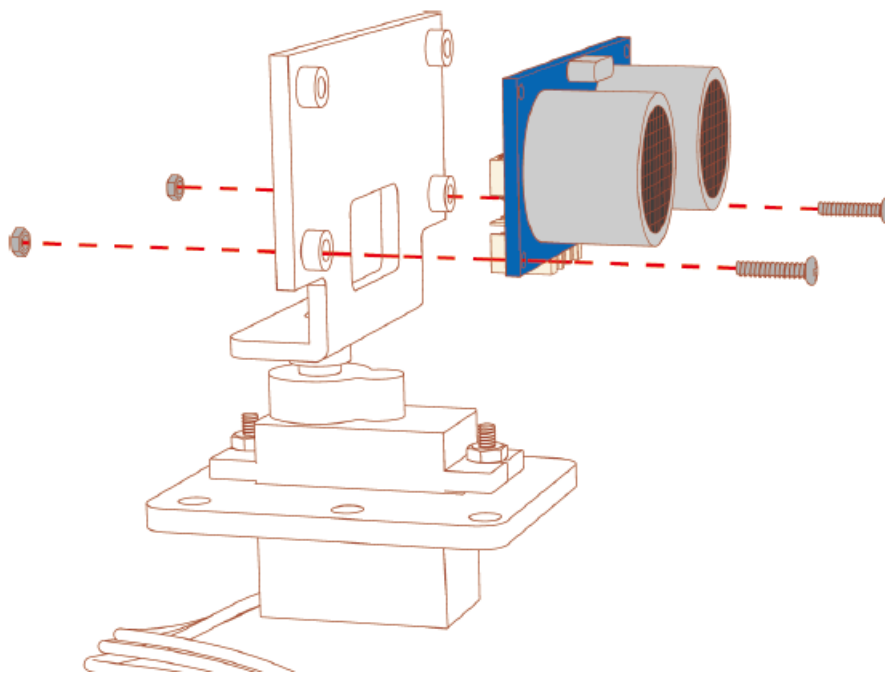


Рисунок 3.7 – Встановлення акумуляторного блоку

8. Встановлення модуля камери (рис. 3.8).

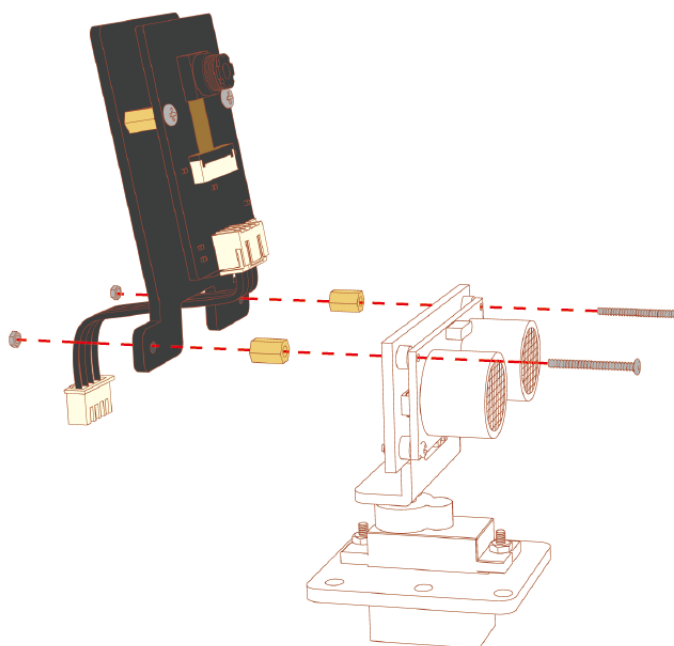


Рисунок 3.8 – Встановлення модуля камери

9. Монтажна схема підключення елементів робота (рис. 3.9).

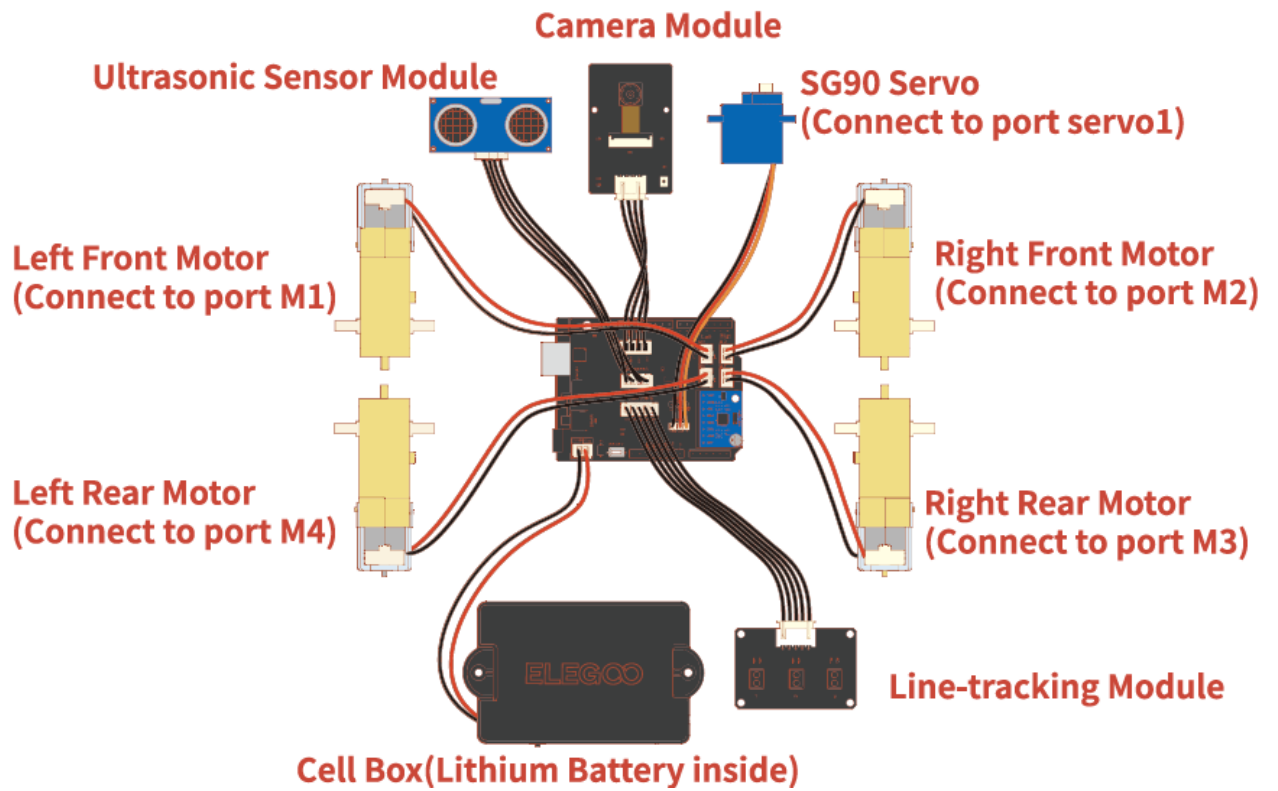


Рисунок 3.9 – Монтажна схема робота

10. Встановлення коліс та інших елементів робота (рис. 3.10).

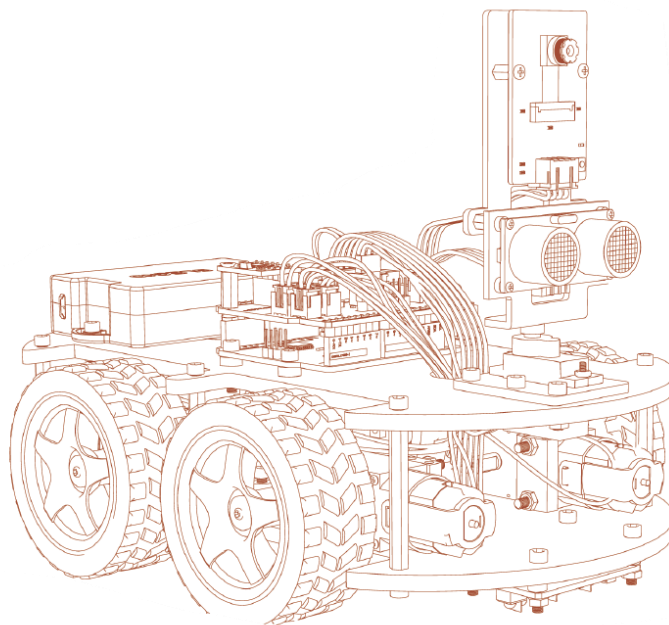
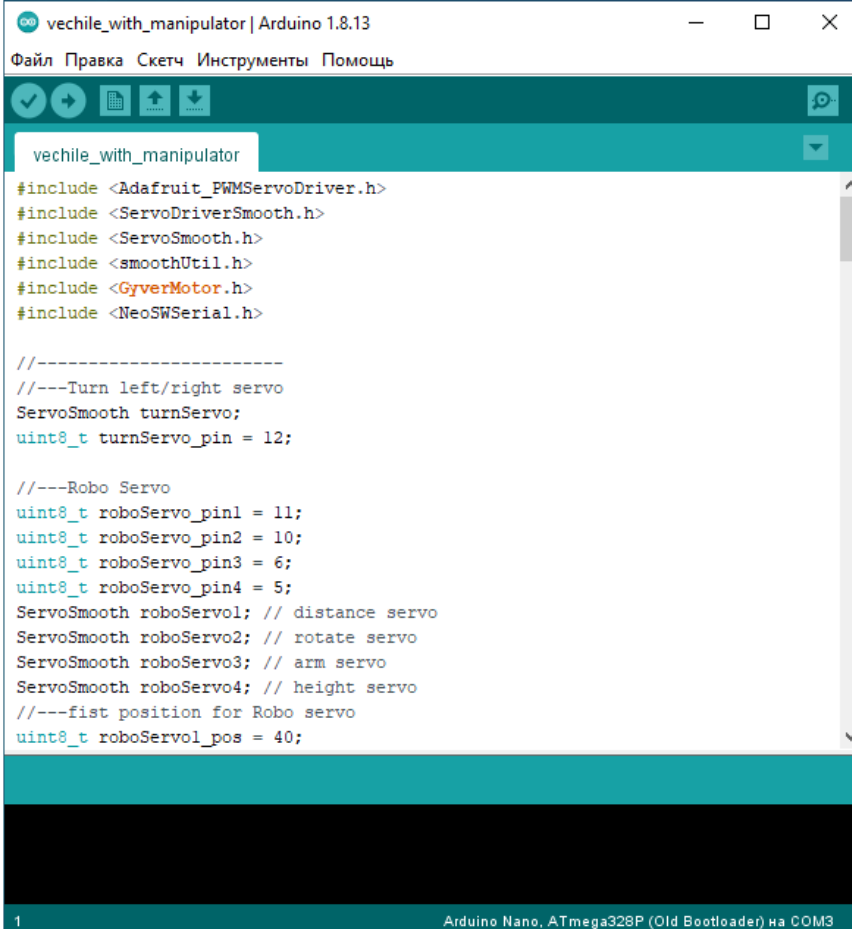


Рисунок 3.10 – Зібраний робот

3.2 Програмування плати мобільного робота

Для керування мобільним роботом важливо розробити програму керування, яка повинна приймати данні з клієнтської програми та обробляти їх. В якості мови програмування, буде використано мову C++ , тому що вона дуже поширена у робототехніці, через це знайти інформацію потрібних функцій є не складною задачею. Розробку програми робота проходить у програмному середовищі Arduino IDE. На рисунку 3.11 зображено головне вікно програми Arduino.

Програма для керування чотирьох колісним роботом, написана в середовищі Arduino IDE, і підтримує керування за WI-FI.



```
vechile_with_manipulator | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
vechile_with_manipulator
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
#include <ServoDriverSmooth.h>
#include <ServoSmooth.h>
#include <smoothUtil.h>
#include <GyverMotor.h>
#include <NeoSWSerial.h>

//-----
//---Turn left/right servo
ServoSmooth turnServo;
uint8_t turnServo_pin = 12;

//---Robo Servo
uint8_t roboServo_pin1 = 11;
uint8_t roboServo_pin2 = 10;
uint8_t roboServo_pin3 = 6;
uint8_t roboServo_pin4 = 5;
ServoSmooth roboServo1; // distance servo
ServoSmooth roboServo2; // rotate servo
ServoSmooth roboServo3; // arm servo
ServoSmooth roboServo4; // height servo
//---fist position for Robo servo
uint8_t roboServo1_pos = 40;
```

1 Arduino Nano, ATmega328P (Old Bootloader) на COM3

Рисунок 3.11– Головне вікно програмного середовища Arduino

Спочатку необхідно підключити бібліотеки, функції з яких будуть використані у програмі:

- ServoSmooth.h
- GyverMotor.h
- NeoSWSerial.h

Бібліотека ServoSmooth використовується для керування сервоприводами. Бібліотека GyverMotor використовується для керування двигунами постійного струму за допомогою плат драйверів. Бібліотека NeoSWSerial використовується для роботи з Bluetooth модулем через програмний серіал порт зв'язку. Ці бібліотеки було обрано через їх невеликі розміри, стабільність роботи та відсутність конфліктів при використанні ресурсів мікроконтролеру.

Після ініціалізації потрібних бібліотек потрібно визначити потрібні змінні а також проініціювати сервоприводи, а також роботу з двигуном та Wi-Fi модулем (лістинг 3.1).

Лістинг 3.1 – Ініціалізація роботи сервориводів

```
/*Servo*/
#include <Servo.h>
class DeviceDriverSet_Servo
{
public:
void DeviceDriverSet_Servo_Init(unsigned int Position_angle);
#ifdef _Test_DeviceDriverSet
void DeviceDriverSet_Servo_Test(void);
#endif
void DeviceDriverSet_Servo_control(unsigned int Position_angle);
private:
#define PIN_Servo_z 10
};
```

Продовження лістингу 3.1

```
Servo myservo; // create servo object to control a servo
void DeviceDriverSet_Servo::DeviceDriverSet_Servo_Init
(unsigned int Position_angle)
{
myservo.attach(PIN_Servo_z, 500, 2400);
//500: 0 degree 2400: 180 degree
myservo.attach(PIN_Servo_z);
myservo.write(Position_angle);
//sets the servo position according to the 90 (middle)
delay(500);
}
```

Кінець лістингу 3.1

Наступний крок – це запрограмувати функцію початкової ініціалізації мікроконтролера (лістинг 3.2).

Лістинг 3.2 – Ініціалізація мікроконтролера

```
void setup() {
bt_hc06.begin(9600);
bt_hc06.setTimeout(10);
turnServo.attach(turnServo_pin);
turnServo.write(90); // setup position
roboServo1.attach(roboServo_pin1); //distance
roboServo1.write(roboServo1_pos);
roboServo2.attach(roboServo_pin2); //rotate
roboServo2.write(roboServo2_pos);
roboServo3.attach(roboServo_pin3); //arm
roboServo3.write(roboServo3_pos);
roboServo4.attach(roboServo_pin4); //height
roboServo4.write(roboServo4_pos);
motor.setMode(FORWARD);
}
```

Кінець лістингу 3.2

Далі запрограмуємо нескінченний цикл для прийому та обробки даних від Wi-Fi модуля. Дані отримуються у вигляді строки типу String, тому необхідно зчитати вхідний буфер модулю, проаналізувати та обробити строку даних на предмет команди керування та виконати відповідні інструкції (лістинг 3.3).

Лістинг 3.3 – Обробки даних від Wi-Fi модуля

```
void loop() {
  if(bt_hc06.available()>0){
    readData = bt_hc06.readString();
    if(readData.substring(0,2) == "mv")
      move_chassis(readData);
    else if(readData.substring(0,2) == "mr")
      move_robot(readData);
  }
}
```

Кінець лістингу 3.3

В залежності від того який саме префікс має вхідна команда, дані передаються для обробки у функції керування пересування шасі робота.

3.3 Тестування

Додаток створено для пристроїв з операційною системою Android.

Системні вимоги:

- Android – версія 7.0.1 і вище;
- ОЗП – не менше 256 Мб для програми;
- процесор з архітектурою Arm або Intel X86;
- оперативна пам'ять – не менше 1024 Мб;
- сенсорний екран;
- рекомендовано використовувати останню доступну версію оновлення

програмного забезпечення для мобільного пристрою.

Мобільний додаток встановлюється за допомогою файлу інсталяції у форматі apk, або з магазину додатків Google Play. Мобільний додаток оновлюється за допомогою магазину додатків. Щоб видалити мобільний додаток, потрібно відкрити налаштування на своєму мобільному пристрої та видалити мобільний додаток зна'шовши його в підменю встановлених додатків. Щоб запустити мобільний додаток, потрібно знайти додаток у списку інстальованих додатків та натиснути на його зображення.

На рисунку 3.12 зображено увімкнений додаток.



Рисунок 3.12 – Головне вікно додатку

Перед завантаження додатку не обхідно підключитися до Wi-Fi точки доступу. Після того як користувач підключив пристрій для керування, він може відразу переміщуючи джойстик керувати рухом роботи.

На рисунку 3.13 зображено приклад взаємодії з джойстиком.

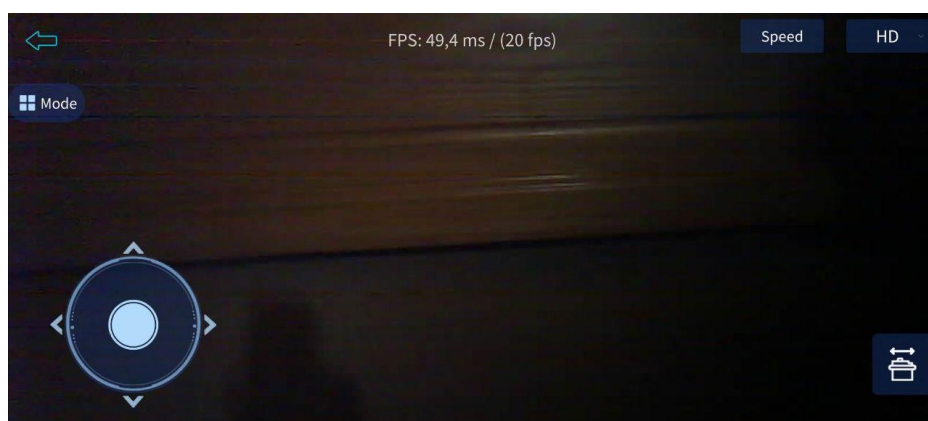


Рисунок 3.13 – Керування роботом через камеру

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено робототехнічну платформу на основі мікроконтролера Arduino UNO R3 з використанням акселерометра GY-291 ADXL345 та з встановленням ESP32-Cam.

Мобільні роботи класифікуються за різними ознаками, включаючи тип пересування, середовище застосування, призначення та ступінь автономності. Кожна категорія має свої особливості, які визначають їхню ефективність і сферу використання. Колісні, гусеничні, ногові, плавучі та літаючі роботи представляють різні підходи до пересування. Вони можуть працювати на землі, у воді, повітрі або космосі. Призначення мобільних роботів охоплює широкий спектр від сервісних і промислових до рятувальних, військових, медичних і наукових застосувань. Залежно від ступеня автономності, роботи можуть бути телекерованими, напівавтономними або повністю автономними. Така класифікація дозволяє краще розуміти можливості мобільних роботів та ефективно використовувати їх у різних сферах життя.

Аналіз платформи Arduino та компонентів для мобільного робота показав, що ретельний підбір кожного елемента є ключовим для успіху проекту. Врахування особливостей моделі Arduino, сенсорів, моторів, систем енергозабезпечення, комунікаційних модулів та конструкції робота дозволяє створити ефективну, надійну і функціональну робототехнічну систему. Такий підхід забезпечує оптимальну продуктивність та здатність робота виконувати поставлені завдання в різних умовах експлуатації.

Розробка мобільного робота з камерою ESP32-CAM є ефективним рішенням для створення сучасних робототехнічних систем. Ця платформа забезпечує можливості для збору та обробки візуальної інформації, дистанційного керування та автономної роботи. Ретельний підбір і інтеграція всіх компонентів дозволили створити функціональний та надійний мобільний робот, здатний виконувати різноманітні завдання в різних умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи робототехніки. URL: https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f49ee634-1909-4c5d-ab780ff34a693f94/-/book_-Robotics.pdf (дата звернення: 20.02.2024).
2. Робототехніка та мехатроніка. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Tsvirkun_2017_224.pdf (дата звернення: 20.02.2024).
3. Основи робототехніки. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/51001/1/KL_OSNOVY%20ROBO%20TEKHNIKY_141_24.pdf (дата звернення: 20.02.2024).
4. Robotshop. URL: <https://www.robotshop.com/> (дата звернення: 20.03.2024).
5. Arduino Uno. URL: <https://arduino.ua/prod2610-arduino-uno-r3-ch340> (дата звернення: 20.03.2024).
6. Принципова схема плати Arduino. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (дата звернення: 20.03.2024).
7. Arduino Uno. https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno (дата звернення: 01.04.2024).
8. Arduino Expansion Shield for Raspberry Pi model B. URL: <https://www.dfrobot.com/product-1148.html> (дата звернення: 24.04.2024).
9. ESP-EYE. URL: https://github.com/espressif/esp-who/blob/master/docs/en/get_started/ESP32-S3_EYE_Getting_Started_Guide.md (дата звернення: 24.04.2024).
10. Акселерометр GY-291 ADXL345. URL: <https://arduino.ua/prod2516-gy-291-adxl345> (дата звернення: 28.04.2020).
11. Ультразвуковий датчик HC-SR04. URL: <https://arduino.ua/ru/prod182-ultrazvukovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04> (дата звернення: 28.04.2020).
12. Сервопривід. URL: <https://beegreen.com.ua/servoprivod-tower-pro-9g-sg90-10505> (дата звернення: 28.05.2020).