

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького
національного університету імені Юрія Федьковича»

Природниче відділення
Циклова комісія комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
підготовки за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
на тему: «**Апаратна частина програмно-апаратного комплексу
гусеничного керованого робота**»

Виконав (ла):

студент (ка) 4-го курсу Танащук Владислав Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

(підпис)

Керівник:

к. ф.-м. н., Тащук О.Ю.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

Букурос О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

До захисту допущено:

Протокол засідання циклової комісії № _

від „__” _____ 2024 р.

Голова циклової комісії _____ Олександр ТАЩУК

Чернівці, 2024

Завдання та календарний план роботи

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

Затверджую
Голова циклової комісії,
Олександр ТАЩУК.

«___» _____ 2023 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу	Танащук Владислав Анатолійович
Тема кваліфікаційної роботи	Апаратна частина програмно-апаратного комплексу гусеничного керованого робота
Постановка завдання в короткій формі	Моделювання, розробка та монтування апаратної частини, апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.
Вихідні дані (2-3 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	https://wiki.keyestudio.com/Ks0428_keyestudio_Mini_Tank_Robot_V2#Product_List https://docs.keyestudio.com/projects/KS0555/en/latest/arduino/arduino.html

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
10.10.23	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи.	
18.11.23	Огляд літератури, присвяченої розробці автономних мобільних роботів.	
13.12.23	Аналіз існуючих конструкторських рішень. Оформлення розділу 1.	
05.01.24	Вибір компонентної бази, узгодження модулів системи.	

16.02.24	Написання теоретичного матеріалу по використовуваних модулях.	
13.03.24	Проектування механічної частини, підключення та монтаж деталей мобільного робота. Оформлення розділу 2.	
20.04.24	Тестування та перевірка, працездатності апаратної складової. Оформлення розділу 3.	
20.05.24	Оформлення та редагування кваліфікаційної роботи.	
31.05.24	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk.	
31.05.24	Подання роботи на рецензію	
06.06.24	Представлення роботи на засіданні Циклової комісії	
<i>за графіком</i>	Захист кваліфікаційної роботи	

Дата видачі завдання _____.

Студент

Владислав ТАНАЩУК.

Керівник (П.І.Б)

Олександр ТАЩУК

АНОТАЦІЯ

Танащук В.А. Апаратна частина програмно-апаратного комплексу гусеничного керованого робота. Кваліфікаційна робота.

В роботі виконано моделювання та технічну розробку апаратної частини, апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.

Актуальність роботи пояснюється тим, що роботи стали все частіше використовуватися у повсякденному житті людей, вони є найпростішим явищем у комерційних та промислових умовах. Лікарні вже багато років використовують автономні мобільні роботи для переміщення матеріалів. На складах встановлені мобільні роботизовані системи для ефективного переміщення матеріалів із полиць зберігання до зон виконання замовлень. В аеропортах автоматизовані платформи здійснюють перевезення вантажу пасажирів.

Мобільні роботи також є основним напрямом поточних досліджень, і майже в кожному великому університеті є одна або кілька лабораторій, що спеціалізуються на дослідженнях мобільних роботів. Мобільні роботи також використовуються на промислових підприємствах, у військовій сфері та у сфері безпеки, тому така робота є актуальною.

Робота складається з 3 розділів, в яких проаналізовано роботу, змодельовано, описано та виконано апаратну частину апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.

Робота містить результати власних досліджень. Використання чужих ідей, результатів і текстів мають посилання на відповідне джерело.

Кваліфікаційна робота містить 49 сторінок, 37 рисунків та 12 посилань на літературні джерела.

Ключові слова: *мобільний робот, апаратно-програмний комплекс, гусеничний робот, Arduino Uno, ультра звуковий датчик, модуль Bluetooth, ІЧ-приймач, фотоелемент, серводвигун, модуль драйвера двигуна, плата підключення датчиків.*

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	9
1.1. Огляд існуючих типів, структур та складу мобільних роботів.....	9
1.2. Архітектура та конструкція гусеничного робота.....	12
2. ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ	17
2.1. Вибір компонент та аналіз функціональних характеристик для реалізації гусеничних роботів.....	17
2.1.1. Виконавчі механізми функціонування робота.....	18
2.1.2. Датчики внутрішньої та зовнішньої інформації.....	20
2.1.3. Система керування роботом.....	23
3. ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА МОНТАЖ ДЕТАЛЕЙ.....	28
3.1. Проектування та монтаж механічної частини робота.....	28
3.2. Тестування інтегрованого програмно-апаратного комплексу в контрольованих умовах.....	33
ВИСНОВКИ.....	42
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43
ДОДАТКИ.....	44
Додаток А. Структура автоматизованого мобільного робота.....	45
Додаток Б. Структурна схема системи управління автоматизованого мобільного робота.....	46
Додаток В. Структура узагальненої автоматизованої системи з комп'ютерним керуванням руху.....	47
Додаток Г. Схема підключення компонент до плати розширення Sensor Shield V 5.0.....	48

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

AGV – (Automated Guided Vehicles) – автоматизовані керовані транспортні засоби.

АМР – Автономні мобільні роботи.

ОС – операційна система.

ПР – промисловий робот.

ГКР – гусеничний керований робот.

САПР – система автоматизованого проектування.

СП – система приводів.

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція

ICR – миттєвий центр обертання (Instantaneous Center of Rotation)

Wi-Fi – технологія бездротової локальної мережі.

BLE – безпроводна технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням.

GPIO – інтерфейс для зв'язку між компонентами в системі комп'ютерів.

PCB – друкована плата

LCD- дисплей (Liquid Crystal) – рідкокристалічний дисплей.

ВСТУП

На сьогоднішній день роботи стали все частіше використовуватися у повсякденному житті людей, вони є найпростішим явищем у комерційних та промислових умовах. Лікарні вже багато років використовують автономні мобільні роботи для переміщення матеріалів. На складах встановлені мобільні роботизовані системи для ефективного переміщення матеріалів із полиць зберігання до зон виконання замовлень. В аеропортах автоматизовані платформи здійснюють перевезення вантажу пасажирів. Мобільні роботи також є основним напрямом поточних досліджень, і майже в кожному великому університеті є одна або кілька лабораторій, що спеціалізуються на дослідженнях мобільних роботів [1]. Мобільні роботи також використовуються на промислових підприємствах, у військовій сфері та у сфері безпеки, тому така робота є актуальною.

Мета роботи моделювання та монтування апаратної частини, апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.

В процесі роботи змодельовано, зібрано та підключено всі комплектуючі гусеничного керованого робота. Протестована робота в режимах відстеження світла, на базі ультразвукового датчика, а також керування за допомогою ІЧ-пульта та мобільного телефону.

Об'єктом дослідження виступає апаратна частина, апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.

Предметом дослідження є конструктивне моделювання та виконання апаратного блоку робота.

Методи дослідження. Методи і технології створення систем автоматичного управління (САУ) для різних процесів і комплексів які включають в себе інструментальні засоби для моделювання, планування, а також розробки алгоритмів і програмного забезпечення, необхідного для аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно інтегрованих систем.

Практична цінність полягає в тому що, отримані в роботі результати можна застосувати для подальшої розробки великих автоматизованих транспортних

систем, які можна застосувати у різних областях та сферах де вони матимуть значну практичну цінність

Актуальність теми.

В роботі виконано технічну розробку апаратної частини, апаратно-програмного комплексу гусеничного керованого робота.

Актуальність роботи пояснюється тим, що роботи стали все частіше використовуватися у повсякденному житті людей, вони є найпростішим явищем у комерційних та промислових умовах. Лікарні вже багато років використовують автономні мобільні роботи для переміщення матеріалів. В аграрній промисловості гусеничні роботи можуть бути використані для автоматизованої обробки поля, поливу, врожаю та інших агротехнічних процесів. Вони можуть ефективно працювати на важкодоступних або великих полях, зменшуючи ручну працю та збільшуючи продуктивність. На будівництві та рятувальних операціях гусеничні роботи можуть бути використані для робіт у важкодоступних або небезпечних місцях, таких як будівельні майданчики або місця катастроф. Вони можуть використовуватися для транспортування матеріалів, рятувальних операцій або навіть для руйнування будівель. У військовому використанні гусеничні роботи можуть використовуватися для розвідки, транспортування обладнання та бойової підтримки без ризику для життя солдатів. Великі гусеничні роботи можуть бути використані в промисловості для переміщення вантажів або обслуговування складських приміщень, зменшуючи витрати на ручну працю та час. Вони можуть використовуватись у дослідницьких цілях, наприклад, для дослідження терену, моніторингу довкілля або вивчення впливу людини на екосистему.

Загалом, гусеничні керовані роботи мають великий потенціал для поліпшення ефективності, безпеки та продуктивності в різних сферах діяльності [1].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Огляд існуючих типів, та структур мобільних роботів

Наземні роботизовані комплекси являють собою рухома платформу на колісному або гусеничному шасі і робот, маніпулятор чи інший автоматичний пристрій, який забезпечує функціонування комплексу .

Роботи є автоматичними пристроями, які створюються за принципом живого організму. Вони функціонують на основі заздалегідь закладеної програми отримуючи інформацію про навколишнє середовище від датчиків які слугують аналогами органів чуття живих організмів, Роботи здатні самостійно здійснювати поставлені їм операції, що зазвичай виконуються людиною, при цьому робот може зв'язуватись з оператором і отримувати від нього команди, та взаємодіяти з іншими пристроями що входять у склад робототехнічного комплексу, а також можуть діяти самостійно, тобто працювати в інтерактивному режимі.

Залежно від сфери застосування, роботів можна класифікувати як промислові, медичні, побутові, інженерні, роботи для забезпечення безпеки, бойові та інші. Основною характеристикою всіх цих роботів є їх здатність до автономного виконання дій шляхом переміщення виконавчого пристрою згідно з програмою. Сучасні роботи складаються з різного роду механічних пристроїв, виконавчих двигунів та сенсорів, які забезпечують швидкість і точність переміщення робота та робочого органу, при проектуванні також використовуються пристрої керування двигунами з силовими перетворювачами та програмовані пристрої керування, які виконують весь алгоритм керування роботом [2, 3].

Для досягнення поставленої задачі при вирішенні виробничих та логістичних задач використовуються промислові роботи з виконавчим пристроєм, що являють собою автоматизовані системами які володіють декількома ступенями рухомості, і пристроєм програмного керування.

В свою чергу всі роботи можна поділити на такі типи:

Стаціонарні – складаються з виконавчого механізму у вигляді маніпулятора,

який має кілька ступенів рухливості, та пристрою програмного керування.

Мобільні – роботи які володіють різними засобами пересування, з автоматично керованими приводами. Автоматизовані мобільні роботи (АМР) можуть бути наземними, літаючими, водними; в свою чергу наземні мобільні роботи поділяються на колісні, гусеничні та крокуючі.

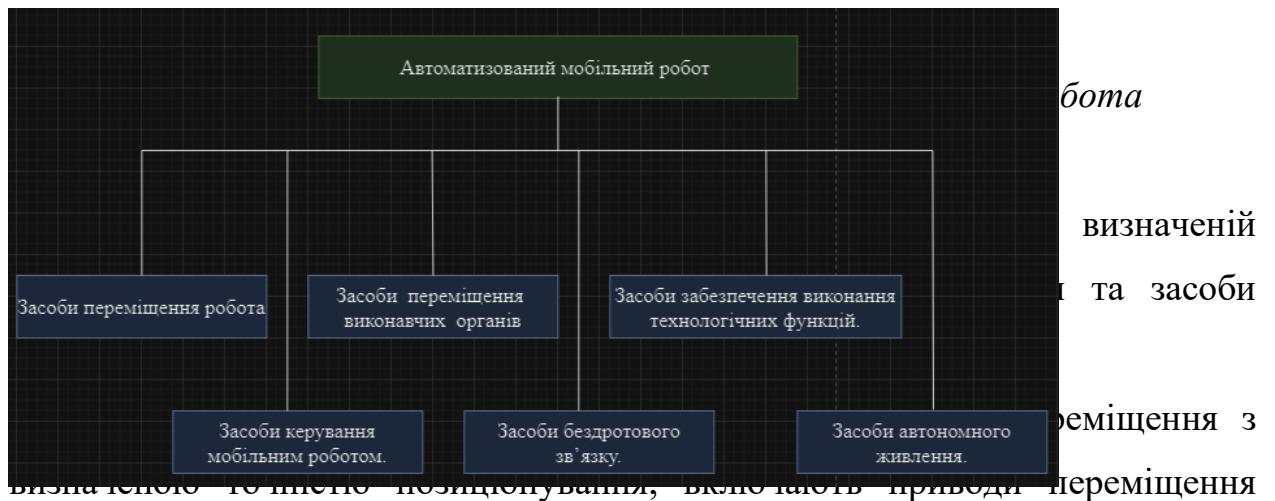
Прикладом АМР можуть бути промислові, колаборативні роботи чи роботи на складах, які застосовують для автоматизації обслуговування стелажів, транспортування вантажів, комплектації замовлень.

Роботами, що працюють в інтерактивному режимі слугують військові чи інженерні роботи, яких можна використовувати для виконання різноманітних бойові завдання, розвідки, знешкодження вибухових пристроїв, вони є важливою складовою в галузі робототехніки і автоматизації, та знаходять широке застосування у різних сферах,

Мобільні роботи можуть переміщатися по довільній або примусовій траєкторії, залежно від механізму руху. У випадку мобільних роботів з довільною траєкторією, рух обмежується лише природними перешкодами. Тим часом мобільні роботи з примусовою траєкторією рухаються по спеціальним направляючим, наприклад, рейкам або іншим спеціальним засобам. На сьогоднішній день ці роботи забезпечують більшу точність позиціонування завдяки обмеженню траєкторії, що потребує відносно простих систем позиціонування. Тому їх частіше використовують у виробництві з обмеженою зоною переміщення.

Основною ознакою усіх роботів є можливість виконувати задані їм дії самостійно, шляхом переміщення виконавчого пристрою згідно з закладеною програмою. Усі сучасні роботи проєктуються з різних механічних пристроїв, виконавчих двигунів та сенсорів, які забезпечують необхідну точність переміщення робота та виконання поставлених йому завдань згідно програмованого пристрою керування, який виконує весь алгоритм керування роботом [1].

Структура мобільного робота залежить від поставленої перед ним задачі, але незалежно від цього, можна виділити такі складові компоненти структури АМР Рис.1.2 [4].



виконавчих механізмів та засоби позиціонування.

Засоби, що забезпечують виконання технологічних функцій до них можна віднести різного роду виконавчі механізми та захоплюючі пристрої.

Засоби керування мобільним роботом. забезпечують його керування, та його окремих компонент. У залежності від поставленої перед роботом задачі, можуть використовуватися системи керування централізованого або розподіленого типу.

Засоби бездротового зв'язку. Мобільні роботи працюють автономно, для цього їм потрібно забезпечити зв'язок з системами керування, це забезпечується за допомогою локальних мереж та систем бездротового зв'язку

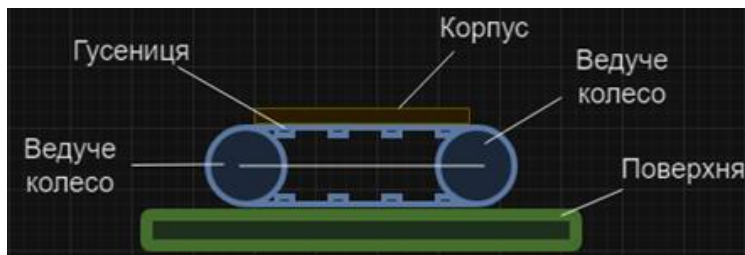
Засоби автономного живлення. В основі функціонування мобільних роботів лежить їх автономна робота яка забезпечується автономними джерелами струму, що живлять електронні компоненти на основі яких він працює, це можуть бути акумулятори, сонячні батареї чи інші автономні джерела живлення.

1.2. Архітектура та конструкція гусеничного робота

Мобільні роботи на основі гусеничної платформи здійснюють переміщення за рахунок сил тертя, що виникають між поверхнею і гусеницями. Гусеничний

привід складеться з ведучого колеса, опорних та підтримуючих катків, гусениць та корпусу Рис. 1.3 [5].

Ведучий (тяговий) каток, з'єднується з двигуном за допомогою редуктора, створюючи тягове зусилля за рахунок перемотування гусениць. Велика площа дотику гусениць з поверхнею, забезпечує низький тиск на неї, завдяки чому він зменшується, таким чином збільшення площі поверхні веде за собою зменшення сили тиску на неї, за рахунок чого сила що діє на поверхню та занурення в ґрунт стають меншими, а прохідність збільшується.

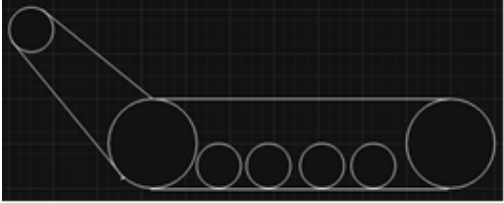
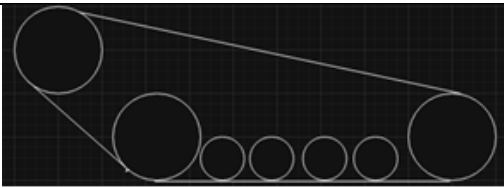
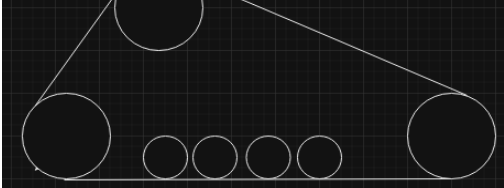
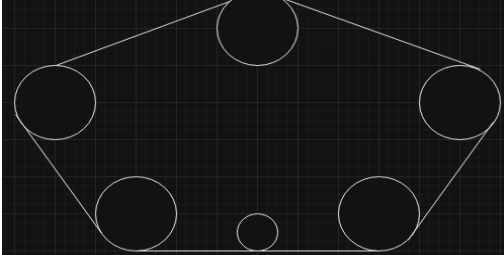
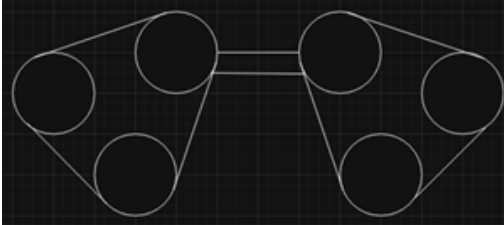


ичного приводу

гусеничні мобільні роботи

поділяються на такі типи:

Таблиця 1.1 – Основні типи гусеничних платформ

№	Назва	Опис	Схема
1	Проста	Складається з двох опорних катків, з яких провідними є один або два.	
2	Двосекційна	Складається з двох опорних катків, з яких провідними є один або два, а також одного додаткового, який може змінювати положення відносно двох інших	
3	З одним натяжним катком, який винесений вперед	Складається з двох опорних катків та одного натяжного, який розташовується у передній частині шасі.	
4	З двома натяжними катками	Складається з двох опорних та двох натяжних катків.	
5	З одним натяжним катком (Зворотна)	Складається з двох опорних та одного натяжного катка, який розташовується в середній частині шасі.	
6	З кількома опорними і натяжними катками	Складається з кількох опорних та кількох натяжних катків.	
7	Зі складною структурою	Підвіска містить декілька гусениць, які розташовуються особливим чином, що забезпечує можливість руху по складних поверхнях.	

Рух гусеничних мобільних роботів, здійснюється за рахунок одночасного регулювання швидкості для усіх приводів з одного боку а також залежить від миттєвого центру обертання (Instantaneous Center of Rotation - ICR), який визначає вісь повороту робота в залежності від розподілення навантаження на гусеницю [6, 7].

Будова ходової частини гусеничного робота виключає можливість повороту перекочуванням його опорних катків по гусениці. Все навантаження припадає на опорні гілки гусениць, які зазнають бічного зміщення по поверхні. Це веде за собою появу додаткового опору, що виникає внаслідок цього зміщення, і який у свою чергу збільшує опір руху робота при повороті та навантаження на його двигун.

Поворот здійснюється за рахунок зменшення швидкості перемотування гусениць у напрямку повороту робота. При виконанні крутого повороту, гусениця відключається та пригальмовується, або ж виконується її перемотування у зворотному напрямку і робот повертається на місці Рис. 1.4 [8].

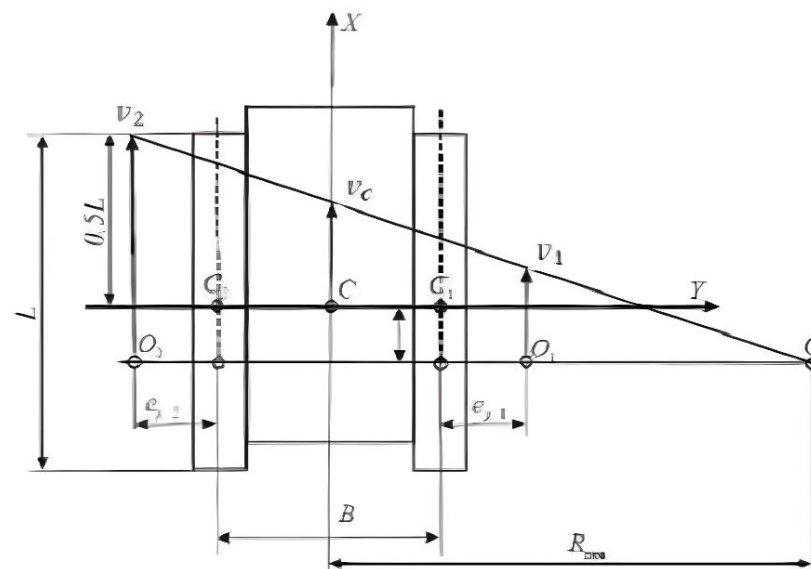


Рисунок 1.4. Схема повороту гусеничного мобільного робота

Робот здійснює поворот відносно миттєвого центру повороту O , який знаходиться на лінії, перпендикулярній до поздовжньої площини робота. При виконанні повороту опорна гілка гусениці утворює відносно поверхні неплоску фрикційну пару, гусениці пробуксовують відносно поверхні. За рахунок чого на кожний з площин фрикційної пари утворюється єдина точка, при якій пробуксовка відсутня. Положення кожної такої точки називається полюсом обертання гусениці який визначає кінематичний зв'язок між поверхнями, що зазнають тертя, а також силами які діють на них. Через

різницю з геометричними центрами гусениця C_1 з меншою і гусениця C_2 з більшою швидкістю та полюси обертання O_1 і O_2 при пробуксовці відносно поверхні зміщуються на певну відстань, їх проекція на вісь X і Y утворюють **ексцентриситет полюсів обертання** ($e_x, e_{y,1}, e_{y,2}$), де X збігається з напрямком поздовжньої осі симетрії, а вісь Y - перпендикулярна поздовжній осі.

Точки O, O_1 і O_2 лежать на одній прямій, яка є перпендикулярною до поздовжньої площини робота, якщо з'єднати ці точки лінією, то вони утворюють **лінію центрів повороту**. Ця лінія з'єднує центри тиску гусениць на поверхню та не співпадає з поперечною виссю $C - X$, що проходить через середини опорних поверхонь гусениць.

Поворот гусеничного робота також характеризується кутовою швидкістю повороту ω_m та радіусом повороту $R_{пов}$, який дорівнює відстані від центру повороту O до поздовжньої площини симетрії.

Поздовжня ж база гусеничного робота дорівнює довжині опорної гілки, L між осями крайніх опорних катків, а її відношення до поперечної бази B задає геометричний параметр, який характеризує поворот, робота на гусеничній платформі.

Керування переміщенням робота здійснюється за допомогою засобів локальної навігації, які дозволяють визначати положення робота відносно зовнішніх орієнтирів, наприклад, з використанням засобів маршрутослідкування. Спрощена структура системи управління гусеничним мобільним роботом має вигляд [7].

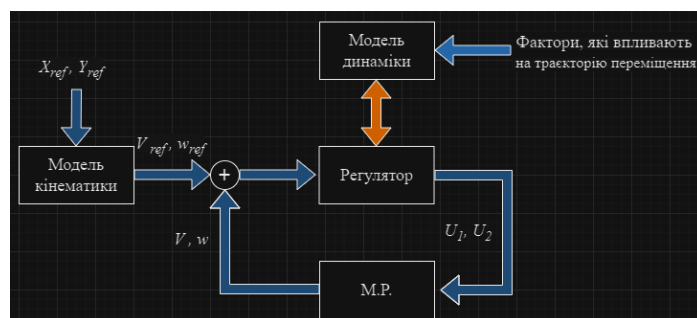


Рисунок 1.5. Структурна схема системи управління АМР.

Кінематична модель застосовується для розрахунку лінійної V_{ref} і кутової w_{ref}

швидкості руху робота, які відповідають траєкторії X_{ref} , Y_{ref} . Модель динаміки використовується для розрахунку параметрів регулятора, який в свою чергу служить для вироблення керуючих напруг U_1 , U_2 двигунів, в залежності від факторів, що впливають на траєкторію переміщення АМР.

1. ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ

2.1. Вибір компонент та аналіз функціональних характеристик для реалізації гусеничних роботів.

Мобільні роботи є типовими мехатронними системами, у яких поєднуються механічні, електромеханічні, електронні та інформаційні системи. Структура мобільного робота має вигляд структури узагальненої машини з комп'ютерним керуванням руху (рис.2.1) [7].

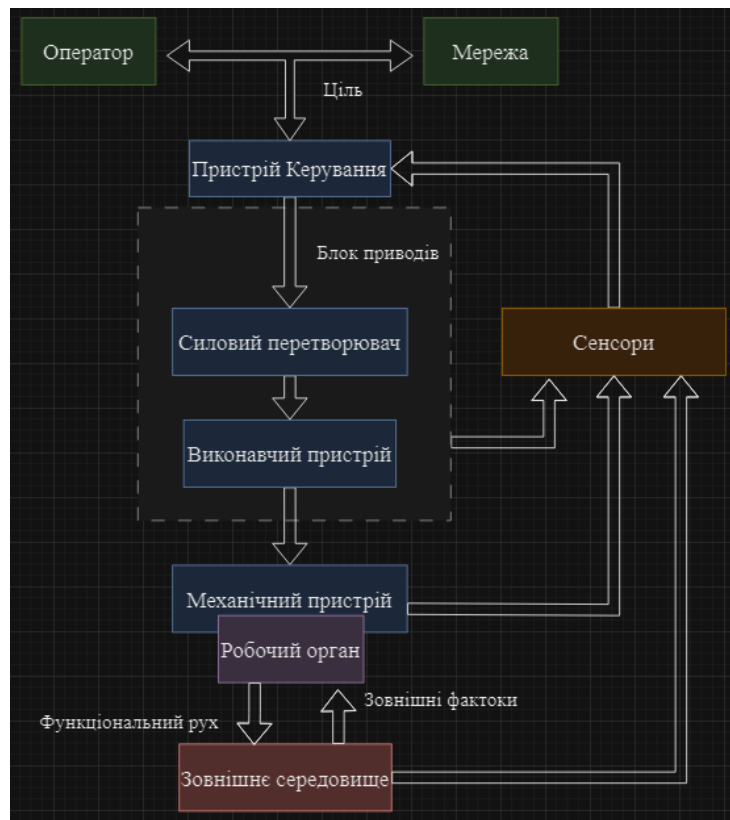


Рисунок 2.1. Структура узагальненої автоматизованої системи з комп'ютерним керуванням руху.

Така автоматизована система містить механічні пристрої з робочими органами, які виконують забезпечення усіх переміщень робота, блоку приводів, до складу яких входять силові перетворювачі та виконавчі пристрої, пристрій керування, на основі якого реалізується керування всіма алгоритмами роботи, сенсори, що забезпечують збір внутрішньої інформації про стан робота, та зовнішньої стан зовнішнього середовища, забезпечує зв'язок з оператором та іншими компонентами системи, які входять до складу

робота а також може виконувати прості засоби навігації.

2.1.1. Виконавчі механізми функціонування робота

– Виконавчі механізми, відповідають за переміщення самого робота або інших виконавчих та технологічних пристроїв, що складаються з механічних засобів та приводів рис.2.2.;

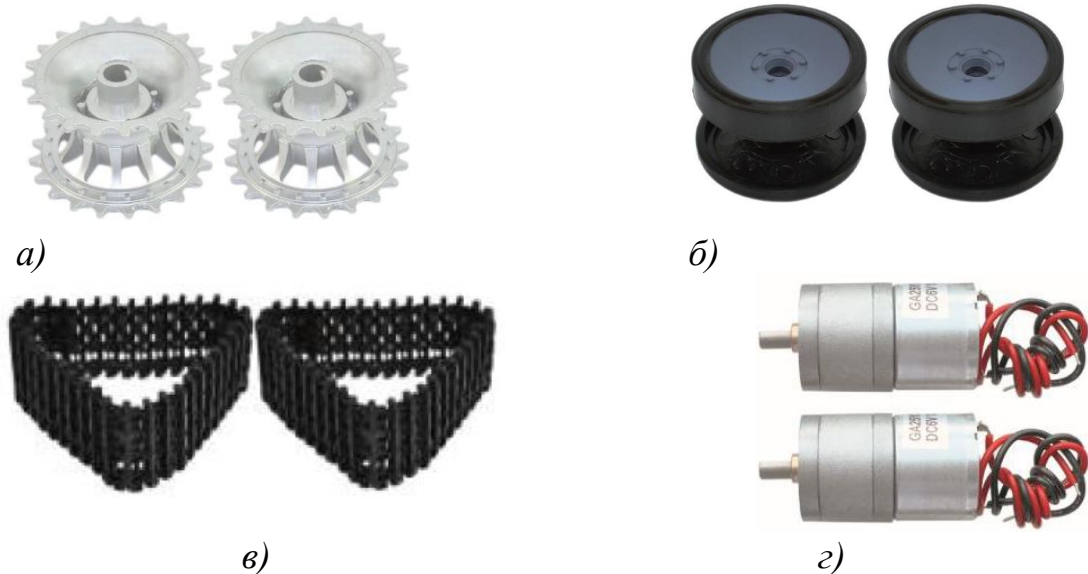


Рисунок 2.2. Виконавчі механізми переміщення гусеничного АМР: а) Зірочки привода гусеничного рушія; б) Несуче колесо; в) Гусениця; г) Двигун постійного струму;

У гусеничних роботизованих систем ходова частина, призначена для надання руху і та підтримки її основи. У нашому випадку ходова частина робота є гусеничним рушієм, який жорстко з'єднаний з основою.

Рушій складається з гусениць, ведучих приводів коліс зірочок, несучих коліс рис 2.2.а. При русі привідна зірочка перемотує гусениці, що задає рух робота під дією обертового моменту рушія, який передається на гусеницю. Напрямні колеса рис 2.2.б використовуються для зміни сили натягу гусениць і підтримки вибраного напрямку руху [8].

Двигун постійного струму GA25-370 рис 2.2.г перетворює електричну енергію в механічну, це універсальний двигун, який використовується при створенні роботизованих систем, двигун виготовляється з інженерного сплаву алюмінію,

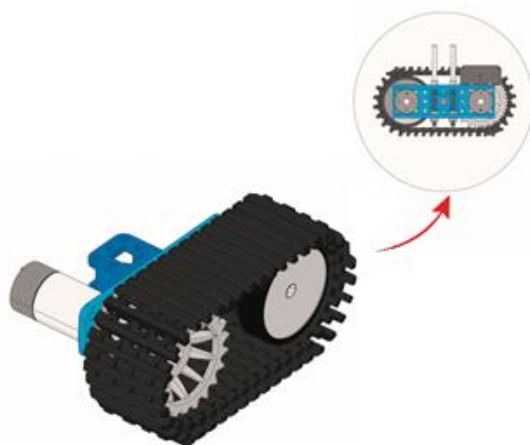
його діаметр становить 25 мм, що робить його легким і компактным, це дозволяє використовувати його у малогабаритних пристроях та системах. Двигун володіє великим обертаючим моментом, швидкість без навантаження становить 600 об./хв., має невисоке енергоспоживання, номінальна напруга якого становить 6 В.

Такий двигун чудово підходить для створення невеликих за розмірами проєктів, пристроїв IoT, роботизованих систем малих розмірів [9].

Таблиця 2.1 – Характеристики Двигуна постійного струму

№	Параметр	Значення
1.	Номінальна напруга	6 В
2.	Швидкість обертання	600 об./хв
3.	Номінальний обертовий момент	2 кг/см 7-12 В
4.	Діаметр	25 мм 6-20 В

Виконавчі елементи, для переміщення робота у змонтованому вигляді утворюють гусеничну платформу рис.2.3., яка являється основним механізмом переміщення робота. Гусениці дозволяють краще долати перешкоди, такі як нерівності ґрунту, піщані ділянки або навіть вода, що значно збільшує прохідність робота.



гусеничну платформу АМР

механізмів, з яких складаються робот можна використати сервоприводи сервоприводів Pro 9g SG90 до якого кріпиться і з корпусу, друкованої плати, двигуна без встановлення.

керується програмним блоком мікроконтролера або радіоприймачем, і виробляє опорний сигнал з періодом 20 мс і шириною 1,5 мс, потім порівнює отриману напругу зміщення постійного струму з напругою потенціометра та отримує вихід різниці напруг. Коли швидкість двигуна постійна, потенціометр приводиться в обертання через каскадний редуктор, що призводить до того, що різниця напруг дорівнює 0, і двигун припиняє

обертатися. Зазвичай діапазон кутів повороту сервоприводу становить 0° — 180° . Кут повороту серводвигуна контролюється шляхом регулювання шпаруватості сигналу ШІМ (широтно-імпульсна модуляція). Стандартний цикл сигналу ШІМ становить 20 мс (50 Гц). Теоретично ширина розподіляється між 1 мс-2 мс, але насправді вона становить 0,5 мс-2,5 мс [10].

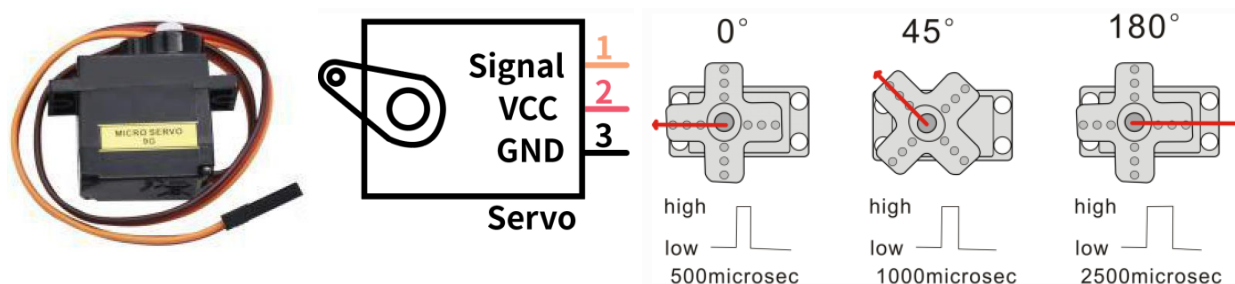


Рисунок 2.4. Серводвигун Tower Pro 9g SG90

Таблиця 2.2 – Характеристики Серводвигуна Tower Pro 9g SG90

№	Параметр	Значення
1.	Тип редуктора	нейлон
2.	Рекомендована робоча напруга	4.8 В
3.	Зусилля на валу	до 1.8 кг/см
4.	Кут повороту	180 градусів
5.	Час повороту на 60°	0.1 с
6.	Розмір: мікро	2.3 x 1.3 x 2.9 см
7.	Вага	9 г

2.1.2. Датчики внутрішньої та зовнішньої інформації

– Датчики внутрішньої та зовнішньої інформації – це елементи, які дозволяють отримати інформацію про стан самого робота та навколишній світ, належність датчика до однієї з цих груп залежить від тих функцій, що він виконує а не від його типу, до таких датчиків можна віднести системи технічного зору, слуху, дотику, датчики відстаней, локатори та інші пристрої.

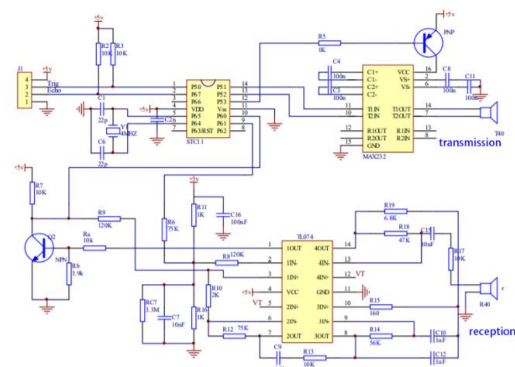
Наш АМР у своєму складі містить ультразвуковий датчик HC-SR04, ІЧ приймальний модуль, фотоелемент, 8X16 LED панель.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 рис.2.5. використовує ехолот для визначення

відстані до об'єкта він випромінює ультразвукові хвилі після спрацювання сигналу. Коли ультразвукові хвилі стикаються з об'єктом і відбиваються назад, модуль видає ехо-сигнал, щоб він міг визначити відстань до об'єкта за різницею в часі між тригерним сигналом і ехо-сигналом, тригерний контакт і ехо-пін які надсилають та отримують дані —. Та з'єднуються з контактами на VP Sensor Shield



а)



б)

Рисунок 2.5. а) Ультразвуковий датчик HC-SR04; б) Принципова схема ультразвукового датчика:

Ультразвуковий датчик надсилає хвилю, яка відбивається від перешкоди та отримує її відображення рис.2.6.

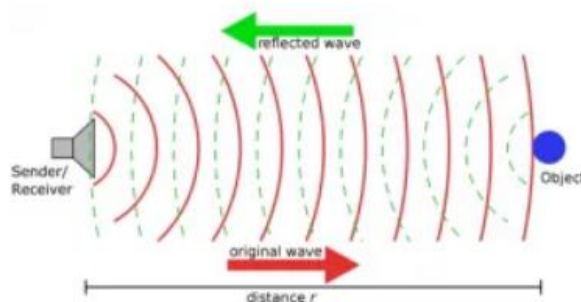


Рисунок 2.6. Принцип роботи ультразвукового датчика

Таблиця 2.3 – Характеристики Ультразвукової датчика HC-SR04

№	Параметр	Значення
1.	Робоча напруга	3.8-5.5 В
2.	Потужність, що споживається	8 мА
3.	Частота	40 кГц
4.	Вимірювана відстань	0 - 4.5 м
5.	Роздільна здатність вимірювання	3 мм
6.	Кут	15 градусів

Фото резистор рис.2.7 — це спеціальний резистор, виготовлений із напівпровідникового матеріалу, такого як сульфід або селен, і вологостійкої смоли, яка також має фотопровідний ефект.

Сигнал модуля підключається до аналогового порту мікроконтролера. Коли інтенсивність світла сильніша, тим більша напруга аналогового порту, тобто значення моделювання мікроконтролера також велике; у свою чергу, коли інтенсивність світла слабша, тим менша напруга аналогового порту, тобто значення моделювання мікроконтролера також мало. Він є чутливим до навколишнього освітлення і його опір змінюється в залежності від інтенсивності світла.

Таким чином ми можемо зчитувати відповідне аналогове значення за допомогою модуля фоточутливого резистора та інтенсивність світла в індуктивному середовищі [11].

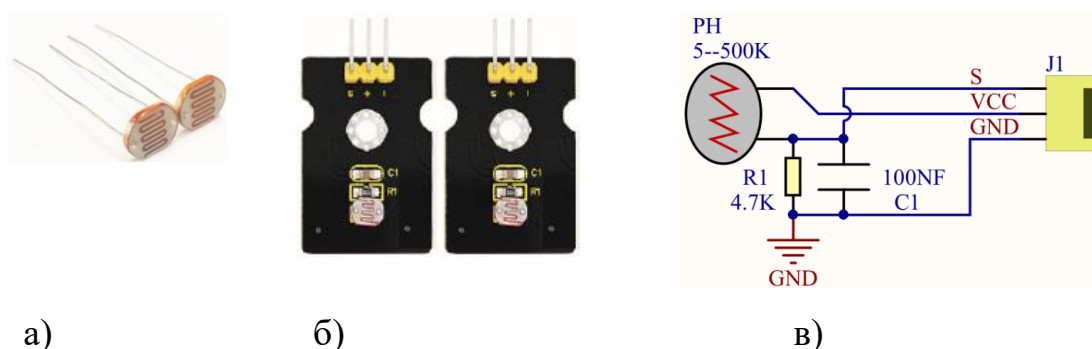


Рисунок 2.7. а) Фоторезистор; б) Фоторезистор вмонтований на плату; в) Принципова схема фоторезистора:

Підключивши сигнальний контакт модуля фотоелемента до аналогового порту, коли найбільша інтенсивність світла, тим більша напруга аналогового порту, тим більше аналогове значення і навпаки, чим слабша інтенсивність світла, тим менша напруга аналогового порту, тим менше аналогове значення. Виходячи з цього, можна використовувати модуль фотоелемента для читання аналогового значення, щоб отримати інтенсивність навколишнього освітлення. Для навігації робота його можна не використовувати, через те що він не розпізнає перешкоди. Тому робот буде рухатися переважно прямо та повертати ліворуч і праворуч. Рух назад буде здійснюватися тільки для руху

від перешкод.

Датчик відстеження являється інфрачервоним датчиком. Тут використовується інфрачервона трубка TCRT5000. Його принцип роботи полягає у використанні різної відбивної здатності інфрачервоного світла до кольорів, а потім перетворення сили відбитого сигналу в поточний сигнал.

Під час процесу виявлення чорний активний на ВИСОКОМУ рівні, тоді як білий активний на НИЗЬКОМУ рівні. Висота виявлення 0-3 см.

3-канальний модуль відстеження лінії має інтегровані 3 комплекти інфрачервоної трубки TCRT5000 на одній платі, що більш зручно для проводки та керування [12].



Рисунок 2.8. Інфрачервоний датчик

Таблиця 2.4 – Характеристики Інфрачервоного датчика

№	Параметр	Значення
1.	Робоча напруга	3,3-5 В (DC)
2.	Інтерфейс	5PIN
3.	Вихідний сигнал	цифровий сигнал
4.	Висота виявлення	0-3 см

2.1.3. Система керування роботом

– Системи керування отримують та обробляють інформацію від датчиків після чого здійснюють управління виконавчими органами.

Зазвичай використовуються пристрої керування на основі одно кристальних мікроконтролерів які оснащені вмонтованими засобами керування рухом, а саме каналами вхідних сигналів для отримання інформації що надходять з

імпульсних датчиків положення та каналів вихідних сигналів у вигляді широтно-імпульсної модуляції, які застосовуються при керуванні двигунами. В проектуваному АМР використовуються комплексні системи які виконують керування та взаємодію усіх компонент робота.

Arduino Uno Rev3 плата побудована на базі мікроконтролера ATmega328P який має 14 цифрових входів/виходів (з яких 6 можна використовувати як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, керамічний резонатор 16 МГц, як інтерфейс USB-UART використаний мікроконтролер ATmega16U2, який дозволяє підвищити швидкість передачі даних. (рис. 2.9)

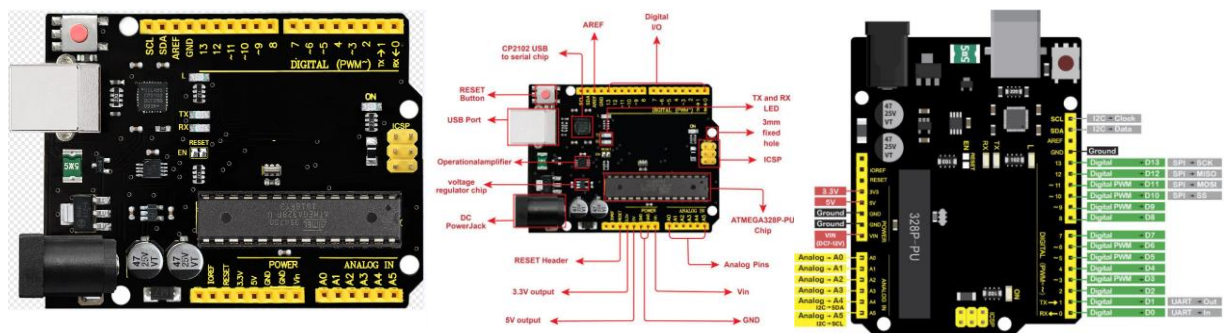


Рисунок 2.9. а) Плата Мікроконтролера Arduino Uno R3

Таблиця 2.5 – Характеристики Arduino UNO Rev

№	Параметр	Значення
1.	Мікроконтролер	ATmega328
2.	Робоча напруга	5 В
3.	Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
4.	Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
5.	Цифрові входи/виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
6.	Аналогові входи	6
7.	Максимальний струм навантаження вхід/вихід	40 мА
8.	Максимальний струм навантаження стабілізатора	50 мА
9.	Флеш пам'ять	32 Кб (ATmega328) з яких 0.5 Кб використовуються для завантажувача
10.	ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
11.	Енергонезалежна пам'ять	1 Кб (ATmega328)
12.	Тактова частота	16 МГц
13.	Довжина	68.6 мм
14.	Ширина	53.4 мм
15.	Вага	25 грам

Драйвер L298P Shield – плата розширення Arduino Motor являється подвійним мостовим драйвером який виконує управління різним індуктивним навантаженням, через що дає можливість Arduino управляти двома двигунами постійного струму, здійснюючи контроль швидкості та напрямку обертання кожного з них незалежно один від одного.

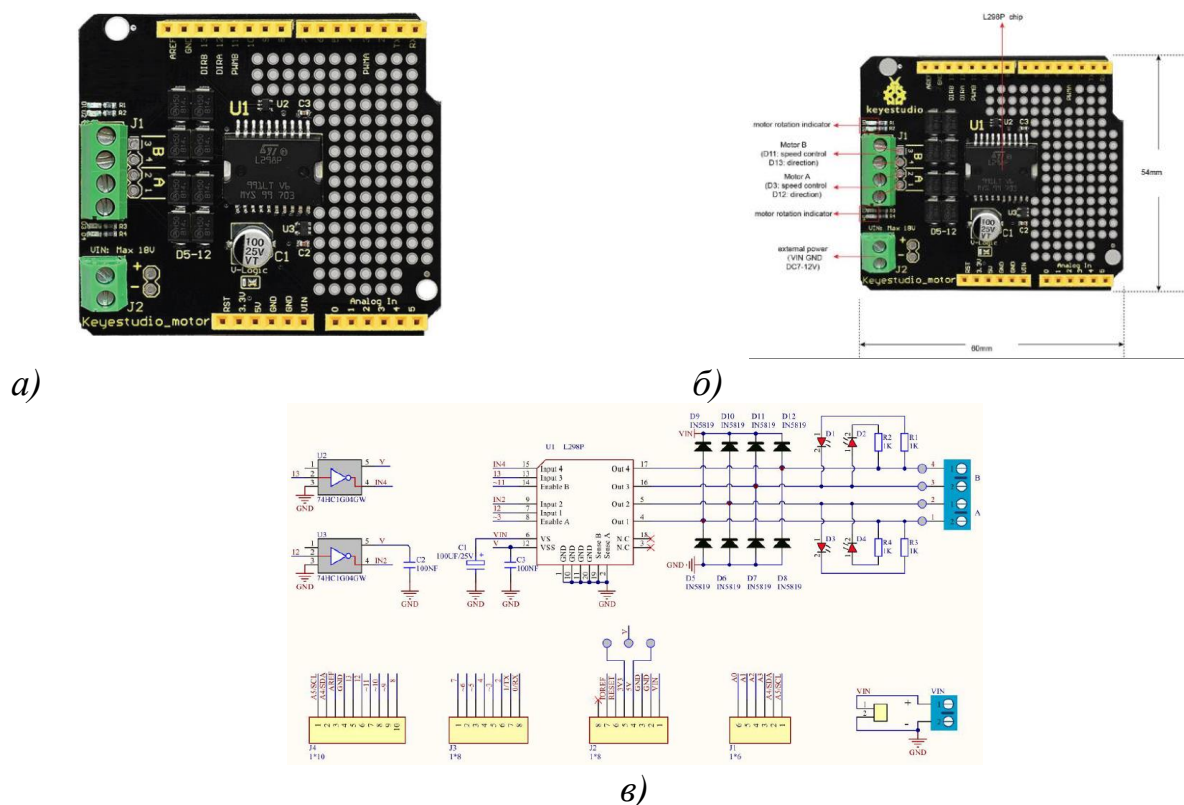


Рисунок 2.10. а) Плата розширення L298P Shield; б) Характеристики плати розширення L298P Shield в) Принципова схема плати L298P

Таблиця 2.6 – Характеристики плати розширення L298P Shield

№	Параметр	Значення
1.	Значення аналогових портів	A0, A1, A2, A3, A4, A5
2.	Значення незадіяних цифрових портів;	D2, D3, D5, D6, D7, D9
3.	Буззер	D4
4.	Цифровий порт вводу/виводу	D10, D11, D12, D13
5.	Двонаправлений інтерфейс для підключення модуля Bluetooth	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
6.	Вхідна напруга логіки	5
7.	Вхідна напруга приводу	VIN 7.12, PWR IN 4,8.24 В
8.	Струм споживання логіки	$\leq 36 \text{ мА}$
9.	Струм споживання приводів	$10 \leq 2 \text{ А}$
10.	Максимальна потужність, що розсіюється	25 Вт

11.	Електричні рівні вхідних керуючих сигналів	$2,3 \text{ В } V_{in} \leq 5 \text{ В};$
12.	Логічний нуль	$-0,3 \text{ В} \leq V_{in} \leq 1,5 \text{ В};$
13.	Робоча температура	$-25^{\circ} \text{ } 130^{\circ}\text{C} .$

Плата розширення Sensor Shield V 5.0, використовується для цифрового, та аналогового інтерфейсу передачі та керування, вона дозволяє підключати різноманітні модулі до Arduino такі як сенсори, серво-приводи, реле, кнопки, потенціометри та ін.

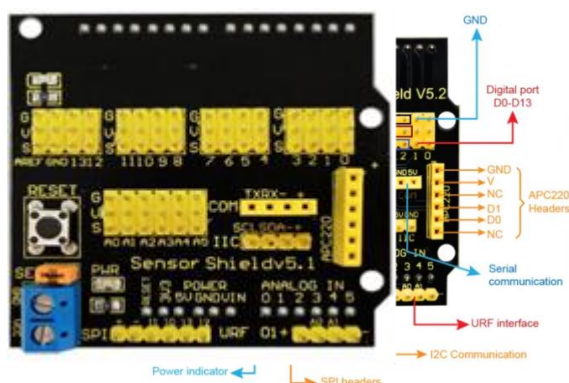


Рисунок 2.11. Плата розширення Sensor Shield V 5.0

Таблиця 2.7 – Характеристики Sensor Shield V 5.0

№	Параметр	Значення
1.	Напруга живлення:	5В
2.	Живлення	від Arduino та зовнішніх джерел живлення
3.	SD card interface	інтерфейс для підключення карт пам'яті SD
4.	Ultrasonic interface	інтерфейс для підключення ультразвукових датчиків
5.	I2C (IIC) port (Inter-Integrated Circuit)	послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем
6.	Інтерфейс RS232	послідовна шина COM
7.	ACP220 wireless module interface	інтерфейс для підключення зовнішнього Wi-Fi модуля ACP220
8.	Bluetooth interface	інтерфейс для підключення зовнішнього пристрою Bluetooth
9.	LCD parallel interface та LCD serial interface	паралельний та послідовний порт для підключення рідкокристалічного дисплея
10.	Розміри	57 x 57 x 18.5 мм
11.	Вага	23 гр.

Даний гусеничний робот є багатоцільовим механізмом який володіє можливостями уникнення перешкод, світловим та ультразвуковим відстеженням об'єктів та дистанційним керуванням.

– За основу системи бездротового зв'язку взято модуль Bluetooth 4.0 HM-10 розроблена на базі мікросхеми CC2541F128RHAT

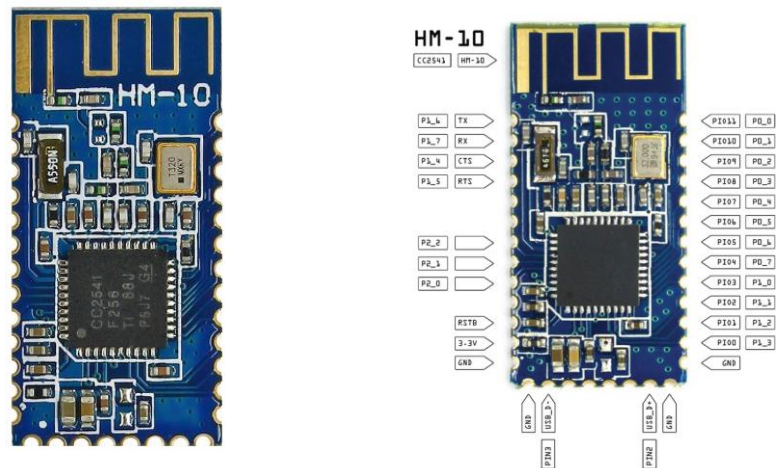


Рисунок 2.12. Модуль HM-10 Bluetooth 4.0

Таблиця 2.8 – Характеристики модуля Bluetooth HM-10 4.0

№	Параметр	Значення
1.	Контролер	CC2541
2.	Версія Bluetooth	V4.0
3.	Швидкість відгуку	0,4 секунди
4.	Напруга живлення	3.3 (або 5 В від зовнішнього джерела живлення)
5.	Робоча частота	2.4ГГц ISM
6.	Модуляція	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
7.	RF потужність	-23dbm, -6dbm, 0dbm, 6dbm
8.	Робочий струм	50мА
9.	Споживання енергії в режимі очікування:	90 мкА-400 мкА
10.	Дальність дії	60 метрів на відкритій місцевості
11.	Робоча температура	-55...65 C
12.	Швидкість передачі даних за замовчуванням	9600
13.	Розміри	37x16x6 мм

3. ПІДКЛЮЧЕННЯ ТА МОНТАЖ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Проектування та монтаж механічної частини робота

Для повноцінного функціонування робота необхідно спроектувати підключення всіх компонент до плати розширення Sensor Shield V 5.0, а також змодельювати їх взаємодію між собою для коректної роботи системи.

Моделювання взаємодії всіх компонент проводилося в середовищі Fritzing

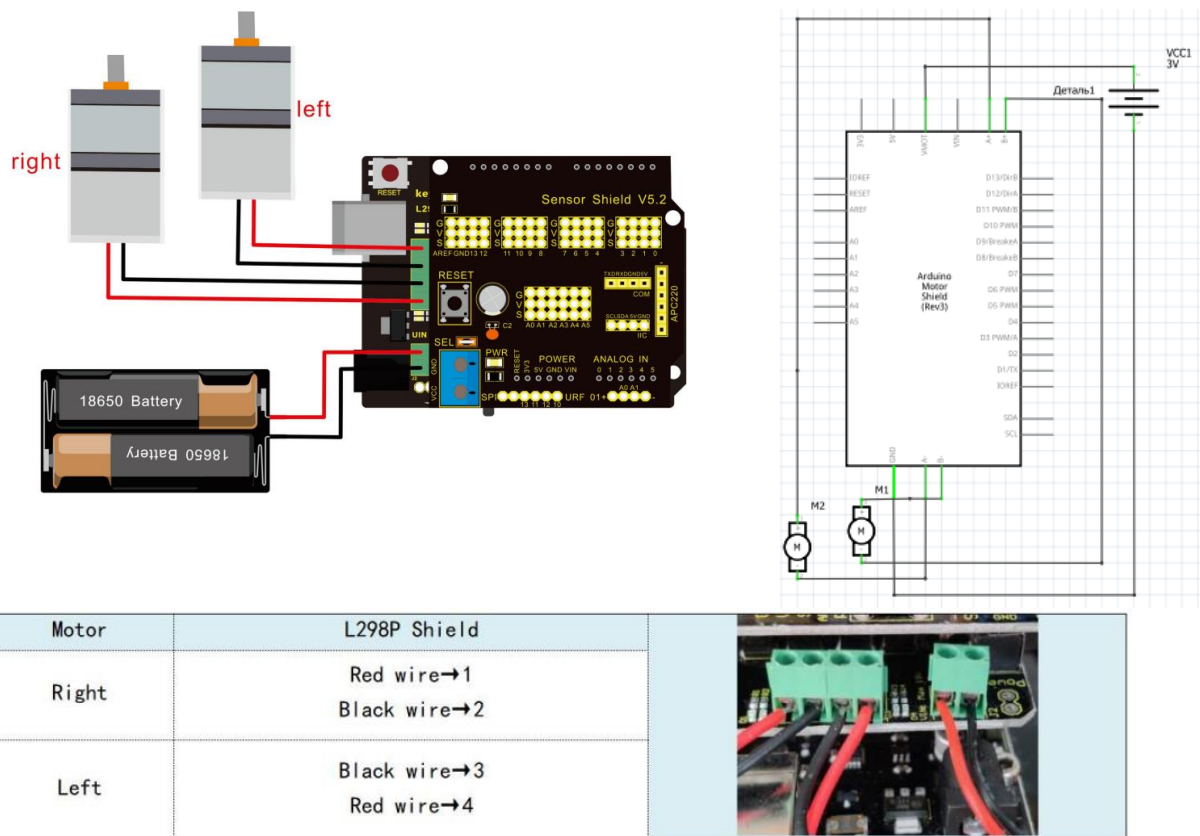


Рисунок 3.1. Схема підключення двигунів до плати розширення Sensor Shield V 5.0

До 4-контактного роз'єму під'єднуються правий задній двигун та лівий передній, а до 2-контактного живлення.

Світлодіодна плата 8*16 містить 128 світлодіодів. Дані мікропроцесора (Arduino) передаються з AiP1640 через двопровідний інтерфейс шини. Таким чином, він може керувати ввімкненням і вимкненням 128 світлодіодів на модулі, щоб зробити точкову матрицю на модулі для відображення потрібного зображення, підключення здійснюється через кабель NX-2.54 4Pin. Рис.3.2.

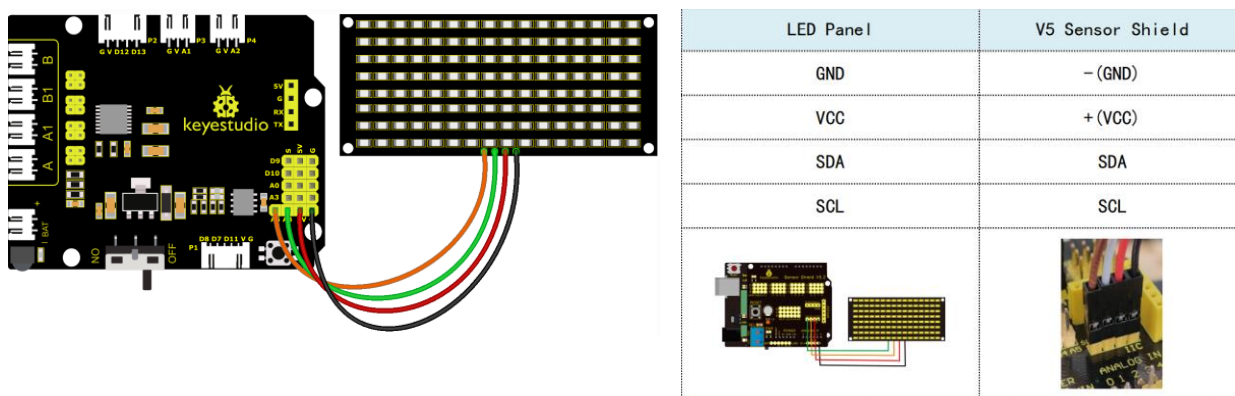


Рисунок 3.2. Схема підключення LED панелі до плати розширення Sensor Shield V 5.0

Кожен байт має 8 біт, і кожен біт дорівнює 0 або 1. Коли він дорівнює 0, світлодіодний індикатор вимкнений, а коли він 1, світиться. Один байт може контролювати один стовпець світлодіода, і, природно, 16 байтів можуть контролювати 16 стовпців які утворюють матрицю 8*16.

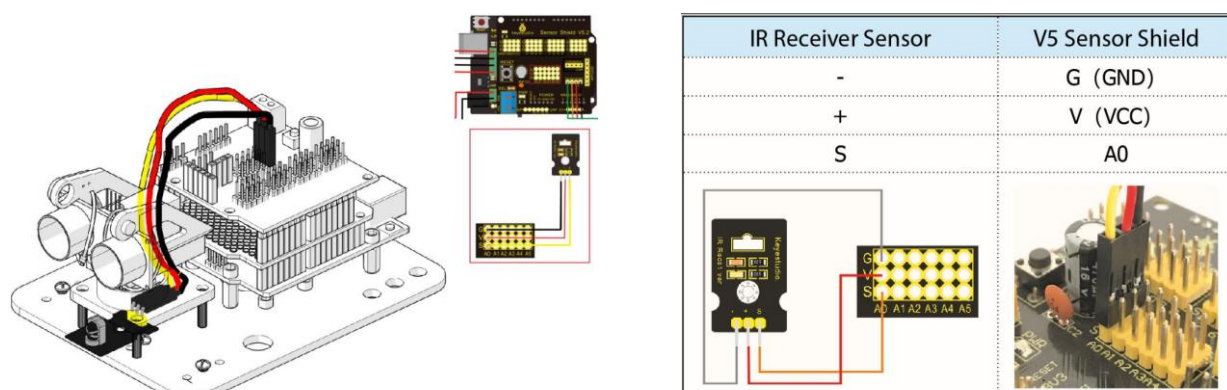


Рисунок 3.3. Схема підключення інфрачервоного датчика до плати розширення Sensor Shield V 5.0

Контакти «G», «V» і S лівого модуля фоторезистора підключені до G (GND), V (VCC), A1 відповідно; Контакти «G», «V» і S правого модуля фоторезистора підключені до G (GND), V (VCC) і A2 відповідно.

4-контактний кабель має маркування A, A1, B1 і B. Правий задній двигун підключений до порту B плати розширення драйвера двигуна 8833, а лівий передній двигун підключений до порту A плати розширення драйвера двигуна 8833 рис.3.4.

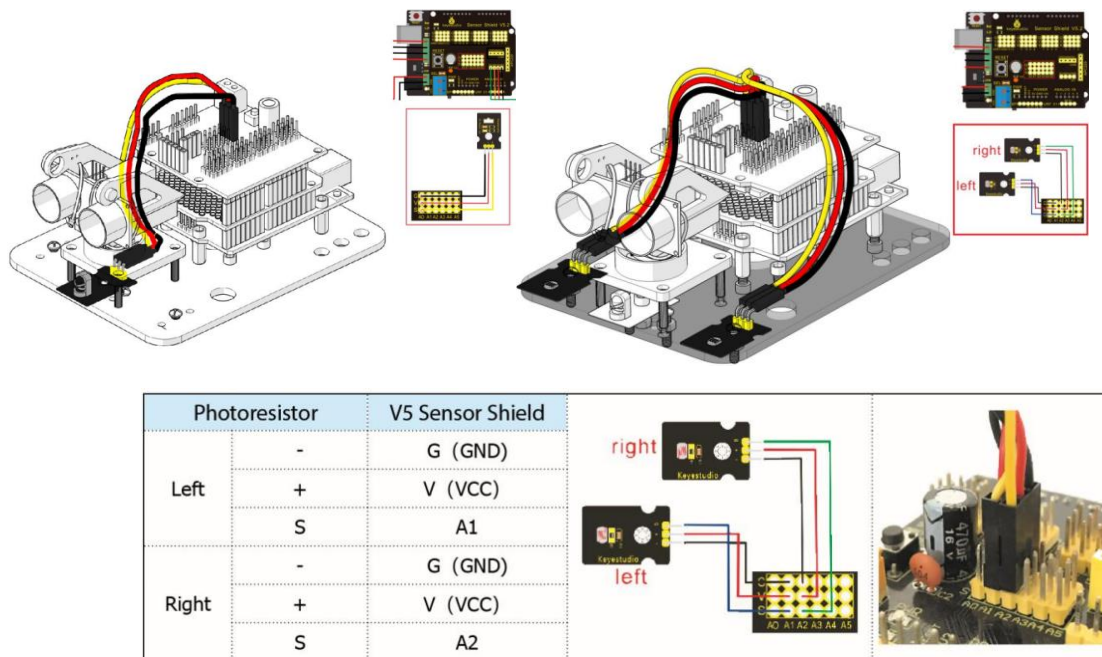


Рисунок 3.4. Схема підключення фоторезисторів до плати розширення Sensor Shield V 5.0

Коричневий, червоний і помаранчевий дроти сервоприводу підключені відповідно до G (GND), V (5V) і D10 плати розширення ; а для ультразвукового датчика контакт VCC підключений до 5v (V) , контакт Trig до цифрового 12 (S), контакт Echo до цифрового 13 (S) і контакт Gnd до Gnd (G); рис.3.5.

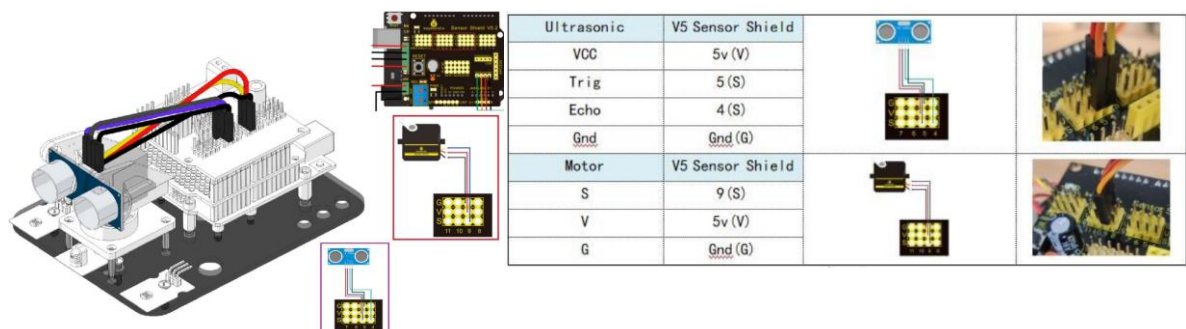


Рисунок 3.5. Схема підключення ультразвукового датчика та сервоприводу до плати розширення Sensor Shield V 5.0

Схема підключення для Bluetooth має наступну послідовність

1. STATE — тестовий штифт стану, підключений до внутрішнього світлодіода,

який зазвичай залишається не підключеним.

2. RXD — це інтерфейс послідовного порту для прийомного терміналу.

3. TXD — це інтерфейс послідовного порту для надсилання терміналу.

4. GND для землі.

5. VCC є позитивним полюсом.

6. EN/BRK: його відключення означає відключення Bluetooth, і він зазвичай залишається непідключеним.

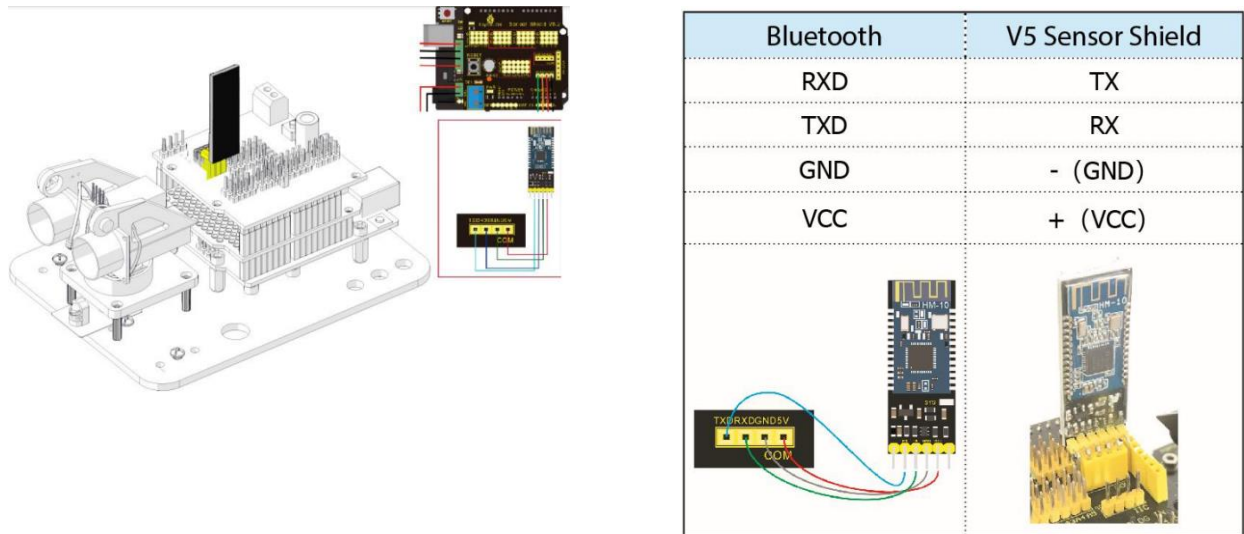


Рисунок 3.6. Схема підключення модуля HM-10 Bluetooth 4.0 до плати розширення Sensor Shield V 5.0

Схема підключення всіх компонент має наступну послідовність:

1. GND, VCC, SDA і SCL плати 8x16 підключені до G (GND), + (VCC), A4 і A5 плати розширення.
2. VCC, Trig, Echo та Gnd ультразвукового датчика підключені до 5V(V), 12(S), 13(S) та Gnd(G)
3. Коричневий дріт, червоний дріт і оранжевий дріт сервоприводу підключені до Gnd(G), 5v(V) і D10.
4. RXD, TXD, GND і VCC модуля BT підключені до TX, RX, G (GND) і 5 V (VCC). STATE і BRK не потребують інтерфейсу.
5. Контакти «G», «V» і S лівого модуля фоторезистора підключені до G (GND), V (VCC), A1 відповідно; Правий модуль фоторезистора підключений до G (GND), V (VCC) і A2 відповідно.

6. Дистанційним портом датчика відстеження лінії є 11, 7 і 8.

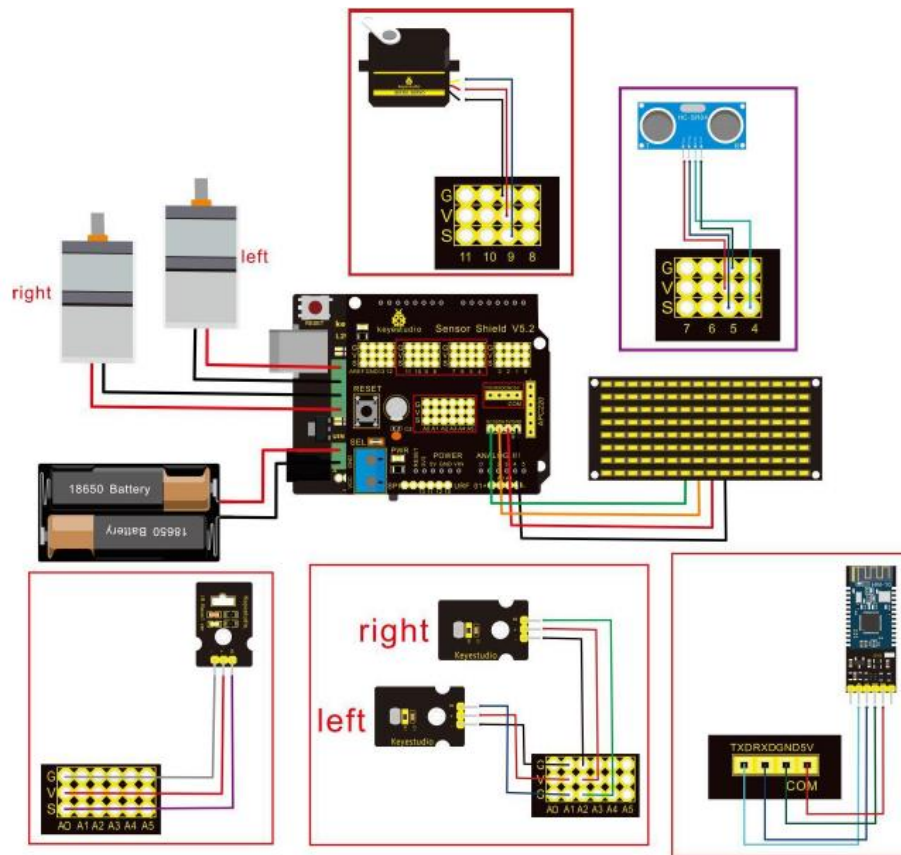
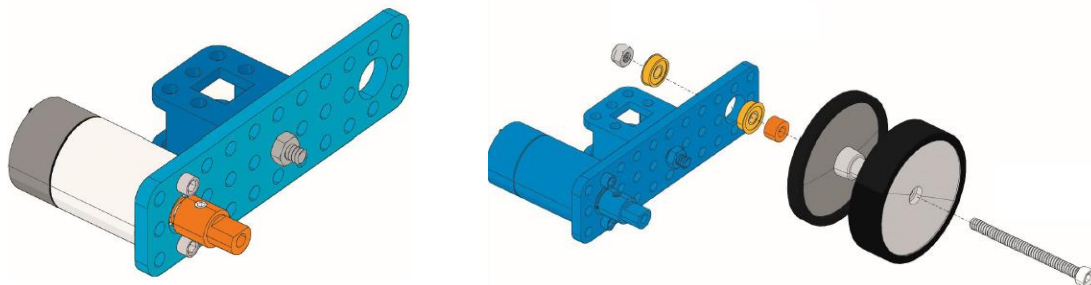


Рисунок 3.7. Схема підключення всіх компонент робота

За результатами проектування та аналізу схем підключення можна безпосередньо перейти до підключення та монтажу всіх компонент та деталей. Спочатку виконується монтаж двигунів та гусеничної платформи.



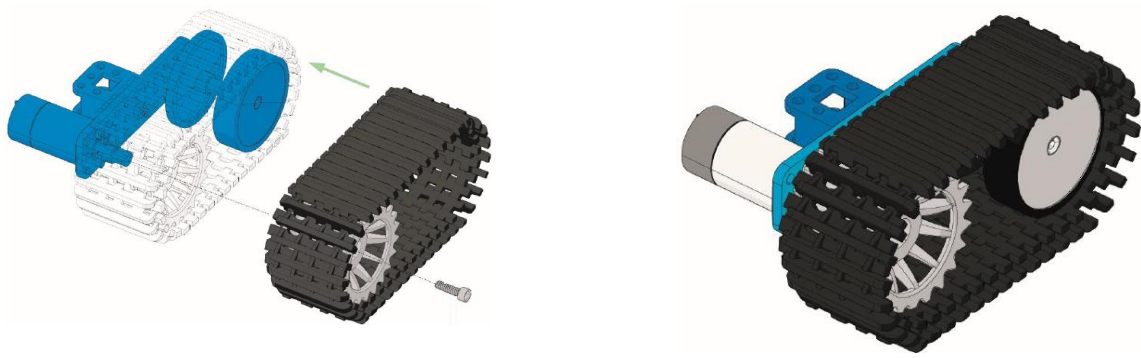


Рисунок 3.8. Схема монтажу двигунів та гусеничної платформи АМР

Наступним монтується тримач автономних засобів живлення у нашому випадку тримач батареї. Рис.3.9.

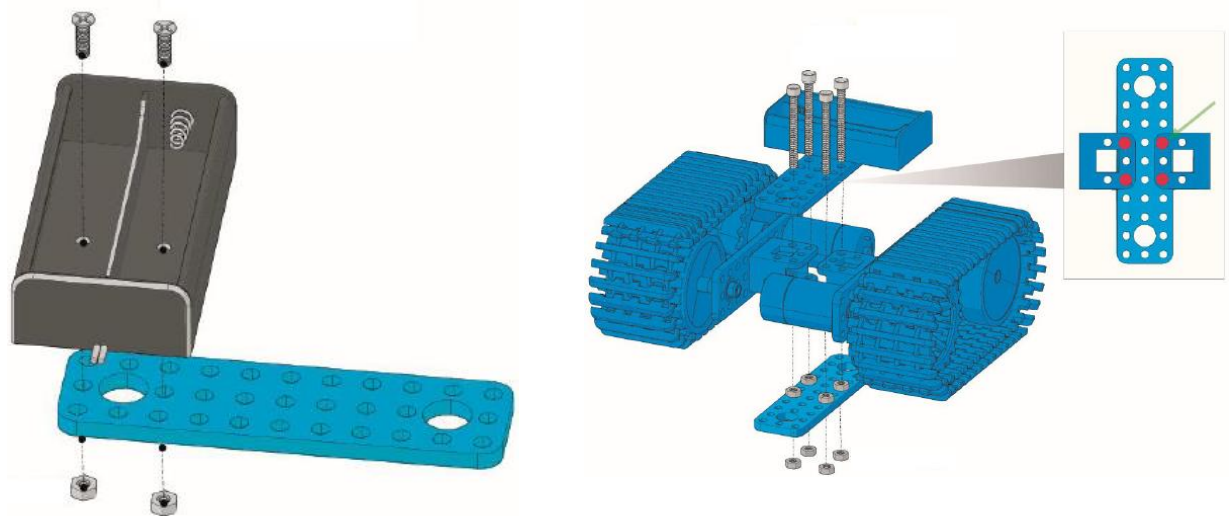


Рисунок 3.9. Схема монтажу тримача батареї АМР

Розміщення корпусів елементів, зазначених у схемі, і їх групування в межах контуру майбутньої плати здійснюються автоматично редакторі. Корпуси елементів розміщуються послідовно і компактно, і не накладаються один на одного [10]

3.2. Тестування інтегрованого програмно-апаратного комплексу та його компонент в контрольованих умовах.

Тест 1. Блимання світлодіода – LED Blink

Для початку перевіримо роботу Блимання світлодіода – LED Blink, який складається з хімічних сполук Ga, As, P, N тощо. Світлодіод може блимати

різними кольорами, змінюючи час затримки в тестовому коді коли під час керування вмикається GND і VCC, світлодіод горітиме, якщо S-кінець має високий рівень; тим не менш, він згасне. Як перший крок світлодіод з'єднаємо з контактом D2 Структурна схема наведена на рис.3.10.

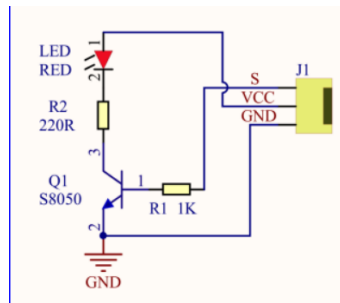


Рисунок 3.10. Структурна схема підключення світлодіода.

Схема підключення світлодіода наведена на Рис. 3.11. з контактом D2 – а), та D10 – б):

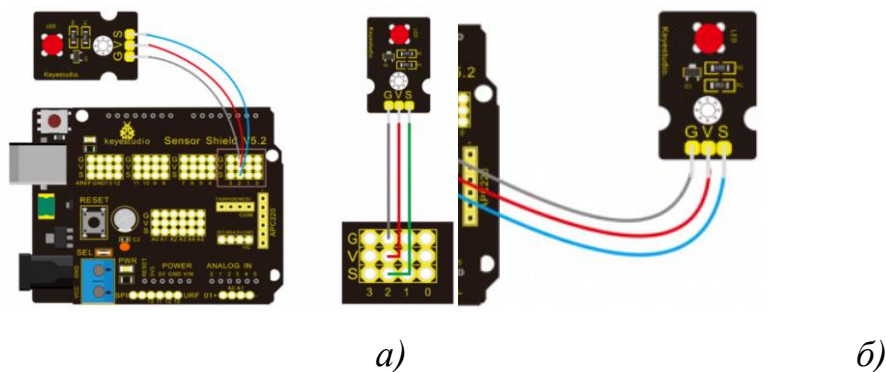


Рисунок 3.11. а) Схема підключення з контактом D2; б) Схема підключення з контактом D10

Специфікація:

- 1) Інтерфейс управління: цифровий порт
- 2) Робоча напруга: DC 3.3-5V
- 3) Відстань між шпильками: 2,54 мм
- 4) Колір світлодіодного дисплея: червоний

Результат тесту:

Після завантаження програми на плату розробки, світлодіод мерехтить з інтервалом 1 с. При підключили світлодіода до контакта D10 та зміні часу затримки. Світлодіод мерехтить швидше, ніж раніше, через результат тесту,

отже, вибір контакту та час затримки впливають на частоту спалаху.

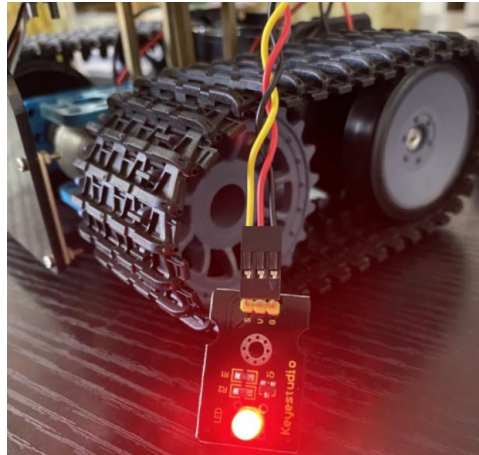


Рисунок 3.12. Результати тесту 1

Тест 2. Перевірка роботи фоторезисторного датчика.

Наступним етапом тестування буде перевірка роботи фоторезисторного датчика.

Підключивши сигнальний контакт модуля фотоелемента до аналогового порту, у випадку най сильнішої інтенсивності світла, збільшується напруга аналогового порту, та аналогового значення і навпаки, чим слабша інтенсивність світла, тим менша напруга аналогового порту, та менше аналогове значення. Можна використовувати модуль фотоелемента для читання аналогового значення, щоб отримати інтенсивність навколишнього освітлення.

Два датчики фоторезистора з'єднуємо з контактами A1 і A2, потім завершуємо тестування при підключенні фоторезистора до контакту A1. та зчитуємо його аналогове значення.

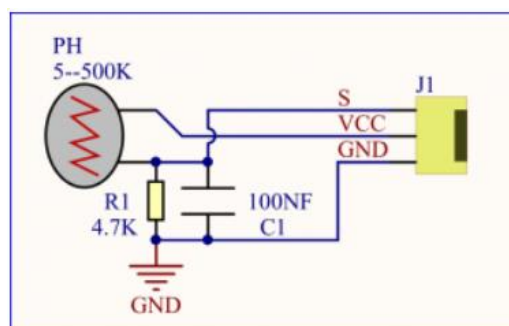
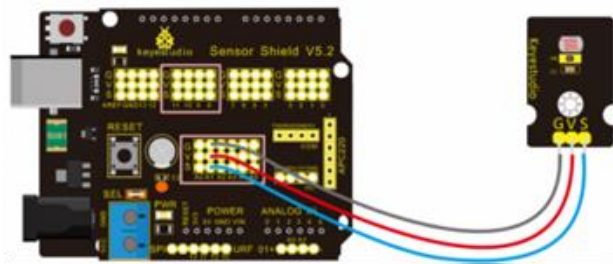


Рисунок 3.13. Структурна схема підключення фоторезистора;



а)

б)

Рисунок 3.14. а) Схема підключення фоторезистора; б) Схема підключення фоторезистора з світлодіодом

Специфікація:

- 1) Опір: 5 кОм-0,5 МОм
- 2) Тип інтерфейсу: аналоговий
- 3) Робоча напруга: 3,3 В-5 В
- 4) Легкий монтаж: з отворами для кріплення гвинтів
- 5) Відстань між шпильками: 2,54 мм

Тест 3. Перевірка роботи Сервоприводу.

Перевіримо роботу сервоприводу принцип його роботи полягає в тому, що сервопривід приймає сигнал, надісланий мікроконтролером або приймачем, і виробляє опорний сигнал з періодом 20 мс і шириною 1,5 мс, потім порівнює отриману напругу зміщення постійного струму з напругою потенціометра та отримує на виході різницю напруг.

Коли швидкість двигуна постійна, потенціометр приводиться в обертання через каскадний редуктор, що веде до того, що різниця напруг дорівнює 0, і двигун припиняє обертатися. Як правило, діапазон кутів повороту сервоприводу становить 0° - 180° і контролюється шляхом регулювання ШІМ Підключення здійснюється наступним чином:

Коричнева лінія сервоприводу з'єднується з Gnd(G), червона лінія під'єднана до 5v(V), помаранчева – до цифрового виходу 9.

Сервопривід підключається до зовнішнього джерела живлення через високу потребу в струмі керування. Струму з плати розробки недостатньо, що може призвести до того що плата розробки може згоріти.

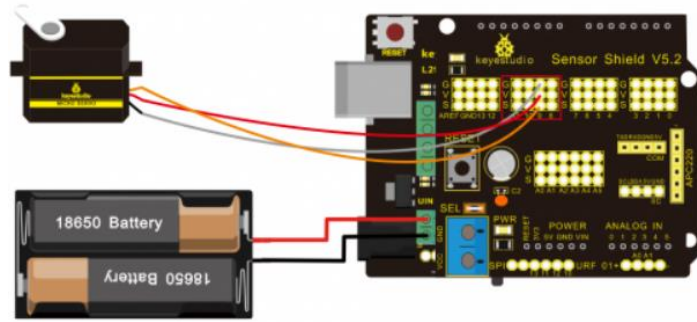


Рисунок 3.15. Схема підключення сервоприводу

Специфікація

- 1) Робоча напруга: DC 4.8V ~ 6V
- 2) Діапазон робочих кутів: близько 180 ° (при 500 → 2500 мкс)
- 3) Діапазон ширини імпульсу: 500 → 2500 мкс
- 4) Швидкість холостого ходу: $0,12 \pm 0,01$ с / 60 (DC 4,8 В) $0,1 \pm 0,01$ с / 60 (DC 6 В)
- 5) Струм холостого ходу: 200 ± 20 мА (постійний струм 4,8 В) 220 ± 20 мА (постійний струм 6 В)
- 6) Зупинний момент: $1,3 \pm 0,01$ кг · см (постійний струм 4,8 В) $1,5 \pm 0,1$ кг · см (постійний струм 6 В)
- 7) Струм зупинки: ≤ 850 мА (постійний струм 4,8 В) ≤ 1000 мА (постійний струм 6 В)
- 8) Струм у режимі очікування: 3 ± 1 мА (4,8 В постійного струму) 4 ± 1 мА (6 В постійного струму)

Результат тесту:

Після успішно завантаженого коду і ввімкнення живлення, сервопривід обертається в діапазоні від 0° до 180°.

Тест 3. Перевірка роботи ультразвукового датчика.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 використовує ехолот для визначення відстані до об'єкта, як це роблять кажани. Він забезпечує чудове безконтактне визначення діапазону з високою точністю та стабільними показниками. Він поставляється в комплекті з модулями ультразвукового передавача і

приймача.

HC-SR04 або ультразвуковий датчик використовується в широкому діапазоні електронних проектів для створення програм виявлення перешкод і вимірювання відстані, а також для різноманітних інших проектів. Протестуємо метод вимірювання відстані за допомогою Arduino та ультразвукового датчика.

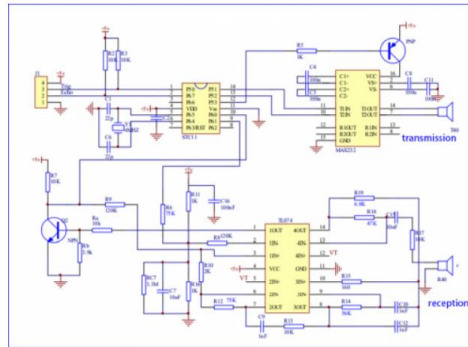


Рисунок 3.16. Структурна схема підключення сервоприводу;

Перевіримо керування світлодіодом за допомогою вимірної відстані, для цього світлодіодний модуль підключається до контакту D10.

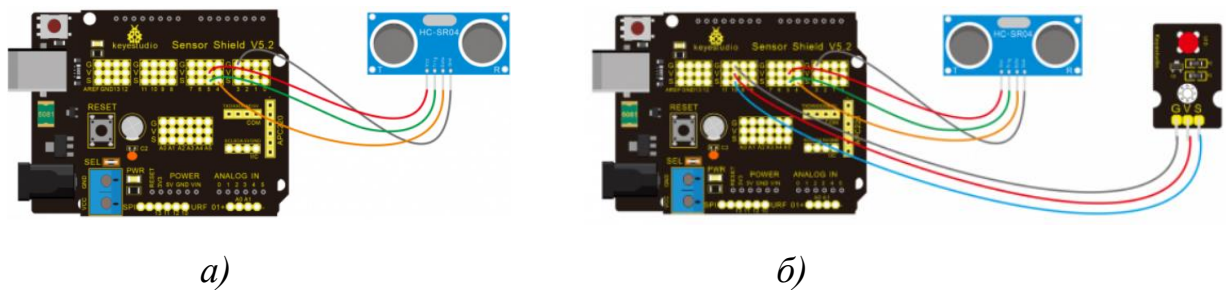


Рисунок 3.17. а) Схема підключення сервоприводу; б) Схема підключення сервоприводу з світлодіодом

Специфікація

- 1) Джерело живлення: +5 В постійного струму
- 2) Струм спокою: <2 мА
- 3) Робочий струм: 15 мА
- 4) Ефективний кут: <15°
- 5) Дальність дії: 2 см – 400 см
- 6) Роздільна здатність: 0,3 см

7) Кут вимірювання: 30 градусів

8) Тригер вхідного імпульсу: 10 мкс

Тест 4. Перевірка роботи гусеничного робота з використанням різних датчиків руху.

Розпочнемо з перевірки руху робота, який слідує за світлом.

Використовуємо 2 модулі фоторезисторів, для визначення інтенсивності світла з обох боків робота.

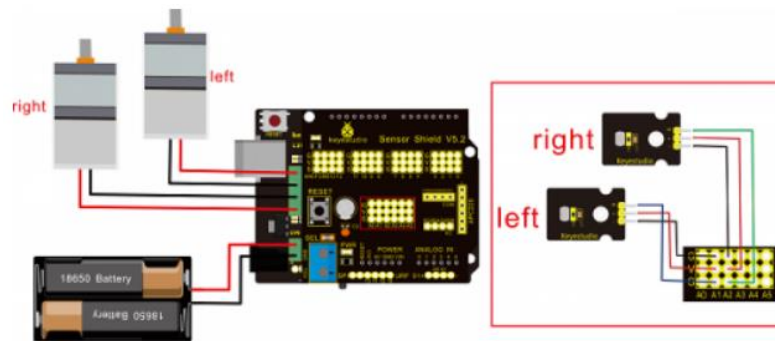


Рисунок 3.18. Схема підключення сервоприводів та світлодіодів

Результат тесту

Після завантаження коду на плату розробки, DIP-перемикач обирається вправо та вмикається, розумний робот слідує за світлом, щоб рухатися.

Червона лінія правого заднього двигуна підключається до клеми 1, чорна лінія пов'язана з кінцем 2. Червона лінія лівого переднього двигуна приєднана до клеми 3, чорна лінія пов'язана з портом 4.

Перевірка руху робота, на основі УЗ датчика.

Ультразвуковий датчик визначає відстань до перешкоди, щоб посылати сигнали, які керують роботом.

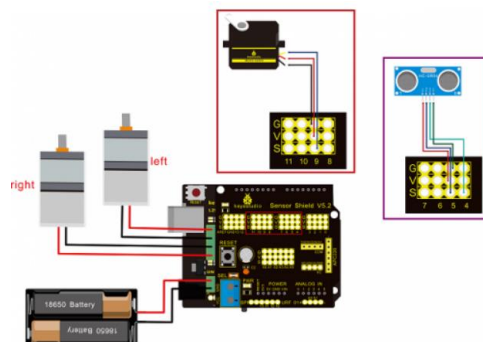


Рисунок 3.19. Схема підключення сервоприводів та УЗ датчика.

Контакти «-», «+» і «S» сервоприводу приєднані відповідно до G (GND), V (VCC) і D9 плати розширення. VCC, Trig, Echo та Gnd ультразвукового датчика з'єднані з 5v(V), 5(S), Echo та Gnd(G) плати розширення.

Після успішного завантаження коду, DIP-перемикач розиртається в правий кінець і живлення вмикається, робот їде вперед. Він автоматично уникає перешкоди, або ж при зміні коду робот може рузатись разом з перешкодою.

Тест 4. Перевірка роботи гусеничного робота як багатоцільового механізму.

Об'єднуємо всі функції для керування роботом, для цього використовуємо всі датчики, які відповідають за рух та орієнтування робота. Для цього – GND, VCC, SDA і SCL плати 8x16 підключаємо до G (GND), + (VCC), A4 і A5 плати розширення. VCC, Trig, Echo та Gnd ультразвукового датчика підключені до 5V(V), 12(S), 13(S) та Gnd(G). Коричневий дріт, червоний дріт і оранжевий дріт сервоприводу підєднані до Gnd(G), 5v(V) і D10. RXD, TXD, GND і VCC модуля BT зєднуються з TX, RX, G (GND) і 5 В (VCC). STATE і BRK не потребують інтерфейсу. Контакти «G», «V» і S лівого модуля фоторезистора підключені до G (GND), V (VCC), A1 відповідно; Правий модуль фоторезистора підключений до G (GND), V (VCC) і A2 відповідно. Дистальним портом датчика відстеження лінії є 11, 7 і 8.

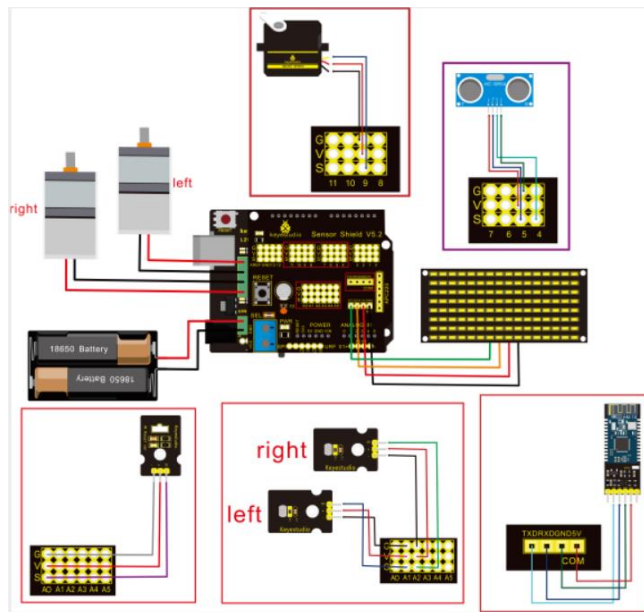


Рисунок 3.20. Схема підключення компонент робота.

Результат тесту

Після успішного завантаження коду підключається модуль Bluetooth, потім вмикається живлення, після успішного підключення мобільного додатка до Bluetooth можна використовувати мобільний додаток для керування роботом, також можливе керування за допомогою пульта. Робот може показувати чітку функцію за допомогою програм.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи було виконано реалізацію апаратної частини апаратно-програмного комплексу мобільного гусеничного робота.

Провівши аналітичний огляд джерел інформації встановлено, що гусеничні керовані роботи є важливою складовою в галузі сучасної робототехніки та автоматизації, вони мають свої унікальні характеристики та функціональні можливості, та знаходять широке застосування у різних сферах життя де мають широкий спектр застосувань у різних галузях, від промисловості до досліджень космосу.

Огляд існуючих моделей АМР у цій області показав поточний стан технологій, дав можливість визначити основні проблеми їх конструювання, тенденції розвитку щодо їхніх переваг та недоліків а також можливостей подальшого вдосконалення.

В системі автоматизованого проектування Fritzing створено та промодельовано основні елементи, які входять до складу АМР.

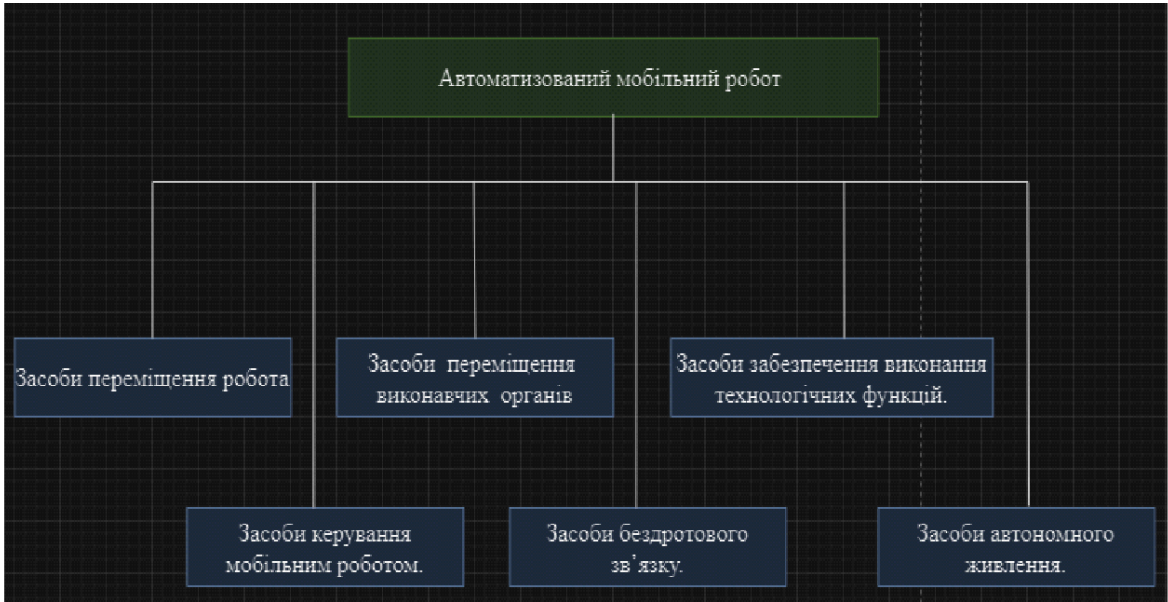
Зібрано, підключено механічні компоненти та датчики.

Перевірено роботу системи Розроблений робот може використовуватись у подальших дослідженнях створення АМР а також на заняттях по робототехніці та мехатроніці.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михайлов Є. Мобільні роботи: Навчальний посібник. –Одеса: ОНПУ, 2016. – 239 с.
2. Murphy, R. R. (2004). Disaster Robotics. MIT Press.
3. Yaghoubi, S., & Moghaddam, M. (2012). Design and Implementation of a Track-Based Robot for Rescue Missions. International Journal of Robotics and Automation, 27(1), 29-38.
4. Gage, D. W. UGV history 101: A brief history of unmanned ground vehicle (UGV) development efforts. Unmanned Systems Magazine, 4(1), 9-16. (1995).
5. Bekker, M. G. (1969). Introduction to Terrain-Vehicle Systems. University of Michigan Press.
6. Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). Probabilistic Robotics. MIT Press.
7. Siegwart, R., & Nourbakhsh, I. R. (2004). Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press.
8. Wong, J. Y. (2008). Theory of Ground Vehicles. John Wiley & Sons.
9. Harrigan, R. (1994). Power and Drive Systems for Mobile Robots. Springer.
10. Zhang, Q., & Wong, J. Y. (1995). A comparison of the tractive performance of tracked and wheeled vehicles. Journal of Terramechanics, 32(3), 157-170.
11. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). Springer Handbook of Robotics. Springer.
12. Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). Probabilistic Robotics. MIT Press.

Структура автоматизованого мобільного робота

[illegible]

--



--

Додаток В

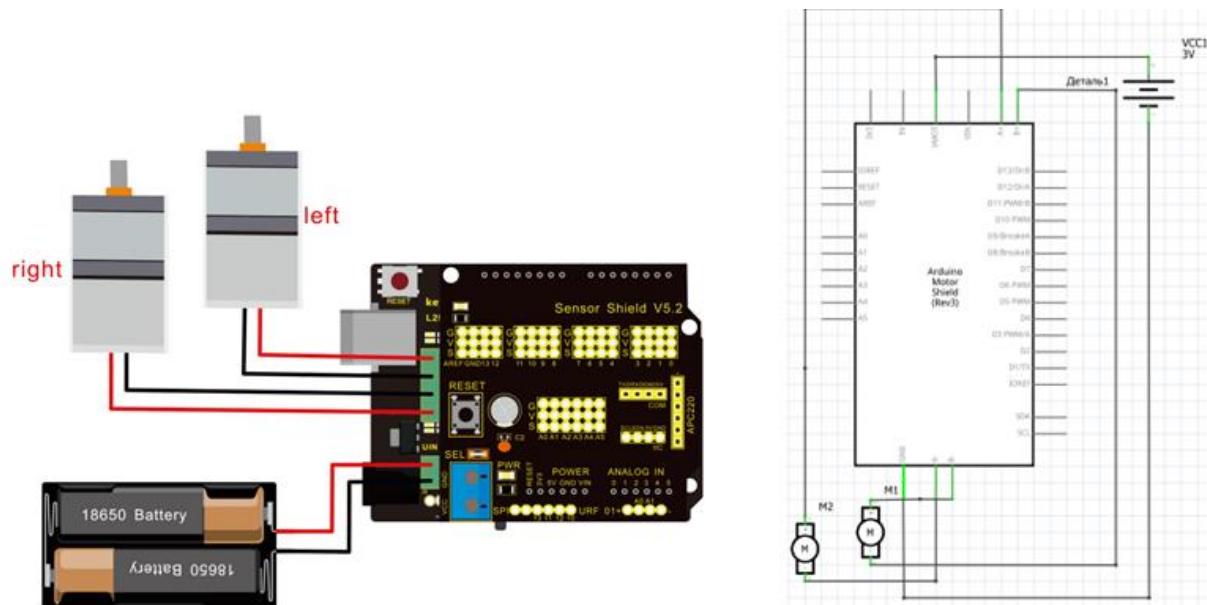
Структура узагальненої автоматизованої системи з комп'ютерним керуванням руху.

The diagram illustrates the structure of a generalized automated system with computer motion control. It features a central vertical flow of control and power, with feedback loops and external interactions.

- Operator (Оператор)** and **Network (Мережа)** are at the top, connected by a bidirectional arrow. A downward arrow labeled **Ціль** (Goal) points from the Network to the Control Device.
- Control Device (Пристрій Керування)** is a blue box that receives the goal and sends a signal to the **Power Converter (Силовий перетворювач)**.
- The **Power Converter** and **Actuator (Виконавчий пристрій)** are enclosed in a dashed box labeled **Block of drives (Блок приводів)**. The Power Converter sends power to the Actuator.
- The **Actuator** drives the **Mechanical Device (Механічний пристрій)**, which contains the **Working Organ (Робочий орган)**.
- The **Working Organ** performs **Functional Movement (Функціональний рух)** within the **External Environment (Зовнішнє середовище)**.
- Sensors (Сенсори)** are connected to the Control Device, the Mechanical Device, and the External Environment, providing feedback data.
- External Factors (Зовнішні фактори)** influence the Working Organ from the External Environment.

[illegible]

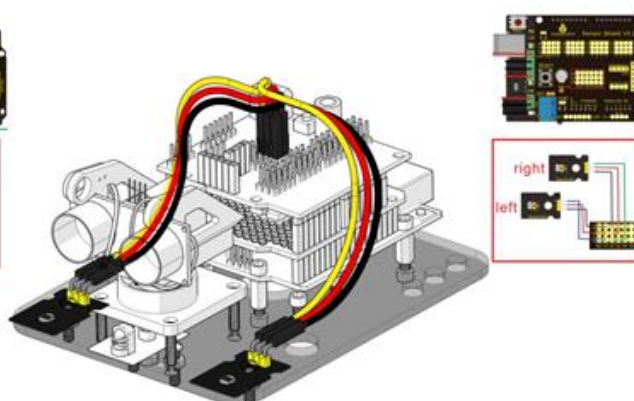
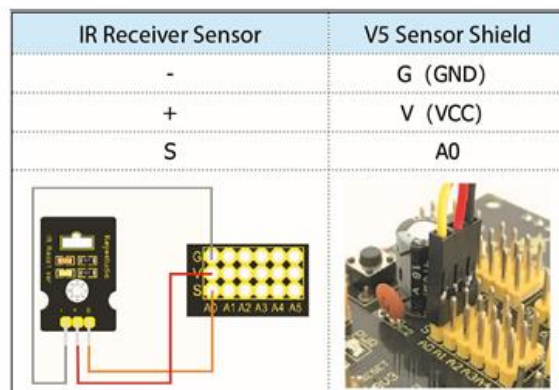
Схема підключення компонент до плати розширення Sensor Shield V 5.0



Motor	L298P Shield
Right	Red wire→1 Black wire→2
Left	Black wire→3 Red wire→4

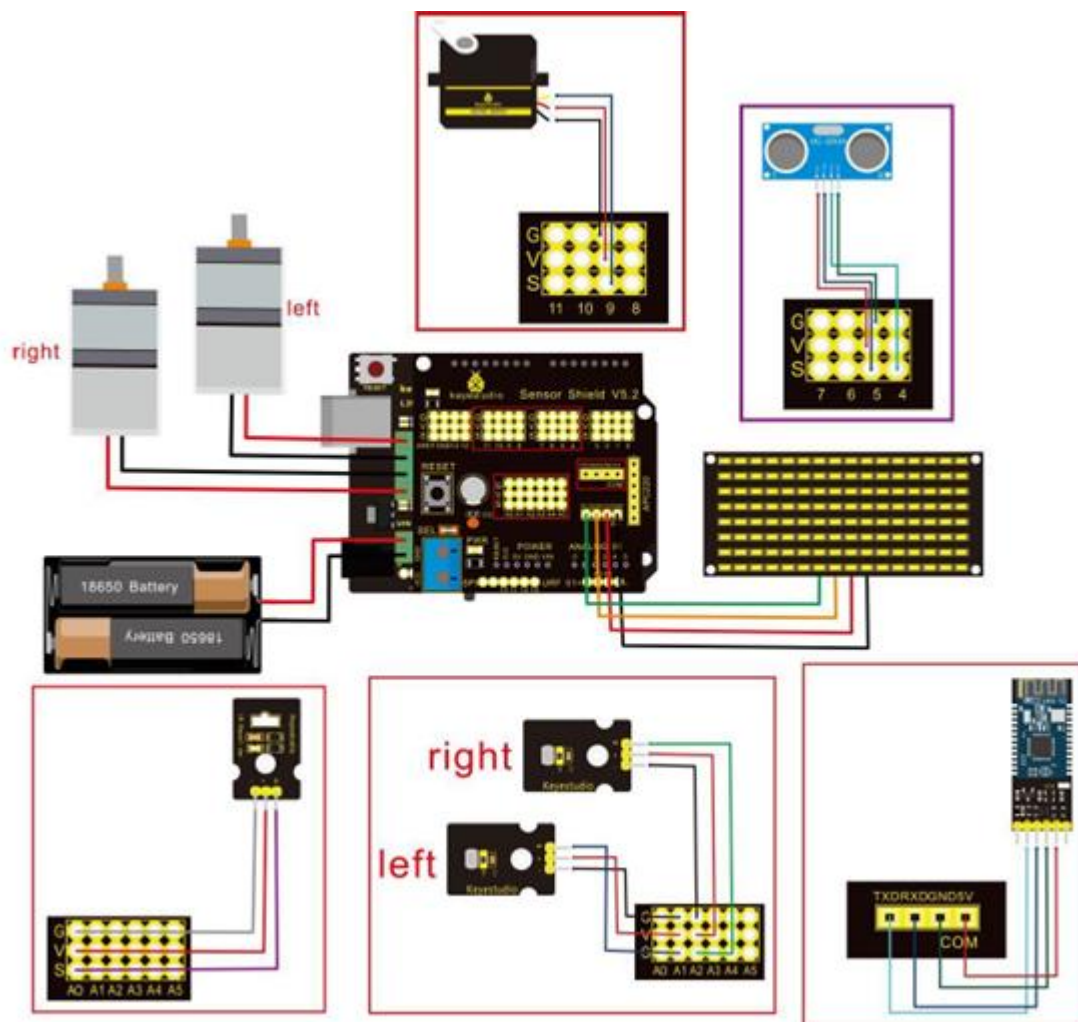
[illegible]

Додаток Д



The diagram on the left shows the wiring for the sensor module. It features two black sensor modules, one labeled 'right' and one labeled 'left'. Each module has four pins. The 'right' module's pins are connected to a 4-pin header labeled A0, A1, A2, and A3. The 'left' module's pins are connected to a 4-pin header labeled A4 and A5. The photograph on the right shows the physical implementation of this wiring, with the sensor modules plugged into the headers and the headers connected to the main board.

[illegible]

[illegible]