

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
Навчально-науковий інститут денної освіти
Форма навчання денна
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Олена ОЛЬХОВСЬКА
(підпис)

«___» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему
РОЗРОБКА РАДІОКЕРОВАНОЇ МАШИНКИ НА ARDUINO ДЛЯ ПЕРЕГОНІВ

зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки
освітня програма «Комп'ютерні науки»
ступеня бакалавра

Виконавець роботи Паращенко Михайло Васильович
_____ «___» _____ 2025 р.
(підпис)

Науковий керівник к. пед.н., доцент, Кошова Оксана Петрівна
_____ «___» _____ 2025 р.
(підпис)

Рецензент

ПОЛТАВА 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____ Олена ОЛЬХОВСЬКА
(підпис)
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ І КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему «Розробка радіокерованої машинки на Arduino для перегонів»

зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки

освітня програма «Комп'ютерні науки»

ступеня бакалавр

Прізвище, ім'я, по батькові Паращенко Михайло Васильович

Затверджена наказом ректора № 177-Н від «10» вересня 2024 р.

Термін подання студентом роботи « ____ » _____ 2025 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: статті та документації з теми розробки приладів з можливістю віддаленого керування на базі платформи Arduino.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Актуальність теми та мета дослідження

1.2. Основні задачі, що вирішуються у роботі

1.3. Визначення функціональних і нефункціональних вимог до радіокерованої машинки

1.4. Обґрунтування вибору платформи Arduino та відповідних компонентів

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ

2.1. Стан розвитку аматорської робототехніки та DIY-проектів

2.2. Аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок на базі Arduino

2.3. Аналіз типу бездротового керування: інфрачервоне управління, Bluetooth, Wi-Fi

2.4. Аналіз мобільних додатків для керування через Bluetooth

2.5. Компонентна база: порівняння сервоприводів, моторів, датчиків та контролерів

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір мікроконтролера та обґрунтування вибору Arduino UNO

3.2. Особливості використання модулів Bluetooth (HC-05) для керування SMART -пристроями

3.3. Побудова електричної схеми машинки та аналіз її роботи

3.4. Розробка програмного забезпечення для Arduino: керування моторами, обробка команд

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Складання корпусу машинки з використанням засобів 3D-друку

4.2. Підключення та налаштування електронних компонентів

4.3. Створення мобільного застосунку для керування машинкою на базі платформи Arduino

4.4. Проведення перегонів та аналіз роботи машинки в умовах змагань
ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК В

Перелік графічного матеріалу: 14 ілюстрацій.

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Постановка задачі	Кошова О.П.		
Інформаційний огляд	Кошова О.П.		
Теоретична частина	Кошова О.П.		
Практична частина	Кошова О.П.		

Календарний графік виконання кваліфікаційної роботи

Зміст роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
Вступ		
Вивчення методичних рекомендацій та стандартів та звіт керівнику		
Постановка задачі		
Інформаційний огляд джерел бібліотек та інтернету		
Теоретична частина		
Практична частина		
Закінчення оформлення		
Доповідь студента на кафедрі		
Доробка (за необхідністю), рецензування		

Дата видачі завдання «__» _____ 2024 р.

Здобувач вищої освіти _____ Паращенко Михайло Васильович
(підпис)

Науковий керівник _____ к. пед.н., доц. Кошова О.П.
(підпис) (науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота оцінена на _____
(балів, оцінка за національною шкалою, оцінка за ECTS)

Протокол засідання ЕК № _____ від «__» _____ 2025 р.

Секретар ЕК _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Затверджую
Зав. кафедрою _____
к.ф.-м.н. Олена ОЛЬХОВСЬКА
« ____ » _____ 2024 р.

Погоджено
Науковий керівник _____
к.пед.н., Оксана КОШОВА
« ____ » _____ 2024 р.

План

дипломного проекту з фаху
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
освітня програма 122 Комп'ютерні науки
на тему «Розробка радіокерованої машинки на arduino для перегонів»
Прізвище, ім'я, по батькові Паращенко Михайло Васильович

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

- 1.1. Актуальність теми та мета дослідження
- 1.2. Основні задачі, що вирішуються у роботі
- 1.3. Визначення функціональних і нефункціональних вимог до радіокерованої машинки
- 1.4. Обґрунтування вибору платформи Arduino та відповідних компонентів

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ

- 2.1. Стан розвитку аматорської робототехніки та DIY-проектів
- 2.2. Аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок на базі Arduino
- 2.3. Аналіз типу бездротового керування: інфрачервоне управління, Bluetooth, Wi-Fi
- 2.4. Аналіз мобільних додатків для керування через Bluetooth
- 2.5. Компонентна база: порівняння сервоприводів, моторів, датчиків та контролерів

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

- 3.1. Вибір мікроконтролера та обґрунтування вибору Arduino UNO
- 3.2. Особливості використання модулів Bluetooth (HC-05) для керування SMART -пристроями
- 3.3. Побудова електричної схеми машинки та аналіз її роботи
- 3.4. Розробка програмного забезпечення для Arduino: керування моторами, обробка команд

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

- 4.1. Складання корпусу машинки з використанням засобів 3D-друку
- 4.2. Підключення та налаштування електронних компонентів
- 4.3. Створення мобільного застосунку для керування машинкою на базі платформи Arduino

4.4. Проведення перегонів та аналіз роботи машинки в умовах змагань

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТОК А

Здобувач вищої освіти _____ М.В. Паращенко

(підпис)

«____» _____ 2024 р.

РЕФЕРАТ

Записка: 59 сторінок, 14 рисунків, 2 додатки, 21 літературне джерело.

Мета дипломної роботи полягає у створенні функціонального прототипу радіокерованої машинки на базі Arduino, призначеної для участі у робототехнічних змаганнях, а саме у перегонах.

Об'єкт розробки – апаратно-програмний комплекс, що включає радіокеровану машинку на базі мікроконтролера Arduino та програмне забезпечення для управління нею.

Методи дослідження – у процесі роботи використано методи системного проектування, електронного моделювання, а також програмування в середовищі Arduino IDE із застосуванням мови C++. Для забезпечення бездротового управління обрано Bluetooth-модуль HC-05, що дає змогу з'єднати машинку з мобільним додатком. Управління рухом реалізовано через драйвер двигунів L298N, який забезпечує керування двома моторами в режимі заднього ходу та повороту.

Особливістю проєкту є поєднання апаратної частини машинки (електроніка, живлення, механіка) з програмною логікою управління, яка забезпечує точність реакції, стабільність з'єднання та можливість швидкої адаптації під різні умови змагань. В рамках роботи розроблено електричну схему підключення компонентів, а також програмне забезпечення для Arduino з підтримкою обробки команд Bluetooth.

У межах дослідження було виконано: аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок, створених на базі різних робототехнічних мікроконтролерів, сформульовано функціональні та нефункціональні вимоги до системи, обґрунтовано вибір компонентів (Arduino Uno, акумулятор Li-Ion, модуль HC-05). Створено корпус машинки із застосуванням 3D-друку, налагоджено систему живлення та перевірено час автономної роботи.

Розроблено повну архітектуру системи, включно з програмним модулем обробки команд, маневреності та зворотного зв'язку. У процесі випробувань машинка пройшла серію тестів на швидкість, маневреність і стабільність з'єднання у змагальному середовищі.

Таким чином, створено повнофункціональну модель радіокерованого автомобіля, яка демонструє ефективну взаємодію апаратних та програмних компонентів, і може слугувати основою для подальших досліджень у галузі освітньої робототехніки, змагань та STEM-розробок.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	11
1.1. Актуальність та мета дослідження.....	11
1.2. Основні задачі, що вирішуються в роботі.....	12
1.3. Визначення функціональних і нефункціональних вимог до радіокерованої машинки.....	14
1.4. Обґрунтування вибору платформи Arduino та відповідних компонентів.....	16
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ	18
2.1. Стан розвитку аматорської робототехніки та DIY-проектів.....	18
2.2. Аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок на базі Arduino	19
2.3. Аналіз типу бездротового керування: інфрачервоне управління, Bluetooth, Wi-Fi	24
2.4. Аналіз мобільних додатків для керування через Bluetooth	26
2.5. Компонентна база: порівняння двигунів, модулів Bluetooth та контролерів	28
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	33
3.1. Особливості використання Arduino UNO для створення моделі радіокерованої машинки	33
3.2. Особливості використання модулів Bluetooth (HC-05) для керування Smart пристроями.....	34
3.3. Побудова електричної схеми машинки та аналіз її роботи.....	36
3.4. Розробка програмної логіки для Arduino: керування моторами, обробка команд	39
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	43
4.1. Складання корпусу машинки з використанням засобів 3D-друку	43
4.2. Підключення та налаштування електронних компонентів	45
4.3. Створення мобільного застосунку для керування машинкою на базі платформи Arduino	47
4.4. Проведення перегонів та аналіз роботи машинки в умовах змагань	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТОК А.....	57
ДОДАТОК В.....	59

ВСТУП

У сучасному світі стрімкого розвитку електроніки, автоматизації та освітніх технологій зростає інтерес до створення інтерактивних пристроїв, які поєднують апаратну та програмну складові. Однією з популярних платформ для реалізації подібних проєктів є Arduino — відкрита апаратно-програмна платформа, яка забезпечує доступність, простоту у використанні та широкі можливості для побудови керованих електронних систем. Особливої актуальності набувають проєкти, орієнтовані на створення робототехнічних моделей, зокрема радіокерованих машинок для участі у змаганнях.

Такі машинки виступають не лише як цікаві інженерні іграшки, а й як ефективні інструменти для навчання основ електроніки, програмування та проєктного мислення. Реалізація керування транспортним засобом за допомогою Arduino та модулів бездротового зв'язку створює можливість гнучкої побудови інтерактивного середовища, де користувач може контролювати поведінку пристрою в реальному часі. При цьому важливими викликами залишаються забезпечення стабільності з'єднання, оптимізація живлення, точність реакції на команди та конструктивна надійність.

Метою дипломної роботи є створення функціонального прототипу радіокерованої машинки на базі Arduino, призначеної для участі у робототехнічних змаганнях, а саме у перегонах.

Об'єктом дослідження є апаратно-програмний комплекс, що включає радіокеровану машинку на базі мікроконтролера Arduino та програмне забезпечення для управління нею.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку завдань:

- провести аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок і підходів до їх побудови;
- сформулювати функціональні та нефункціональні вимоги до системи;

- обґрунтувати вибір основних електронних компонентів: контролера, моторів, драйверів, модуля зв'язку, елементів живлення;
- розробити електричну схему підключення основних модулів;
- створити програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino, що забезпечує прийом і обробку керуючих сигналів;
- реалізувати доступний та простий метод керування для передачі команд машинці;
- провести тестування системи на стабільність, точність керування та поведінку під час руху;
- оцінити перспективи модернізації системи з урахуванням використання приладу у змаганнях, типу: Перегони.

Методи дослідження включають моделювання електронних схем, використання мови програмування C++ у середовищі Arduino IDE, застосування Bluetooth-модуля HC-05 для бездротового зв'язку, а також техніки збирання та відлагодження прототипу. Для конструювання корпусу машинки використано елементи 3D-друку.

У результаті розробки передбачається створення функціонального та змагально-орієнтованого пристрою, здатного стабільно виконувати команди користувача в умовах трасового руху. Такий проєкт може бути використаний як освітня платформа для практичного навчання мікроконтролерному програмуванню та основам робототехніки.

Пояснювальна записка включає чотири основні розділи: постановку задачі, огляд сучасного стану проблеми, теоретичне обґрунтування проєкту та практичну реалізацію прототипу. Така структура дозволяє послідовно викласти процес розробки машинки, акцентуючи увагу на технічних особливостях, компонуванні, програмній реалізації та результатах експлуатаційних випробувань.

РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Актуальність та мета дослідження

У сучасних умовах активного розвитку STEM-освіти, освітньої робототехніки та доступних апаратно-програмних платформ, все більшої популярності набувають прикладні технічні проєкти, що поєднують електроніку, програмування та мехатроніку. Особливе місце серед них посідає створення автономних і радіокерованих пристроїв, які не лише розвивають практичні навички, а й демонструють принципи взаємодії між апаратними компонентами й алгоритмами керування в реальному часі. Одним із найбільш доступних інструментів для реалізації таких проєктів є платформа Arduino, що дозволяє швидко розробляти і тестувати прототипи роботизованих систем [1-3].

Актуальність обраної теми зумовлена зростанням попиту на інженерно-технічні навички серед студентів та молоді, а також популярністю змагань з перегонів радіокерованих машинок як освітнього формату. Створення подібного проєкту дозволяє вивчити низку важливих тем: моделювання та збирання електронних схем, роботу драйверів двигунів, бездротову передачу даних через Bluetooth, створення простих програм для керування, а також оптимізацію конструкції транспортного засобу для динамічного руху. Окрім того, більшість наявних навчальних моделей не забезпечують достатньої стабільності, універсальності або швидкодії в умовах змагань, що створює потребу в нових, більш ефективних рішеннях.

З огляду на це, метою даного дослідження є розробка прототипу радіокерованої машинки на базі Arduino, орієнтованої на участь у швидкісних перегонах та демонстрацію можливостей інтеграції апаратних і програмних засобів, а саме:

- розробка апаратної платформи на основі Arduino Uno, драйвера L298N, двигунів постійного струму та Bluetooth-модуля HC-05;
- створення програмного забезпечення для Arduino для обробки та виконання керуючих команд;
- забезпечення стабільної роботи машинки в умовах тривалого руху, поворотів і зміни швидкості;
- побудова функціональної конструкції з використанням 3D-друку з можливістю модернізації.

Таким чином, дослідження спрямоване на вирішення практичної інженерної задачі — створення повнофункціонального освітнього пристрою, який демонструє принципи електронного керування, передачі даних та конструкційної оптимізації, що може бути використаний як у навчальних цілях, так і в межах аматорських або шкільних змагань з робототехніки.

1.2. Основні задачі, що вирішуються в роботі

У межах даного дослідження вирішуються задачі, спрямовані на створення функціональної, надійної та керованої радіокерованої машинки на базі платформи Arduino, призначеної для участі в швидкісних змаганнях. Формулювання задач ґрунтується на вимогах до мобільних робототехнічних систем, принципах інженерії вбудованих систем, а також технічних можливостях контролерів Arduino та модулів бездротового зв'язку [2,3].

До основних задач, реалізація яких забезпечує досягнення мети дослідження, належать:

- аналіз сучасних підходів до побудови радіокерованих машинок та огляд технічних рішень, що використовуються в освітніх і змагальних проєктах, визначення їхніх переваг та недоліків;

- визначення технічних та функціональних вимог до прототипу машинки, включаючи параметри маневреності, радіусу повороту, швидкості, часу реакції на команду та дальності зв'язку;
- обґрунтування вибору апаратної платформи, зокрема моделі мікроконтролера Arduino Uno, двигунів, драйверів, модуля зв'язку HC-05, акумуляторного живлення;
- розробка структурної та електричної схем системи, яка забезпечує керування рухом машинки на основі вхідних команд, з урахуванням захисту компонентів та стабільності живлення;
- створення прошивки для Arduino, яка реалізує базову логіку керування: обробку сигналів Bluetooth, генерацію ШІМ-сигналів для регулювання швидкості обертання двигунів, керування напрямком руху;
- організація стабільного каналу бездротового зв'язку між пристроєм керування і машинкою, включно з передачею команд руху вперед, назад, поворотів, зупинок;
- створення надійної механічної конструкції машинки, оптимізованої для динамічного руху (використання деталей надрукованих на 3D-принтері);
- випробування та налаштування прототипу в умовах перегонів, включаючи оцінку точності виконання команд, стабільності зв'язку, запасу ходу, гальмування;
- аналіз можливостей подальшої модернізації пристрою, зокрема додавання автономного режиму, сенсорів для навігації трасою, або реалізації системи зворотного зв'язку.

У сукупності реалізація зазначених задач дозволяє створити ефективний освітній проєкт, який демонструє основи роботи вбудованих систем, бездротового керування та практичної інженерії, а також може бути використаний у навчанні, змаганнях або як основа для подальших розробок.

1.3. Визначення функціональних і нефункціональних вимог до радіокерованої машинки

Визначення вимог до радіокерованої машинки є одним із ключових етапів розробки апаратно-програмного комплексу. Якісне формулювання вимог дозволяє забезпечити відповідність між очікуваннями користувача, особливостями платформи Arduino та технічними характеристиками системи. У межах цього проекту вимоги поділяються на функціональні — що визначають основні дії машинки та її складових — і нефункціональні, які описують вимоги до якості, надійності та продуктивності розробленого пристрою.

Функціональні вимоги до системи спрямовані на забезпечення можливості дистанційного керування машинкою, стабільного руху, оперативної реакції на команди користувача та участі в динамічних перегонках. Основою керування є плата Arduino, яка приймає сигнали з пристрою керування через модуль Bluetooth (HC-05) і перетворює їх у сигнали для керування двигунами через драйвер L298N. Користувач за допомогою клавіш на клавіатурі має змогу керувати напрямком і швидкістю руху машинки, здійснювати повороти, зупинки та зміни напрямку.

Крім того, машинка має реагувати на різкі зміни напрямку та не втрачати зв'язок із контролером на відстані до 10–15 метрів. Для цього реалізовано стабільну обробку команд Bluetooth з урахуванням затримок та можливих збоїв. До конструкції машинки також можуть входити елементи для підвищення стабільності, як-от гумові колеса з гарним зчепленням, жорстке шасі, а за потреби — сенсори для фіксації меж траси.

З програмної сторони система включає прошивку Arduino, написану мовою C++, яка містить реалізацію обробки сигналів від HC-05, генерацію

ШІМ-сигналів для управління швидкістю обертання коліс та логіку перемикання напрямків.

Нефункціональні вимоги до проєкту зосереджені на забезпеченні стабільності, надійності та адаптивності пристрою. Зокрема, важливою є модульність конструкції — усі електронні компоненти мають бути з'єднані таким чином, щоб легко замінювати або оновлювати частини без порушення загальної структури. Код прошивки повинен бути чистим, структурованим та адаптованим до розширення — наприклад, додавання сенсорів або автономного режиму.

Продуктивність досягається завдяки ефективній обробці сигналів без помітних затримок. Надійність забезпечується шляхом стабільного з'єднання між пристроєм керування (ноутбуком) і машинкою, а також застосуванням перевірених електронних компонентів. Безпечність експлуатації включає захист від короткого замикання, перегріву драйвера двигунів та стабілізацію живлення акумуляторами.

Зручність експлуатації машинки передбачає легкість підключення до пристрою керування та простоту в керуванні.

Підсумовуючи викладене, до основних вимог до проєкту належать:

- прийом команд від пристрою керування через Bluetooth-з'єднання;
- обробка команд у реальному часі та передача сигналів на двигуни;
- підтримка базових дій: рух вперед, назад, поворот праворуч, ліворуч, зупинка;
- можливість регулювання швидкості через ШІМ-сигнали;
- реалізація керування через використання клавіш клавіатури;
- збереження стабільного зв'язку на відстані не менше 10 метрів;
- реалізація прошивки для Arduino з відкритою структурою.

Нефункціональні вимоги:

- модульність конструкції та легка замінність компонентів;
- адаптивність прошивки для подальшого розширення;

- швидкодія: мінімальні затримки при передачі команд;
- стабільність зв'язку Bluetooth та обробки команд;
- захист електронних компонентів та акумулятора;
- надійність руху при різкій зміні напрямку.

Таким чином, формалізовані вимоги забезпечують комплексне бачення очікуваного функціоналу системи та створюють основу для її подальшого проектування та реалізації.

1.4. Обґрунтування вибору платформи Arduino та відповідних компонентів

Вибір апаратної платформи є критично важливим етапом при створенні вбудованих систем, особливо якщо йдеться про проекти з обмеженими ресурсами, високими вимогами до енергоефективності, стабільності та простоти реалізації. У межах даної дипломної роботи в якості основної платформи обрано Arduino UNO, що обумовлено сукупністю технічних, економічних та дидактичних переваг.

По-перше, Arduino UNO — це перевірена мікроконтролерна плата на базі ATmega328P, яка забезпечує достатній обсяг оперативної пам'яті, просту організацію введення/виведення сигналів (через цифрові та аналогові піни) і підтримку широкого спектра додаткових компонентів. Її обчислювальних можливостей цілком достатньо для керування двигунами, обробки команд від Bluetooth-модуля та реалізації логіки руху машинки.

По-друге, платформа Arduino підтримує відкриту екосистему апаратних та програмних компонентів, що дозволяє швидко створювати прототипи, а також масштабувати проєкт у разі потреби. Розробка прошивки здійснюється в

середовищі Arduino IDE мовою C++, яка має велику кількість бібліотек для роботи з двигунами, Bluetooth-модулями, драйверами потужності тощо [9].

По-третє, для реалізації дистанційного керування обрано модуль Bluetooth HC-05, який є сумісним з Arduino, має стабільне з'єднання на відстані до 10 метрів і підтримується практично всіма пристроями, які можна використовувати для керування. Завдяки цьому забезпечується просте та зручне бездротове керування машинкою з будь-якого ноутбуку, смартфона або планшета.

По-четверте, для керування колісною базою машинки використано драйвер двигунів L298N, який дозволяє керувати двома двигунами постійного струму з можливістю зміни напрямку обертання та регулювання швидкості за допомогою ШІМ-сигналів. Драйвер є надійним, простим у використанні й дозволяє керувати машинкою в реальному часі без затримок.

По-п'яте, в якості приводу використано двигуни з редуктором, які забезпечують достатній крутний момент і стабільний рух по трасі. Для підвищення зчеплення використовуються гумові колеса.

Крім того, перевагою Arduino є велика спільнота користувачів, доступна документація та численні приклади коду, що значно полегшує процес розробки, налагодження та тестування пристрою. Це особливо важливо при реалізації навчальних або аматорських проєктів, де важливо мінімізувати технічні бар'єри.

Таким чином, вибір платформи Arduino UNO у поєднанні з модулем HC-05, драйвером L298N та двигунами постійного струму є повністю обґрунтованим з огляду на простоту реалізації, надійність, доступність компонентів, а також відповідність технічним вимогам до радіокерованої машинки для перегонів.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ

2.1. Стан розвитку аматорської робототехніки та DIY-проектів

Аматорська робототехніка та DIY-проекти сьогодні активно розвиваються завдяки доступності мікроконтролерів, відкритості апаратних платформ і наявності великої спільноти ентузіастів. Зокрема, Arduino став однією з найпопулярніших платформ завдяки низьким бар'єрам для входу, багатому вибору модулів та можливості швидкої прототипізації.

На форумі Arduino описані численні приклади саморобних автомобілів, оснащених Bluetooth-модулями і сенсорами для дистанційного керування або автономного руху. Наприклад, користувачі рекомендують додати до проекту Arduino-машинки, бампер із кнопкою для детекції контакту з перешкодами — це типове рішення для автономного проходження траси у перегонах.

На ресурсі Instructables часто публікують покрокові інструкції зі складання «розумних» робот-машинок — самонавчальних або самонавідних — на базі Arduino UNO, із підключенням ультразвукових датчиків та драйверів моторів. Вони демонструють, що аматорські проекти можуть бути досить складними, поєднуючи мехатроніку та електроніку до реальних робочих пристроїв.

Більш масштабні приклади — такі як Donkey Car — показують змагання автономних RC-машинок, де використовуються нейронні мережі для навчання автомобіля трасі (wired.com). Подібні ініціативи демонструють, що DIY-спільнота рухається в напрямку застосування передових підходів, інтеграції AI та відкритого коду.

Також у науковому середовищі з'являються освітні і дослідницькі платформи, як MuSHR — недорогий open-source гоночний автомобіль для університетів, що доступний для самостійного складання та програмування

(arxiv.org). Це свідчить про високий рівень технологічного розвитку DIY-робототехніки, доступної для навчальних та дослідницьких проєктів.

Таким чином, в аматорських і освітніх колах Arduino-машинки вже довели свою життєздатність: вони збалансовані за доступністю, масштабованістю та радикальною відкритістю. Це створює сприятливу основу для впровадження саме RC-машинки для перегонів, яка може поєднувати бездротове керування, модульність, адаптивність і потенціал для розвитку — від сенсорної підтримки до інтеграції AI та автономії.

2.2. Аналіз існуючих моделей радіокерованих машинок на базі Arduino

Розвиток сфери аматорської електроніки та доступність мікроконтролерних платформ, таких як Arduino, безпосередньо зумовили стрімке зростання інтересу до створення саморобних радіокерованих моделей транспортних засобів. Такі проєкти поєднують у собі одразу кілька ключових напрямів STEM-освіти: програмування, електроніку, мехатроніку та інженерне моделювання.

Особливий попит на такі рішення сформувався серед школярів, студентів технічних спеціальностей і учасників тематичних конкурсів або хакатонів. Це обумовлено кількома факторами: по-перше, доступність комплектуючих і програмного забезпечення з відкритим кодом; по-друге, великий обсяг навчальних матеріалів у вільному доступі (YouTube, Hackster.io, Instructables тощо); по-третє, потенціал для розширення функціоналу — додавання датчиків, камер, модулів GPS або автономного керування.

У зв'язку з цим доцільним є здійснення аналізу найпоширеніших моделей радіокерованих машинок на базі Arduino, які реалізуються в рамках DIY-

проектів, з метою виявлення їхніх функціональних можливостей, технічних відмінностей та потенціалу для подальшого вдосконалення. Це дозволить визначити сильні й слабкі сторони існуючих рішень та сформулювати технічні вимоги до розробки власного пристрою в межах даної дипломної роботи.

Однією з найбільш популярних розробок серед аматорів робототехніки є Bluetooth RC Receiver на базі Arduino UNO [10].



Рисунок 2.1. Приклад створення машинки віддаленого керування з використанням Bluetooth RC Receiver та RoboRemo

Проект дозволяє реалізувати управління до чотирьох каналів за допомогою модуля BlueSMiRF або HC-05 і додатку RoboRemo. Завдяки простій схемі з'єднання та відкритому кодові, проект є хорошим варіантом для початківців. Він підтримує роботу з сервоприводами, дозволяє гнучко налаштовувати функції кнопок або повзунків у додатку. Проте недоліком є відсутність вбудованої підтримки індикації стану енергії або автономного режиму, а також залежність від наявності смартфона з встановленим додатком RoboRemo.

Ще одним поширеним рішенням є 4-Wheeled Bluetooth RC Car, представлений на Arduino Project Hub. Конструкція включає Arduino UNO, Bluetooth-модуль HC-05 та драйвер двигунів L298N. Управління здійснюється через прості команди вперед, назад, поворот ліворуч, праворуч, стоп. Проект має мінімалістичний функціонал, однак його просто доповнити індикаторами

або іншим обладнанням. Його ключовою перевагою є доступність і зручність для модифікації, проте відсутність додаткових сенсорів або інтелектуальних функцій обмежує його практичне застосування [11].



Рисунок 2.2 машинка 4-Wheeled Bluetooth RC Car

Більш вдосконалений варіант — Phone Bluetooth RC Car, який відрізняється додаванням LED-індикації та енергетичного моніторингу. У конструкції використано Arduino UNO, драйвер L298N, акумулятор Li-Ion 1000 мА·год та модуль HC-05. Управління здійснюється через мобільний застосунок, створений у MIT App Inventor, що підвищує зручність та функціональність. Серед переваг — контроль заряду батареї, можливість розширення інтерфейсу управління, наявність візуального зворотного зв'язку. Недоліком може бути складніший монтаж порівняно з базовими проектами [12].



Рисунок 2.3. Phone Bluetooth RC Car

RC Car with HC-06 and L298N від TechToTinker — приклад чітко структурованої системи з мінімальним функціоналом. Управління виконується через Bluetooth-модуль HC-06, а основні команди передбачають прямолінійний рух, повороти та зупинку. Використовується драйвер L298N, а керуючий модуль — Arduino UNO. Сильними сторонами є простота реалізації, економне споживання та відсутність зайвих компонентів, що робить його підходящим для демонстраційних цілей. Разом з тим, система не має інтерфейсу для енергомоніторингу, додаткових сервомеханізмів або зворотного зв'язку з користувачем.

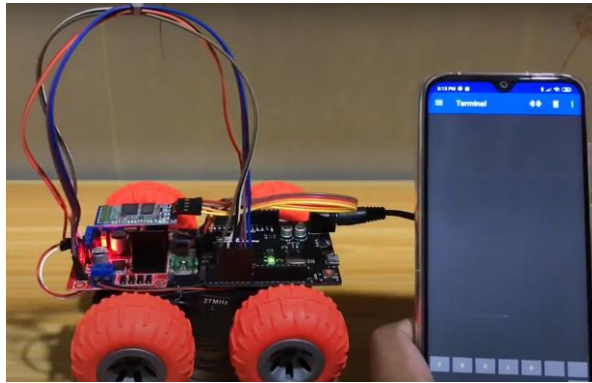


Рисунок 2.4. RC Car with HC-06 and L298N від TechToTinker

Найфункціональнішою серед розглянутих є модель Dual-Controlled RC Car, що поєднує Bluetooth та Wi-Fi управління.



Рисунок 2.5. Dual-Controlled RC Car

В основі — Arduino Nano, модулі HC-05 та ESP8266, драйвер L298N, а також сервомеханізм для кермового управління. Користувач може обирати тип зв'язку в залежності від умов, що робить модель універсальною. Можливе підключення через локальну мережу, а також керування з браузера. Основними перевагами є широкий функціонал, маневреність та можливість подальшого розвитку проєкту (встановлення камери, GPS тощо). Недоліком є складність збирання та налаштування, що може створити бар'єри для початківців.

Таблиця 1.

Аналіз переваг існуючих рішень

Проект	Контролер	Зв'язок	Драйвер	Живлення	Особливості
Bluetooth RC receiver	Arduino Uno	BlueSMiRF/HC-05	L298N	Li-Ion	Керування 4-ма каналами, гнучке налаштування
4-Wheeled Bluetooth RC Car	Arduino Uno	HC-05	L298N	9 В / 4×AA	Мінімальний функціонал, легко модифікувати
Phone Bluetooth RC Car	Arduino Uno	HC-05	L298N	Li-Ion	Індикація батареї, застосунок через MIT
RC Car TechToTinker	Arduino Uno	HC-06	L298N	USB	Чітка архітектура команд, простота
Dual-Control RC Car	Arduino Nano	HC-05 + ESP8266	L298N + серво	12 В / 8×AA	Bluetooth + Wi-Fi, універсальна адаптація

Таким чином, існуючі Arduino-машинки демонструють широту реалізацій — від базових моделей на HC-05 та L298N до універсальних рішень з Bluetooth і Wi-Fi, з індикацією та налаштуваннями каналів. Основні відмінності стосуються апаратної бази (UNO чи Nano), типу зв'язку, та додаткових можливостей (індикація, веб-керування).

2.3. Аналіз типу бездротового керування: інфрачервоне управління, Bluetooth, Wi-Fi

Розвиток мікроконтролерних технологій та зростання доступності платформ на базі Arduino спричинили підвищення інтересу до створення радіокерованих пристроїв для розважальних, освітніх або дослідницьких цілей. Одним із найпопулярніших проєктів стала розробка радіокерованих машинок, які можуть використовувати різні бездротові технології зв'язку. У контексті розробки машинки для перегонів особливо важливими є критерії швидкодії, надійності сигналу, дальності зв'язку та енергоспоживання, що робить вибір типу керування ключовим етапом проєктування системи. Найпоширенішими технологіями для реалізації бездротового керування є інфрачервоне (IR) управління, Bluetooth і Wi-Fi, кожна з яких має свої переваги й обмеження.

Інфрачервоне керування (IR), або ж інфрачервоні системи управління є одними з найстаріших, але все ще актуальних рішень для реалізації простих схем дистанційного керування. Вони базуються на передачі закодованого сигналу у вигляді світлових імпульсів у діапазоні довжин хвиль 850–950 нм. Для приймання сигналу найчастіше використовуються фотодіоди або модулі на кшталт VS1838B. Перевагами IR є простота реалізації, низька вартість компонентів та мала споживана потужність. Водночас, інфрачервоне керування потребує прямої видимості між передавачем і приймачем та має обмежену дальність (до 10 метрів), що обмежує його ефективність у динамічних умовах, наприклад, під час перегонів.

Bluetooth є одним з найпопулярніших способів бездротового керування Arduino-пристроями завдяки наявності великої кількості модулів (наприклад,

HC-05, HC-06) і широкій підтримці з боку мобільних платформ. Дальність дії модулів стандартного класу II зазвичай становить до 10 метрів, але модулі класу I можуть досягати до 100 метрів. Bluetooth-зв'язок не потребує прямої видимості та дозволяє створити повноцінний інтерфейс керування за допомогою смартфона. Серед обмежень – відносно низька швидкість передачі даних (до 2–3 Мбіт/с) і ймовірність перешкод у середовищі з великою кількістю Bluetooth-пристроїв [9].

Wi-Fi Технологія забезпечує найвищу гнучкість, дальність дії (до 100 метрів у відкритому просторі) та пропускну здатність серед усіх розглянутих типів. У проектах з Arduino зазвичай використовуються модулі ESP8266 або ESP32, які дозволяють підключати пристрої до локальної мережі або навіть керувати ними через інтернет. Wi-Fi ідеально підходить для реалізації складних інтерфейсів керування, у тому числі з візуалізацією даних, однак має вищий рівень енергоспоживання та складнішу реалізацію. Крім того, затримка сигналу може бути помітною при неналежній оптимізації.

Таблиця 2

Типи бездротового зв'язку та їх переваги

Тип керування	Дальність дії	Швидкість передачі	Потреба у прямій видимості	Енергоспоживання	Складність реалізації
IR	до 10 м	низька	так	низьке	низька
Bluetooth	до 10/100 м	середня	ні	середнє	середня
Wi-Fi	до 100 м	висока	ні	високе	висока

Таким чином, попит на створення радіокерованих машинок зумовив активне використання різних типів бездротового зв'язку, кожен з яких має свою нішу. У більшості випадків IR-рішення залишаються актуальними лише для простих іграшкових машинок. Wi-Fi дозволяє створювати високофункціональні проекти з розширеним керуванням, включно з керуванням через інтернет, однак потребує вищих ресурсів та досвіду реалізації. Bluetooth забезпечує

баланс між зручністю, вартістю та стабільністю, особливо у поєднанні з мобільними застосунками, що і робить його ідеальним вибором для створення власної моделі машинки з можливістю віддаленого керування.

2.4. Аналіз мобільних додатків для керування через Bluetooth

У процесі реалізації проєкту радіокерованої машинки на Arduino особливу увагу було приділено вибору мобільного додатку для бездротового Bluetooth-керування. Саме цей додаток слугує інтерфейсом між користувачем та мікроконтролером Arduino, забезпечуючи передавання команд керування у реальному часі. Було протестовано та порівняно два популярні мобільні застосунки: 1) Arduino Bluetooth RC Car; 2) Arduino RC Car/Tank

Таблиця 3

Параметр	Arduino Bluetooth RC Car	Arduino RC Car/Tank
Інтерфейс користувача	Мінімалістичний, сучасний	Спрощений, менш охайний
Режими керування	Кнопки (F, B, L, R, S), гіроскоп, голосове керування	Кнопки (F, B, L, R, S)
Bluetooth-підключення	Автоматичне підключення до обраного пристрою	Потрібне повторне підключення при кожному запуску
Гнучкість налаштувань	Можна змінювати швидкість, тип кнопок	Можна змінювати швидкість
Сумісність з HC-05	Повна підтримка, стабільна робота	Працює, з суттєвими затримками
Можливість використання голосових команд	Так	Ні
Наявність реклами	Відсутня	Присутня
Мова інтерфейсу	Англійська	Англійська

Рейтинг користувачів	4.6/5 на Aptoide	3.8/5 на Google Play
-----------------------------	------------------	----------------------

Arduino Bluetooth RC Car — це потужний мобільний застосунок, спеціально розроблений для роботи з Bluetooth-модулями HC-05 та HC-06. Його перевагою є підтримка кількох режимів керування, включаючи стандартні кнопки для руху вперед, назад, вліво, вправо, а також додаткові функції: управління за допомогою акселерометра (нахилу телефону) та голосове керування, що значно розширює доступність і можливості керування.

Крім того, цей додаток дозволяє користувачу відкалібрувати швидкість, а також вибрати, які саме команди надсилати при натисканні на кнопку, що робить його універсальним для різних проєктів на базі Arduino.

На противагу цьому, Arduino RC Car/Tank — це простіший застосунок, який підходить для базового тестування руху машинки, але не підтримує розширені функції. Його інтерфейс менш зручний, немає можливості обирати типи команд або змінювати вигляд елементів керування, що обмежує гнучкість. Крім того, додаток потребує повторного ручного підключення до Bluetooth при кожному запуску, що знижує зручність використання.

Після порівняльного аналізу, для керування розробленою Bluetooth-машинкою було обрано саме Arduino Bluetooth RC Car, оскільки:

- він підтримує кілька варіантів керування;
- забезпечує стабільне з'єднання з модулем HC-05;
- має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- надає гнучкі налаштування, що дозволяє адаптувати програму до специфіки проєкту;
- забезпечує кращий досвід для користувача завдяки відсутності реклами та додатковим функціям (голосове керування, гіроскоп).

Це робить його ідеальним інструментом для освітніх та аматорських проєктів на базі Arduino, де важлива простота, надійність і розширені можливості керування [13,14,19].

2.5. Компонентна база: порівняння двигунів, модулів Bluetooth та контролерів

Під час розробки радіокерованої машинки для перегонів важливо не лише правильно обрати тип бездротового керування, а й сформувати ефективну компонентну базу пристрою. До ключових компонентів належать двигуни, модулі бездротового зв'язку та мікроконтролери, від яких залежить швидкість, керованість, стабільність роботи та споживання енергії. Нижче розглянуто найпоширеніші варіанти для кожного типу компонентів та зроблено обґрунтований вибір на основі характеристик і реальних джерел [1,6,9,20].

Контролер є найважливішим елементом проєкту, так як саме він координуватиме роботу всього приладу, та зв'язуватиме їх у єдину систему, тому мною було проведено аналіз трьох популярних контролерів від компанії Arduino.

Arduino Uno – найбільш поширений і підтримуваний контролер для початківців і досвідчених розробників. Має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, вбудований USB-порт, що робить його зручним для прототипування.

Arduino Nano – компактна версія Uno з ідентичною функціональністю, однак меншим розміром. Підійде у випадках, де простір обмежений, проте складніше підключати периферійні модулі без макетної плати.

Arduino Mega – має набагато більше входів/виходів (до 54 цифрових, 16 аналогових), але є громіздким для невеликих проєктів і має вищу ціну. Доцільний лише при створенні складних систем.

Для стандартного проєкту перегонів машинки Arduino Uno є найкращим вибором завдяки балансованій функціональності, зручності використання та великій кількості документації.

Двигуни для приводу коліс радіокерованої машинки часто використовують:

Мотор з редуктором – популярний варіант серед проєктів на Arduino. Має редуктор 1:48, напругу живлення 3–12 В, і забезпечує крутний момент до 0.8 кг·см. Має вбудовану коробку передач, що забезпечує кращу тягу на низьких швидкостях, а також зручне кріплення для шасі. Завдяки оптимальному співвідношенню ціна/якість, є ідеальним для перегонів на середніх швидкостях.



Рисунок 2.6. Мотор з редуктором

Мікромотор постійного струму – потужніший за швидкістю (до 4500 об/хв), має напругу живлення 3–12 В, проте має менший крутний момент і не має інтегрованого редуктора, що робить його менш придатним для проєктів, де важлива тяга та контроль на поворотах.



Рисунок 2.7. Мікромотор постійного струму

Таким чином, мотор з редуктором є оптимальним вибором завдяки стабільній роботі, достатній потужності та зручності монтажу для навчальних і аматорських перегонів [18].

У процесі створення радіокерованої машинки одним із ключових апаратних компонентів є драйвер двигунів. Саме він забезпечує правильну подачу живлення до моторів, реалізацію зміни напрямку обертання та керування швидкістю. Найбільш уживаними варіантами для проєктів на базі Arduino є драйвери L293D та L298N. У цьому пункті буде здійснено їхнє порівняння на основі ключових характеристик, з урахуванням специфіки задачі створення перегонної машинки [16,17].

L293D — це компактний H-мостовий драйвер у форм-факторі DIP (Dual In-line Package), який дозволяє керувати двома двигунами постійного струму або одним кроковим двигуном. Він має вбудовані діоди захисту від ЕРС (електрорушійної сили), що підвищує його безпечність при зворотному струмі з мотора. Основні характеристики:

- Максимальний струм на канал: 600 мА (пікове значення до 1.2 А)
- Підтримка живлення двигуна до 36 В
- Можливість одночасного керування двома двигунами
- Компактність і простота монтажу на макетній платі або шилдах

L293D часто використовується в освітніх проєктах, має Arduino-сумісні шилди, добре підтримується документацією та бібліотеками. Його перевагою є невеликі розміри, низьке тепловиділення у типових умовах та можливість роботи без додаткового охолодження.

L298N — це потужніший драйвер, що також реалізує H-мостову схему. Він дозволяє керувати двома двигунами одночасно та має вбудований радіатор для охолодження. Проте його головним недоліком є високе внутрішнє падіння напруги, що зменшує ефективну потужність, яка надходить до двигуна. Характеристики:

- Максимальний струм на канал: до 2 А
- Підтримка двигунів із живленням до 46 В
- Має вбудовані елементи захисту
- Габаритні розміри

- Потребує додаткового місця та джерела живлення

Незважаючи на те, що L298N має вищу допустиму потужність, драйвер L293D є більш придатним для реалізації компактного та енергоефективного проєкту радіокерованої машинки. Його компактні розміри, нижче тепловиділення та менше падіння напруги дозволяють використовувати його навіть у проєктах зі слабшими акумуляторами. Також наявність великої кількості готових шилдів спрощує інтеграцію з Arduino Uno без потреби додаткових схем. Враховуючи особливості задачі (перегони, обмежена вага машинки, швидке реагування), L293D є доцільнішим вибором.

Широкий спектр модулів Bluetooth для плати Arduino, змушує замислитись при виборі відповідного приладу, для створення власного приладу, тож потрібно провести аналіз найпопулярніших позицій з доступних варіантів:

HC-06 (4-pin) – бюджетний модуль, який працює лише у режимі slave, тобто може лише приймати команди з іншого пристрою. Простіше в налаштуванні, проте менш гнучкий у застосуванні.

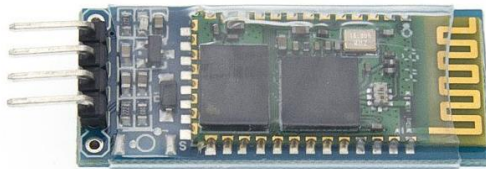


Рисунок 2.8. HC-06 (4-pin)

HW-770 – варіант на базі HC-06, має аналогічні характеристики, хоча може бути оснащений стабілізатором напруги та індикаторами стану. Залишається варіантом лише для одностороннього зв'язку.

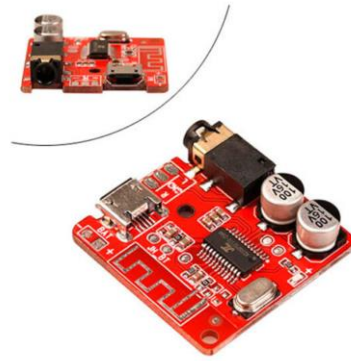


Рисунок 2.9. HW-770

HC-05 – найбільш універсальний модуль з можливістю перемикання між режимами master/slave, що дозволяє не лише отримувати команди, а й передавати їх до інших пристроїв. Має гарну сумісність з Arduino IDE, надійний зв'язок, підтримує AT-команди для налаштувань.



Рисунок 2.10. HC-05

Отже, для створення гнучкого і масштабованого проєкту радіокерованої машинки Bluetooth модуль HC-05 є найкращим вибором [1,6].

Таким чином, ефективне поєднання усіх вище перелічених складових забезпечує оптимальний баланс між функціональністю, ціною та стабільністю роботи, що є ключовим для радіокерованих машинок.

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Особливості використання Arduino UNO для створення моделі радіокерованої машинки

Arduino UNO є однією з найпопулярніших і доступних платформ для побудови проєктів у галузі робототехніки та автоматизації. Завдяки своїй простоті у використанні, відкритому програмному середовищу та широкому вибору сумісних модулів, ця плата часто використовується як центральний елемент в освітніх і аматорських проєктах. У межах розробки моделі радіокерованої машинки Arduino UNO виступає основним контролером, який забезпечує обробку сигналів управління, контроль за моторами, зв'язок із зовнішніми модулями та реакцію на команди користувача.

Arduino UNO базується на мікроконтролері ATmega328P. Цей чіп має 14 цифрових входів/виходів, з яких 6 можуть використовуватись як виходи ШІМ (PWM), а також 6 аналогових входів, що дає змогу підключати різноманітні сенсори та модулі. Плата живиться через USB або зовнішнє джерело (напругою від 7 до 12 В) і підтримує частоту роботи 16 МГц. Наявність вбудованого USB-інтерфейсу дозволяє легко програмувати контролер без потреби в додаткових програматорах [1,9].

Окрім апаратної доступності, Arduino UNO має низку переваг, що роблять плату особливо зручною для розробки машинки. По-перше, це підтримка широкого спектру бібліотек, зокрема для роботи з Bluetooth-модулями, драйверами двигунів (наприклад, L293D або L298N), сенсорами відстані, модулями живлення тощо. По-друге, спільнота розробників Arduino забезпечує велику кількість прикладів, проєктів, інструкцій і обговорень, що

істотно спрощує вирішення технічних проблем. По-третє, UNO має стабільну архітектуру та надійну прошивку, що зменшує ймовірність збоїв під час роботи машинки.

У межах даної дипломної роботи було використано модель проєкту «Bluetooth Control Car with 3D Printed Chassis», опубліковану на платформі Arduino Project Hub. У цьому проєкті Arduino UNO забезпечує обробку команд, які надходять через модуль Bluetooth HC-05 зі смартфона, і передає відповідні сигнали до драйвера двигунів L293D, який керує двома мотор-редукторами. Крім того, реалізовано систему живлення на основі акумуляторного блоку, а корпус машинки виготовлений за допомогою 3D-друку, що підкреслює можливості комбінування електроніки з цифровим виробництвом.

Крім основного функціоналу, Arduino UNO дозволяє легко розширювати можливості машинки. Зокрема, можна підключити ультразвуковий сенсор HC-SR04 для уникання перешкод, світлодіоди для візуалізації стану, або навіть модуль Wi-Fi ESP8266 (через UART або програмну послідовну шину) для створення веб-інтерфейсу управління. Такі розширення демонструють гнучкість платформи та її адаптивність до потреб різного рівня складності.

Таким чином, використання Arduino UNO в проєкті створення радіокерованої машинки є обґрунтованим рішенням, що поєднує простоту, функціональність та велику підтримку з боку спільноти. Ця плата виступає як потужний інструмент для навчання, прототипування і реалізації повноцінних інженерних рішень у галузі радіокерованого транспорту на базі відкритого апаратного забезпечення.

3.2. Особливості використання модулів Bluetooth (HC-05) для керування Smart пристроями

Модуль HC-05 є одним із найпоширеніших засобів реалізації бездротового зв'язку в проєктах на базі мікроконтролерів, зокрема Arduino. Його головна перевага полягає у простоті використання, доступній вартості та сумісності з багатьма популярними платформами. Модуль дозволяє реалізувати надійний Bluetooth-зв'язок для керування Smart-пристроями, такими як розумні лампи, системи автоматизації будинку, роботизовані платформи та інші IoT-рішення.

Будова та порти модуля HC-05

HC-05 складається з плати з вбудованим мікроконтролером, антенним модулем, стабілізатором напруги та контактною колодкою для підключення до зовнішніх пристроїв. Основні порти модуля:

- VCC — живлення модуля, зазвичай 3.6–5 В. При підключенні до Arduino живлення подається від 5В піну.
- GND — загальний мінус (земля), спільний для модуля та контролера.
- TXD (Transmit Data) — передача даних з модуля до контролера (Arduino читає дані).
- RXD (Receive Data) — прийом даних на модуль з контролера (Arduino надсилає дані). Важливо: для безпечного підключення RXD часто використовують подільник напруги для зниження 5 В до 3.3 В.
- KEY/EN (або STATE) — активує режим конфігурації модуля, що дозволяє змінювати ім'я, PIN-код, швидкість передачі тощо.

Для комунікації з Arduino зазвичай використовується бібліотека `SoftwareSerial`, яка дозволяє створити додаткові програмні порти серійної передачі для підключення Bluetooth без використання апаратного UART.

Приклади використання HC-05 у Smart-пристроях:

1. Керування освітленням через смартфон: Одне з найпростіших застосувань модуля — керування світлодіодом або цілою лампою за допомогою мобільного застосунку. Arduino приймає команди через HC-05 (наприклад, символи '1' або '0') і вмикає/вимикає реле або транзистор, що живить лампу.

2. Роботизовані платформи: HC-05 активно використовується у проєктах із мобільними роботами. Наприклад, користувач керує рухом радіокерованої машинки зі смартфона. Модуль передає команди, які Arduino перетворює на сигнали до драйвера двигунів (L293D або L298N).

3. Bluetooth-керування розумною поливною системою: У цьому проєкті HC-05 забезпечує зручний інтерфейс для вмикання/вимикання насоса, що поливає рослини. Відповідне програмне забезпечення дозволяє користувачу дистанційно подавати воду в заданий час, без необхідності прямого доступу до системи.

Переваги модуля HC-05 у Smart-проєктах:

- Підтримка двосторонньої передачі даних.
- Простота налаштування параметрів через AT-команди.
- Сумісність із мобільними додатками, такими як Bluetooth Terminal, MIT App Inventor, Arduino Bluetooth Controller тощо.

Водночас модуль має певні обмеження, як-от невелика дальність передачі (до 10 м для класу II), чутливість до перешкод та відсутність вбудованої криптографії. Проте для локальних проєктів із керування пристроями в межах приміщення або на невеликій відстані він є надзвичайно ефективним.

Таким чином, модуль HC-05 є оптимальним вибором для реалізації базового Bluetooth-зв'язку у Smart-системах, де важлива простота реалізації, надійність та низька вартість. Його можливості дозволяють створювати різноманітні інтерактивні проєкти в галузі розумного дому, автоматизації, робототехніки та освіти.

3.3. Побудова електричної схеми машинки та аналіз її роботи

У рамках проєкту «Розробка радіокерованої машинки на Arduino для

перегонів» була самостійно створена та протестована електрична схема, яка забезпечує взаємодію всіх апаратних компонентів: контролера Arduino Uno, драйвера двигунів L293D, чотирьох DC-моторів, Bluetooth-модуля HC-05 та зовнішнього джерела живлення. Проектування та перевірка функціональності схеми здійснювались у середовищі моделювання Tinkercad Circuits, що дозволило безпечно протестувати всі елементи без фізичної реалізації на початковому етапі [15].

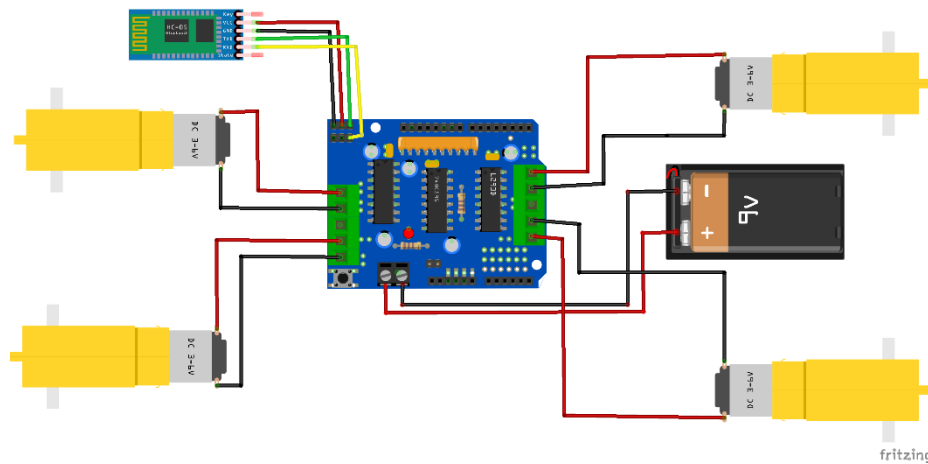


Рисунок 3.1 Електрична схема радіокерованої машинки

Опис елементів та підключень

1. Контролер Arduino Uno

Arduino Uno — центральний керуючий елемент, що відповідає за обробку сигналів управління та подачу команд на драйвер двигунів. У схемі контролер підключено до наступних елементів:

- TX (пін D1) — під'єднано до RX модуля HC-05 (прийом сигналу Bluetooth);
- RX (пін D0) — під'єднано до TX модуля HC-05 (відправка даних із модуля до Arduino);
- Піни D3, D5, D6, D11 — використовуються для керування драйвером двигунів (через інтерфейс L293D).

2. Bluetooth-модуль HC-05

- HC-05 — модуль бездротового зв'язку, що забезпечує прийом команд із мобільного пристрою. Має 6 виводів:

- VCC — живлення модуля (підключено до 5V Arduino);
- GND — земля (GND Arduino);
- TXD — передає дані Arduino (підключено до RX Arduino);
- RXD — приймає дані від Arduino (через резисторний подільник або безпосередньо до TX Arduino);
- STATE — не використовується у даній схемі;
- KEY — не використовується у цій конфігурації, активується при перепрошивці.

3. Драйвер двигунів L293D (на шилді Motor Driver Shield)

L293D — це двоканальний драйвер потужності, який дозволяє керувати напрямком обертання та швидкістю двигунів. У даній схемі використано стандартний Motor Shield на базі L293D:

- Виводи керування IN1–IN4 підключено до цифрових пінів Arduino;
- Живлення двигунів подається окремо (через роз'єм для зовнішнього джерела живлення);
- Кожен канал драйвера керує одним двигуном, що дозволяє реалізувати повноцінне маневрування.

4. Чотири двигуни постійного струму (DC Motors 3–6V)

Двигуни підключено до вихідних клем Motor Shield (M1–M4). Вони забезпечують рух машинки вперед, назад, повороти та розвороти. Напруга живлення — 6–9 В, тому використано зовнішнє джерело.

5. Джерело живлення — батарея 9V

Живлення на всю систему подається через 9V батарею: один провід йде до VIN на шилді, інший — на GND;

Важливо, що драйвер двигунів із Arduino розділяють струмові контури, щоб уникнути перевантаження контролера.

Аналіз роботи схеми

Після збирання та моделювання схеми у Tinkercad Circuits була підтверджена її працездатність. Команди, передані зі смартфона через Bluetooth, зчитуються Arduino Uno і трансформуються в сигнали керування двигунами через драйвер L293D. Завдяки 4 двигунам машинка має можливість:

- рухатися вперед (всі двигуни обертаються вперед),
- назад (всі двигуни обертаються у зворотному напрямі),
- повертати (обертання лівої та правої сторони двигунів у різних напрямках),
- зупинятися (усі сигнали на драйвер припиняються).

Функціональність схеми доведено у середовищі симуляції, що дозволяє її використання у реальному пристрої без значних змін. Структура побудови є типовою для проєктів із радіокеруванням на базі Arduino та може масштабуватись або доповнюватись сенсорами для автоматичного уникнення перешкод.

3.4. Розробка програмної логіки для Arduino: керування моторами, обробка команд

Однією з найважливіших складових створення радіокерованої машинки на базі Arduino є реалізація програмної логіки, яка забезпечує взаємодію між апаратними компонентами пристрою та зовнішнім керуванням через Bluetooth-з'єднання. Для цього у проєкті використано контролер Arduino UNO, модуль HC-05 для бездротового зв'язку, а також бібліотеку AFMotor для роботи з двигунами.

Програма реалізована мовою C++ у середовищі Arduino IDE та відповідає принципам обробки подій у реальному часі. Основна функціональність зводиться до обробки вхідних команд із Bluetooth-модуля та відповідного запуску моторів у заданому напрямі. Як інтерфейс для бездротової передачі

команд використано програмну бібліотеку SoftwareSerial, яка дозволяє визначати власні порти для прийому/передачі даних, не блокуючи апаратний UART Arduino.

Ключові функціональні можливості, реалізовані у програмі:

1. Ініціалізація програмного послідовного порту для з'єднання з модулем HC-05.
2. Створення об'єктів керування моторами через бібліотеку AFMotor.
3. Читання вхідних команд ('F', 'B', 'L', 'R') із Bluetooth.
4. Виклик відповідної функції керування рухом машинки.
5. Встановлення швидкості обертання моторів залежно від обраного напрямку.
6. Зупинка всіх моторів перед кожною новою командою для уникнення конфліктів.

Базова структура програми подана нижче:

```
#include <AFMotor.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial HC05(9, 10); // RX, TX
```

```
AF_DCMotor motor1(1);
```

```
AF_DCMotor motor2(2);
```

```
AF_DCMotor motor3(3);
```

```
AF_DCMotor motor4(4);
```

```
char command;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  HC05.begin(9600);
```



```

}

void loop() {
  if (HC05.available() > 0) {
    command = HC05.read();
    Stop(); // зупинити мотори перед новою командою
    switch (command) {
      case 'F': forward(); break;
      case 'B': back(); break;
      case 'L': left(); break;
      case 'R': right(); break;
    }
  }
}

```

Функції руху реалізовані через пряме керування напрямком та швидкістю обертання кожного двигуна. Наприклад, у випадку команди 'F' — усі двигуни запускаються на повну швидкість вперед, тоді як у випадку поворотів змінюється лише швидкість лівих або правих моторів відповідно до потрібного напрямку.

Таблиця 4

№	Функціональна вимога	Реалізація в коді
1	Ініціалізація Bluetooth-з'єднання	SoftwareSerial HC05(9,10);, HC05.begin(9600);
2	Оголошення об'єктів керування двигунами	AF_DCMotor motor1(1); ... motor4(4);
3	Зчитування команди з HC-05	command = HC05.read();
4	Попередня зупинка перед новою командою	Stop();
5	Реакція на команду вперед	forward() — запуск усіх двигунів у напрямку FORWARD
6	Реакція на команду назад	back() — запуск усіх двигунів у напрямку BACKWARD
7	Реалізація повороту вліво	left() — зменшення швидкості правих моторів
8	Реалізація повороту вправо	right() — зменшення швидкості лівих моторів
9	Зупинка всіх двигунів	Stop() — run(RELEASE) для всіх чотирьох моторів

Кожна функція реалізує індивідуальний шаблон керування моторами. Наприклад:

```
void left() {  
    motor1.setSpeed(255);  
    motor1.run(FORWARD);  
    motor2.setSpeed(50);  
    motor2.run(FORWARD);  
    motor3.setSpeed(255);  
    motor3.run(FORWARD);  
    motor4.setSpeed(50);  
    motor4.run(FORWARD);  
}
```

У даній функції швидкість лівих моторів (motor2, motor4) знижена до 50, що імітує плавний поворот машинки вліво. Такі диференційовані швидкості дозволяють точно налаштувати траєкторію руху.

Особливості використаних бібліотек:

AFMotor забезпечує простий інтерфейс для роботи з драйвером L293D через мотор-шилд. Бібліотека підтримує задання швидкості та напрямку руху.

SoftwareSerial дозволяє створювати додаткові послідовні порти на цифрових пинах, що корисно для проектів, де основний UART вже зайнятий (наприклад, для виведення на монітор порту).

Реалізована програмна логіка демонструє ефективне використання ресурсу Arduino UNO для організації керування чотирма моторами через Bluetooth-модуль HC-05. Такий підхід забезпечує повноцінну інтерактивність пристрою, дозволяючи оперативно змінювати напрямок та швидкість руху, що критично важливо для перегонів.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Складання корпусу машинки з використанням засобів 3D-друку

Однією з ключових складових під час створення радіокерованої машинки на базі Arduino є виготовлення її фізичного корпусу. Надійний та ергономічний корпус забезпечує правильне розташування компонентів, захист електроніки від механічних пошкоджень та зручність під час обслуговування пристрою. У межах цього проєкту корпус було виготовлено за допомогою технологій 3D-друку, з використанням готової моделі з відкритої платформи Cults3D: Комплект моделі включає:

- Основа корпусу з посадковими отворами для моторів;
- Верхня платформа для розміщення батареї та плати Arduino з мотор-шилдом;
- Кріплення для коліс і декоративні елементи.

3D-друк деталей було виконано за підтримки навчально-наукового центру STEAM-HUB ПУЕТ, що має сучасне обладнання для адитивного виробництва. Зокрема, використовувалися два типи друку — FDM (Fused Deposition Modeling) та SLA (Stereolithography). Це дало змогу порівняти обидві технології та визначити найефективнішу з них для нашого проєкту.

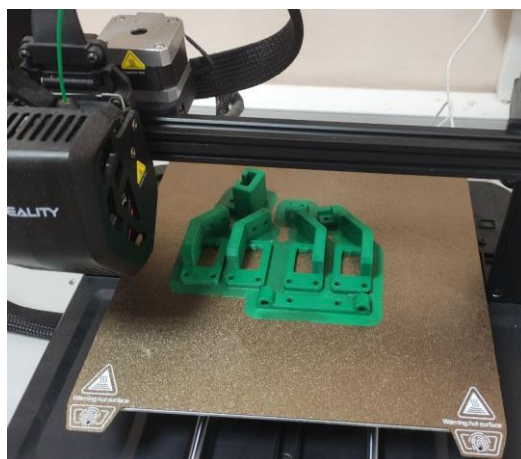


Рисунок 4.1 Компоненти машинки, надруковані методом FDM

Таблиця 5

Порівняльна характеристика FDM і SLA друку

Характеристика	FDM-друк	SLA-друк
Матеріал	PLA, PETG, ABS	Фотополімерна смола
Швидкість друку	Висока	Повільна
Вартість друку	Низька	Висока (через витратні матеріали)
Механічна міцність	Добра для великих моделей	Висока точність, але крихкість
Післяобробка	шліфування	Потребує промивки у ізопропанолі та УФ-засвітці
Об'ємні моделі	Підтримуються без суттєвих обмежень	Обмежені обсягом ванночки принтера

У результаті порівняння більшість деталей корпусу машинки було надруковано з використанням FDM-друку через такі переваги:

- Економічність: PLA-пластик доступний за вартістю та не потребує дорогих витратних матеріалів.
- Простота обслуговування: друкована модель готова до використання одразу після завершення друку або після мінімальної обробки.
- Механічна надійність: корпус машинки витримує навантаження під час руху, падіння або ударів, що не завжди гарантується крихкою структурою SLA-моделей.
- Великі розміри моделі: основа машинки займає чималу площу, тому вона краще реалізується саме методом FDM.

Хоча SLA-друк забезпечив більш точні геометричні форми та ідеально гладку поверхню (наприклад, для декоративних елементів), він вимагав додаткових ресурсів і часу. Крім того, деякі компоненти SLA-друку виявилися менш стійкими до механічних навантажень, особливо під час кріплення моторів гвинтами, через крихкість смоли.

Таким чином, можливості STEAM-HUB PUET дозволили:

- Одночасно протестувати обидва підходи;
- Визначити оптимальні типи друку під окремі деталі;

- Забезпечити високу якість кінцевої моделі без втрат функціональності чи міцності.

В результаті більшість деталей корпусу було надруковано методом FDM, що забезпечило ефективний баланс між міцністю, вартістю та функціональністю для навчального та дослідницького проєкту.

4.2. Підключення та налаштування електронних компонентів

Після проєктування корпусу машинки та створення програмної логіки, ключовим етапом стала фізична збірка електронної частини. Всі компоненти було зібрано згідно з попередньо створеною електричною схемою, описаною у розділі *«Побудова електричної схеми машинки та аналіз її роботи»*. Основна мета цього етапу — забезпечення надійного підключення всіх пристроїв для коректної взаємодії між модулем Arduino, Bluetooth, мотор-шилдом та живленням.

Порядок підключення та налаштування електронних компонентів було реалізовано на основі практичного посібника з платформи Arduino Project Hub. Загальна структура робіт включала такі основні етапи:

Етап 1: Підключення моторів до мотор-шилду

- Чотири двигуни постійного струму (DC motors 3–6 В) було підключено до відповідних виходів мотор-шилду L293D, який встановлюється поверх плати Arduino.

- Кожен мотор отримує індивідуальне керування (M1, M2, M3, M4), що дозволяє реалізовувати різні типи рухів: вперед, назад, повороти, зупинку.

Етап 2: Встановлення Bluetooth-модуля HC-05

- Bluetooth-модуль HC-05 було підключено до цифрових пінів Arduino через бібліотеку SoftwareSerial:

- TX модуля HC-05 → пін 10 Arduino (RX)
- RX модуля HC-05 → пін 9 Arduino (TX)
(важливо: для стабільної роботи було додано резистивний подільник напруги для RX-порту HC-05, оскільки він працює з 3.3 В)
- VCC модуля підключено до 5V Arduino, а GND — до загальної землі (GND).

Етап 3: Підключення джерела живлення

- Для автономної роботи машинки використовувався 9V акумулятор, підключений до клем мотор-шилду.
- Важливо: живлення моторів і самої плати розділено, щоб уникнути нестабільної роботи при пікових навантаженнях.

Етап 4: Завантаження прошивки на Arduino

- Через середовище Arduino IDE на плату було завантажено попередньо підготовлений скетч із Bluetooth-керуванням, реалізований з використанням бібліотек AFMotor та SoftwareSerial.
- Перед завантаженням прошивки слід тимчасово від'єднати TX/RX дроти модуля HC-05, аби уникнути конфлікту з USB-завантаженням.

Етап 5: Тестування та калібрування

- Після підключення всіх компонентів і завантаження коду, здійснено тестування:
 - Перевірено обертання кожного мотору на команду.
 - Визначено напрямки руху: при похибці в напрямку — один двигун було перепідключено для коректного обертання.
 - Перевірено стабільність зв'язку між мобільним пристроєм і модулем HC-05 через додаток Bluetooth Terminal.

Таким чином, на основі електричної схеми та поетапного підключення, було зібрано повноцінну систему, яка дозволяє машинці стабільно реагувати на команди користувача та пересуватись відповідно до вхідних сигналів з мобільного пристрою. Всі етапи реалізовано в середовищі Tinkercad Circuits до

фізичного складання, що забезпечило попередню перевірку логіки та уникнення типових помилок.

4.3. Створення мобільного застосунку для керування машинкою на базі платформи Arduino

Одним із ключових елементів реалізації радіокерованої машинки є створення мобільного застосунку, що забезпечує зручне, стабільне та гнучке керування пристроєм через Bluetooth-з'єднання. У рамках цього проєкту для реалізації графічного інтерфейсу та логіки керування було обрано середовище MIT App Inventor, що є безкоштовною вебплатформою для створення Android-застосунків у візуальному середовищі з використанням блокової мови програмування, подібної на Scratch.

MIT App Inventor, розроблений Массачусетським технологічним інститутом, дозволяє створювати повноцінні Android-додатки без глибоких знань мов програмування. Основними аргументами на користь вибору саме цього інструменту стали:

- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- підтримка компонентів Bluetooth без додаткових бібліотек;
- можливість швидкої збірки і тестування;
- оптимізація для роботи з Arduino-модулями (зокрема HC-05).

Розробку програми було проведено за структурою подібних застосунків, де реалізовано дистанційне керування машинкою. На їх основі створено мобільний додаток, що має такі елементи інтерфейсу:

- кнопки для руху вперед, назад, повороту вліво та вправо, зупинки машинки;
- індикатор з'єднання Bluetooth;

- елемент BluetoothClient, що відповідає за встановлення зв'язку з модулем HC-05.

При створенні застосунку були виконані такі етапи:

1. Дизайн інтерфейсу: У середовищі MIT App Inventor створено екран із розміщенням кнопок керування та міткою для відображення статусу з'єднання. Для користувача реалізовано зрозумілу навігацію.

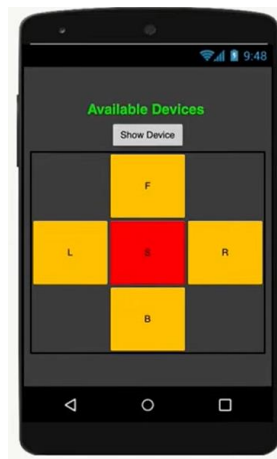


Рисунок 4.2 Інтерфейс створеного застосунку

2. Bluetooth-з'єднання: Через блоки логіки визначено пошук пристроїв, вибір HC-05 і перевірку на успішність з'єднання. У разі підключення оновлюється напис "Connected to HC-05".
3. Надсилання команд: Кожна кнопка має подію натискання, яка надсилає до Arduino відповідну команду у вигляді символу: 'F' — рух вперед, 'B' — назад, 'L' — вліво, 'R' — вправо, 'S' — зупинка.
4. Обробка команд платою Arduino: Код, описаний у попередньому пункті, зчитує вхідні символи через SoftwareSerial і відповідно активує функції forward(), back(), left(), right() або Stop() з використанням бібліотеки AFMotor.
5. Тестування роботи: Після компіляції застосунку файл .apk було завантажено на Android-пристрій, проведено тестові з'єднання з HC-05 та перевірено стабільність комунікації на трасі.

При роботі в середовищі MIT App Inventor у цьому проєкті, мною було виділено ряд переваг: Висока швидкість розробки – додаток повністю створено менш ніж за один день; Легкість налаштування Bluetooth – середовище містить готові блоки роботи з Bluetooth, що зменшує кількість помилок; Можливість розширення – можна додати голосове керування, відображення швидкості або інших параметрів із сенсорів у майбутніх версіях.

Таким чином, застосування MIT App Inventor дозволило створити стабільний та інтуїтивно зрозумілий мобільний додаток, що повністю задовольняє вимоги до керування машинкою в умовах перегонів. Інструмент виявився ефективним у поєднанні з Arduino, демонструючи швидкий обмін командами та точну реакцію на дії користувача.

4.4 Проведення перегонів та аналіз роботи машинки в умовах змагань

Фінальним етапом реалізації проєкту стало проведення тестових перегонів з метою оцінки ефективності та стабільності роботи розробленої радіокерованої машинки на Arduino UNO в умовах, наближених до реального використання. Для об'єктивного аналізу, саморобна машинка була протестована у порівнянні з комерційною іграшковою радіокерованою машинкою, придбаною у магазині. Обидва пристрої проходили трасу з однаковою конфігурацією, яка включала прямі ділянки, повороти, зони сповільнення та старт/фінішну лінію. Змагання проводилися у п'яти заїздах, результати яких подано у таблиці нижче.

Таблиця 6

№ заїзду	Час проходження траси (Arduino)	Час проходження траси (іграшкова)	Коментар
-----------------	--	--	-----------------

	машинка), с	машинка), с	
1.	16.2	17.8	Arduino машинка виграла завдяки високій швидкості
2.	15.7	18.1	Випередження на прямій ділянці
3.	16.5	16.0	Іграшкова машинка краще впоралась із поворотами
4.	15.9	17.2	Швидкий старт забезпечив перевагу Arduino машинці
5.	16.8	16.4	Іграшкова машинка впевненіше проходить криву ділянки траси

Згідно з результатами перегонів, Arduino-машинка продемонструвала кращу середню швидкість, вигравши 3 з 5 заїздів, особливо на прямих ділянках. Завдяки потужним двигунам і налаштуванням у коді, машинка забезпечувала динамічний старт і високу кінцеву швидкість, що надало їй перевагу у ситуаціях, де не потрібно було часто змінювати напрям руху.

Однак іграшкова машинка вигравала на ділянках з різкими поворотами, демонструючи кращу маневреність. Це пояснюється наявністю у неї вбудованого рульового механізму, який дозволяє точно змінювати напрям за

допомогою керування поворотом передніх коліс, що неможливо реалізувати в даній версії саморобної машинки без серводвигуна.

Результати тестування засвідчили, що розроблена машинка на базі Arduino UNO має перевагу в швидкості, що дозволяє використовувати її як конкурентоспроможний пристрій у категорії «прямих перегонів» або дрегрейсингу. Проте відсутність рульового механізму обмежує її ефективність на складних трасах, що включають повороти під кутом або зони з перешкодами.

На основі проведеного аналізу було зроблено висновок, що подальшим кроком розвитку проєкту стане впровадження поворотного механізму за допомогою сервопривода. Це дозволить реалізувати реальне поворотне кермо, підвищити точність і плавність руху машинки, і, відповідно, збільшити її шанси на перемогу у більш технічно складних змаганнях.

Таке вдосконалення стане важливим етапом у поглибленні практичних знань з робототехніки, схемотехніки та програмування сервомеханізмів, і буде включено до наступної фази проєкту.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було реалізовано повноцінний проєкт радіокерованої машинки, що керується за допомогою Bluetooth-з'єднання на основі мікроконтролера Arduino. Основною метою роботи було створення програмно-апаратного рішення для дистанційного керування мобільним пристроєм, що забезпечує високу швидкість, стабільність та адаптивність для участі в перегонах.

Під час розробки проєкту були вивчені технічні особливості модуля Bluetooth HC-05, проаналізовано його функціональність, призначення контактів, та інтеграцію з Arduino через інтерфейс SoftwareSerial. Це дозволило реалізувати двосторонній зв'язок між мобільним застосунком та мікроконтролером, забезпечуючи передачу керуючих команд у режимі реального часу.

Створено та протестовано електричну схему підключення моторів, плати живлення, Bluetooth-модуля та мікроконтролера. Робота з середовищем Tinkercad Circuits дала змогу перевірити всі підключення до реального прототипу ще до фізичного складання. Усі електронні компоненти були під'єднані відповідно до розробленої схеми, що забезпечило стабільну роботу конструкції.

Програмне забезпечення було реалізовано за допомогою мови C++ та онлайн середовища MIT App Inventor, з використанням бібліотеки AFMotor, яка дозволила керувати обертанням чотирьох двигунів. Команди «вперед», «назад», «ліворуч», «праворуч» та «стоп» оброблялись через Bluetooth, що надало повний контроль над рухом пристрою. Кожна команда супроводжувалась відповідними налаштуваннями швидкості обертання моторів, що було представлено у вигляді структурованої таблиці пояснення коду.

Окрему увагу приділено конструктивному рішенню корпусу машинки, який було надруковано за допомогою засобів 3D-друку в STEAM-HUB PUET. Для забезпечення якості та економічності було застосовано два методи друку — FDM та SLA, з перевагою FDM як більш доступного та надійного для створення функціональних прототипів.

Зібраний пристрій був протестований на трасі у реальних умовах. Проведені змагання з іграшковою машинкою показали, що розроблений прототип виграє за швидкістю та стабільністю, проте поступається у маневреності через відсутність рульового механізму. У результаті цього було сформульовано план подальшого удосконалення — додавання сервомеханізму для повороту передніх коліс.

У результаті дипломної роботи створено повноцінний діючий прототип радіокерованої машинки, який може бути використаний у змаганнях, навчальних демонстраціях, а також вдосконалений у наступних версіях. Проєкт має практичне значення та продемонстрував ефективне поєднання знань з програмування, електроніки, схемотехніки та 3D-друку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino Documentation (Official) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.arduino.cc/>
2. SoftwareSerial Arduino Library, usage and examples – Arduino.cc [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial/>
3. AFMotor Library for Motor Shield – Adafruit [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-shield/library-install>
4. What is SLA 3D Printing? – Formlabs [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://3d.formlabs.com/rs/060-UIG-504/images/WP-EN-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing.pdf?version=1>
5. What is FDM 3D Printing? – All3DP [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://all3dp.com/4/3d-printing-filament-from-fishnets-aims-to-save-the-ocean/>
6. HC-05 Bluetooth Module Pinout, Datasheet & Specs – Components101 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>
7. Arduino Project Hub [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://projecthub.arduino.cc/>
8. Autodesk. Tinkercad Circuits [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.tinkercad.com/circuits>
9. Banzi M., Shiloh M. Getting Started with Arduino. — 3rd ed. — Maker Media, 2015. — 260 p.
10. Bluetooth RC Car 2. RoboRemo [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://roboremo.app/projects/arduino/arduino-bluetooth-rc-car-2>
11. 4 Wheeled Bluetooth Controlled Rc Car [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://projecthub.arduino.cc/aadidahiya13/4-wheeled-bluetooth-controlled-rc-car-0c9c29>

12. Phone Bluetooth-Controlled RC Car [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://projecthub.arduino.cc/achyutayadunandan/phone-bluetooth-controlled-rc-car-c61d56?utm_source=chatgpt.com
13. Glenford J. Myers, Corey Sandler, Tom Badgett. The Art of Software Testing — John Wiley & Sons , 2011. — 256 p.
14. Pressman, R. S., Maxim, B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach — McGraw-Hill Education, 2020. — 950 p.
15. Kester, W. Sensor Interfacing and Signal Conditioning — Analog Devices, 2005. — 300 p.
16. StackExchange (Electronics/Arduino). Questions and Answers on Motor Control with L298N and Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronics.stackexchange.com/questions/>
17. Pololu. Motor Drivers and Controllers Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pololu.com/category/11/motor-drivers-and-controllers>.
18. Robu.in. How to Interface DC Motor with Arduino? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://robu.in/how-to-interface-dc-motor-with-arduino/>.
19. Hackster.io. Remote Controlled Arduino Car with Android App [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.hackster.io/makerspaces/remote-controlled-arduino-car-with-android-app-438920>.
20. SparkFun. Bluetooth Basics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-low-energy-ble-with-arduino/all>.
21. Ольховська О. В., Черненко О. О. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітня програма «Комп'ютерні науки» ступеня бакалавра. — Полтава: ПУЕТ, 2024. - 58 с. - Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/14768/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0%20%D0%91%D0%A>

0%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%9A%D0%9D%202024_%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80.pdf

ДОДАТОК А

Код програми Arduino-машинки

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial HC05(9, 10);
```

```
AF_DCMotor motor1(1);
```

```
AF_DCMotor motor2(2);
```

```
AF_DCMotor motor3(3);
```

```
AF_DCMotor motor4(4);
```

```
char command;
```

```
void setup()
```

```
{
  HC05.begin(9600);
}
```

```
void loop() {
```

```
  if (HC05.available() > 0) {
    command = HC05.read();
```

```
    Stop();
```

```
    switch (command) {
```

```
      case 'F':
```

```
        forward();
```

```
        break;
```

```
      case 'B':
```

```
        back();
```

```
        break;
```

```
      case 'L':
```

```
        left();
```

```
        break;
```

```
      case 'R':
```

```
        right();
```

```
        break;
```

```
    }
```

```
  }
```

```
}
```

```
void forward()
```

```
{
```

```
  motor1.setSpeed(255);
```

```
  motor1.run(FORWARD);
```

```
  motor2.setSpeed(255);
```

```
  motor2.run(FORWARD);
```

```
  motor3.setSpeed(255);
```

```
  motor3.run(FORWARD);
```

```
    motor4.setSpeed(255);  
    motor4.run(FORWARD);  
}  
  
void back()  
{  
    motor1.setSpeed(255);  
    motor1.run(BACKWARD);  
    motor2.setSpeed(255);  
    motor2.run(BACKWARD);  
    motor3.setSpeed(255);  
    motor3.run(BACKWARD);  
    motor4.setSpeed(255);  
    motor4.run(BACKWARD);  
}  
  
void left()  
{  
    motor1.setSpeed(255);  
    motor1.run(FORWARD);  
    motor2.setSpeed(50);  
    motor2.run(FORWARD);  
    motor3.setSpeed(255);  
    motor3.run(FORWARD);  
    motor4.setSpeed(50);  
    motor4.run(FORWARD);  
}  
  
void right()  
{  
    motor1.setSpeed(50);  
    motor1.run(FORWARD);  
    motor2.setSpeed(255);  
    motor2.run(FORWARD);  
    motor3.setSpeed(50);  
    motor3.run(FORWARD);  
    motor4.setSpeed(255);  
    motor4.run(FORWARD);  
}  
void Stop()  
{  
    motor1.setSpeed(0);  
    motor1.run(RELEASE);  
    motor2.setSpeed(0);  
    motor2.run(RELEASE);  
    motor3.setSpeed(0);  
    motor3.run(RELEASE);  
    motor4.setSpeed(0);  
    motor4.run(RELEASE);  
}
```

ДОДАТОК В

Візуальний код програми застосунку для керування машинкою

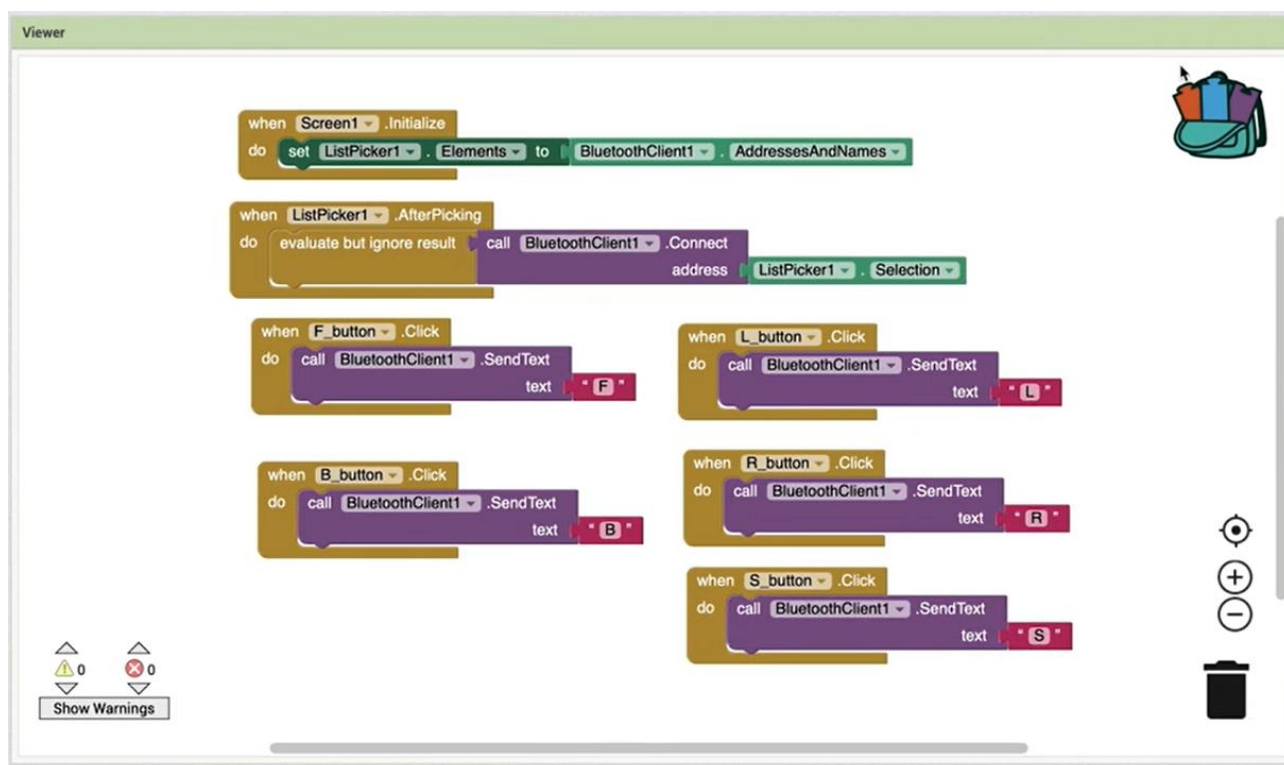


Рисунок В.1 – Програмний код застосунку для керування машинкою з телефону