

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Радіоелектроніки і телекомунікацій

(повне найменування інституту, факультету)

Мікро- та наноелектроніки

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера
L293D

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи РТ-317
Спеціальності 153 – “Мікро- та наносистемна
техніка”

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

“Мікро- та наноелектронні прилади та

пристрої”

Олехнович Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Рева В.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Загаєвська В.І.

(прізвище та ініціали)

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Радіoeлектроніки і телекомунікацій
 Кафедра Мікро- та наноелектроніки
 Ступінь вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 153 – “Мікро- та наносистемна техніка”
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) “Мікро- та наноелектронні прилади та пристрої”
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки

_____ Г. В. Сніжної
 «_____» _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Олехнович Даяні Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D

керівник проєкту (роботи) Рева Віталій Ігорович, доцент, кандидат фізико-математичних наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 17 » травня 2021 року № 190

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 25 травня 2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Аналіз технологій створення роботів-маніпуляторів, Основні відомості про Arduino Uno, Розроблення та моделювання, Оцінка економічних показників, Охорона праці, Перелік джерел використання, _____

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	Рева В.І., доц., канд. фіз.-мат. наук каф. МіНЕ		
Нормо-контроль	Коротун А. В., доц., канд. фіз.-мат. наук каф. МіНЕ		

7. Дата видачі завдання «26» квітня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Огляд літературних джерел та ознайомлення зі статтями за заданою тематикою.	26.04 – 05.05	Виконано
2	Проектування і виготовлення маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D	06.05 – 12.05	Виконано
3	Виконання експериментальної частини роботи.	13.05 – 16.05	Виконано
4	Обробка результатів експериментів	17.05 – 22.05	Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки і презентації.	23.05 – 25.05	Виконано

Студент

(підпис)

Олехнович Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Рева В.І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка містить: 47 с., 19 рис., 6 табл., 16 джерел., 1 додаток.

Об'єктом дослідження є розроблення маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера.

Метою роботи є ознайомлення з принципами роботи робототехнічних систем, освоєння методів проектування, розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D.

Методи дослідження – теоретичні, програмні, експериментальні.

Перший розділ роботи присвячено ознайомленню з теоретичними основами роботехніки та робототехнічних систем (робототехнічних платформ).

У другому розділі наведені основні дані про Arduino – обрану платформу для виконання проекту.

У третьому розділі наведені покрокові дії виконання проекту та розроблена програма. Програма вгаджувалася на протязі виконання всієї роботи з урахуванням результатів експериментальних даних.

У розділі «Оцінка економічних показників» наведені аргументи для створення проекту з точки зору економіки.

У розділі «Охорона праці» наведені необхідні вимоги безпеки при роботі з робото технічними приладами.

РОБОТОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ, ПЛАТФОРМИ, МАНІПУЛЯТОР, ARDUINO UNO, МІКРОКОНТРОЛЕР

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ РОБОТІВ- МАНІПУЛЯТОРІВ	7
1.1 Економічні аспекти розвитку робототехніки в Україні	7
1.2 Основні поняття про робототехніку	9
1.3 Основні робототехнічні платформи	11
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ARDUINO	16
2.1 Характеристика плати Arduino Uno	17
2.2 Структура програми	18
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ	21
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ	38
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
5.1 Безпека обладнання.....	40
5.2 Безпека елементів конструкції	41
5.3 Безпека вихідних матеріалів	42
5.4 Екологічна безпека вихідних матеріалів.....	42
ВИСНОВКИ	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ВИКОРИСТАННЯ	44
ДОДАТОК А	46

ВСТУП

Кожна сучасна організація, що працює в умовах ринку, об'єктивно потребує сучасного і високоякісного обладнання яким в даний момент є різного роду роботизовані комплекси. Такі комплекси повинні бути технологічні, автоматизовані і повинні складатися з легкозамінних елементів - це дозволить їм ефективніше, тобто якісніше і швидше, виконувати свої функціональні обов'язки. Це вигідно і організації, і працівникам, причому не тільки економічно: високотехнологічне обладнання, яке не має аналогів, є ще і брендом організації, який в значній мірі формує її імідж, визначаючи, в кінцевому рахунку, і успіх її діяльності, конкурентоспроможність на ринках товарів і послуг. Але забезпечення високотехнологічним обладнанням це тільки частина роботи. Сьогодні мало розробити обладнання, яке буде відповідати всім вимогам для виконання конкретних завдань, важливо ще створити умови і можливості для роботи роботизованих комплексів в більш широкому спектрі. Цього вимагають сучасні економічні умови, постійно зростаючі вимоги до рівня автоматизації, надійності і безпеки сучасного обладнання.

Відомий факт, що на сьогоднішній день, є затребуваними робототехнічні технології, що зможуть виконувати свої функції у будь-якій сфері життя людини.

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що розробка роботів-маніпуляторів є нині дуже актуальною, адже у подальшому ці вироби виконують певну частину роботи замість людини, що в свою чергу спричиняє позитивний економічний ефект, забезпечує якість виконуваного процесу, обмеження роботи людини у небезпечних умовах і т.д.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ

1.1 Економічні аспекти розвитку робототехніки в Україні .

В умовах глобалізації цих викликів загострюється потреба в оптимальному комплексному рішенні методологічних, стратегічних і тактичних проблем впровадження інноваційної моделі розвитку країни. В рамках реалізації інноваційної стратегії Законом України « Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки визнано пріоритетними сферами діяльності.

Теоретико-методологічні аспекти інноваційного розвитку промислових підприємств та економіки загалом останнім часом розглянуто у багатьох працях вітчизняних та зарубіжних учених: І.Алексєєва, Ю.Бажала, В.Гейця, А. Гальчинського, А. Гриньова, М.Крупки, Б.Патона та ін. Проте недостатньо уваги приділяється робототехніці.

Робототехніка є еволюційним результатом удосконалення автоматизованих процесів виробництва, що синтезує знання в галузі фізики, мікроелектроніки, сучасних інформаційних технологій і штучного інтелекту та багатьох інших сфер науки та техніки. Антохов А.А. пропонує визначення роботизації як неперервного процесу використання роботів і робототехніки (роботизованих технологій), що первинно замінюють монотонну людську працю та можуть імітувати більш складні фізичні процеси, а також наполягає на відокремленні понять «автоматизація» і «роботизація» [1].

Стратегічними напрямками галузевого рівня розвитку робототехніки визнано поширення комп'ютерної грамотності та реальних можливостей використання інформаційних технологій, а також розроблення інформаційно-комунікаційних технологій інтелектуального управління автономними

мобільними роботами багатоцільового призначення для розв'язання широкого спектра актуальних прикладних завдань [2].

В Україні присутні майже всі ланки господарського механізму, здатного продукувати робототехніку: починаючи з 90-х років XX ст.. з'являються підприємства, що займаються робототехнікою та автоматизацією виробництва, при цьому виготовляються механізми не лише для власного ринку, а і для наших сусідів – країн СНД.

На жаль, слід констатувати наступний факт: в нашій країні більшість робіт технічної продукції є імпортною, а вітчизняні товаровиробники залежать від іноземних постачальників комплектуючих. Одним з найбільш негативних факторів є те, що вітчизняна продукція оновлюється в середньому лише один раз на 5 років, а абсолютно нова, вперше освоєна в Україні становить лише 4,1 відсоток серед інших інновацій. Відповідно до цього технічний рівень української продукції в великій мірі не відповідає вимогам сучасного ринку. Інноваційну активність підприємства визначає частка надходжень від обороту, що направляється на фінансування науково-дослідних робіт.

Для вдалого впровадження інновацій необхідні три аспекти: детальна розробка, сміливість дійти до фінальної стадії і при необхідності зійти з дистанції, якщо проект виявиться нерентабельним. Фінансове стимулювання розвитку робототехніки має два основних різновиди:

- внутрішній – вкладення фінансових ресурсів у модернізацію матеріально-технічної бази окремих підприємств, автоматизацію виробництв для підвищення їх конкурентоспроможності на ринку;

- зовнішній – залучення фінансових ресурсів із зовнішнього середовища, пов'язане з реалізацією інноваційної політики держави, переходом світової економіки на новий рівень науково-технічного розвитку, посиленням інноваційної активності в регіонах тощо [3].

1.2 Основні поняття про робототехніку

Робототехніка - це сучасна наука, що використовує постійні досягнення машинобудування, матеріалознавства, виготовлення сенсорів, технологій виробництва і передових алгоритмів. Вивчення робототехніки відкриє любителів або професіоналів нові можливості в застосуванні робототехнічних проектів в різних областях діяльності. Практичне застосування роботів стимулює розвиток робототехніки і приводить в рух процес досягнень в інших галузях науки. Сьогодні роботи добувають корисні копалини, збирають комплектуючі матеріали в автомобілі. В найближчому майбутньому з'являться автомобілі з автоматичним управлінням, робототехнічні пристрої для виконання домашніх обов'язків і складання спеціалізованого устаткування під певні вимоги.

Робот - це механотронний пристрій, який включає наступні компоненти:

- Датчики;
- Сервопривод;
- Система управління;
- Винахідливість або автономність.

Міжнародний стандарт ISO 8373:2012 визначає робота як приводний механізм, що програмується по двох і більше осях, має деяку міру автономності, рухається усередині свого робочого середовища і виконує призначені йому завдання [4].

Комплексна автоматизація виробництва передбачає використання обчислювальної техніки і робототехніки шляхом створення переналагоджуваних роботизованих технологічних комплексів у рамках гнучкої виробничої системи(ГВС).

Функціональна схема робота в загальному вигляді включає виконавську(маніпуляційну) систему у вигляді одного або декількох маніпуляторів; облаштування пересування(транспортну); що інформаційно-

управляє; сенсорну інформацію про зовнішнє середовище і положення робота в ній і систему зв'язку, що дає, з оператором. Функціональну схему робота наведено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Функціональна схема робота у загальному вигляді

Виконавська система у свою чергу складається з механічної системи і ряду приводів. Механічна система маніпулятора - це звичайно кінематичний ланцюг, що складається з рухливих ланок з кутовим або лінійним пересуванням, яка закінчується яким-небудь робочим інструментом або захватним пристроєм, призначеним для безпосереднього виконання технологічних операцій і допоміжних переходів [5].

Робототехніка виникла на основі мехатроніки і кібернетики та передбачає знання механіки, електроніки, програмування [6].

Предмет робототехніки - це створення і застосування роботів і інших засобів робототехніки різного призначення. Виникнувши на основі кібернетики і механіки, робототехніка у свою чергу породила нові напрями розвитку і самих цих наук. Для кібернетики це пов'язано, передусім, з інтелектуальним

управлінням, яке потрібно для роботів, а для механіки з - багатоланковими механізмами типу маніпуляторів [7].

1.3 Основні робототехнічні платформи

Робототехніка є одним з найважливіших напрямів науково-технічного прогресу(НТП), в якому проблеми механіки і нових технологій стикаються з проблемами штучного інтелекту [8]. Нині проблеми пов'язані з робототехнікою розглядаються більше масштабно.

Застосовуються різні спеціальні робототехнічні комплекси [9]:

- Lego Mindstorms.;
- Конструктор Fischertechnik.;
- Scratch Board;
- Arduino;
- Simplecortex;
- Banana Pi;
- Raspberry Pi.

Проаналізуємо та порівняємо переваги і недоліки наведених платформ, оцінюючи їх апаратну складову та розглядаючи найбільш ефективну сферу застосування приведених платформ в різних сферах робототехніки.

Arduino - прототип платформи-мікроконтролера з відкритим початковим кодом, в основі якої стоїть простота використання апаратних засобів і програмного забезпечення. Плати Arduino здатні приймати такі дані як: натиснення на кнопку, падіння світла на датчик, або ж сигнали з віддалених пультів управління по безпроводному каналу, і, за допомогою встановленого користувачем набору інструкцій. Здатні відтворювати різного роду вихідні дані: мигання світлодіода, відтворення звуку, включення мотора. Інструкції для Arduino створюються за допомогою власної програмної оболонки Arduino IDE з

текстовим редактором, препроцесором, компілятором і інструментарієм для завантаження, що дозволяє відправляти написані програми прямо на Arduino [10].

Переваги Arduino [11]:

- Відносно недорого у використанні платформа(оригінальні базові плати стоять від \$12).
- Є власна IDE.
- Відкритий код програми. Кодування програми може розширюватися на платформі C++;
- Стандартні GPIO піни з підтримкою протоколів UART, SPI, I2C.
- Великий набір тестових скетчів, що показують принципи роботи з тим або іншим видом устаткування.
- Дуже багато сумісних з цією платформою датчиків і плат для потреб робототехніки;
- Можливість функціонування на різноманітних видах систем. Найбільш популярним середовищем стала ОС Windows;
- Можна створювати свої власні плати для розширення цієї платформи.

Недоліки Arduino:

- Мала процесорна потужність. Варіюється від 8 MHz до 84 MHz залежно від моделі.
- Малий об'єм оперативної пам'яті. Варіюється від 0.5 КБ до 96 КБ залежно від моделі.

Banana Pi - одноплатний мікрокомп'ютер, оснащений двоядерним процесором ARM Cortex-A7 і графічним процесором Mali400MP2. Платформа розроблена китайською компанією "Lemarker" з метою сприяння школам в областях інженерії, мистецтва, математики, науки і техніки. Banana Pi використовує ПЗ з відкритим початковим кодом. Одно з переваг мікрокомп'ютера - це наявність ОС з програмним забезпеченням. Banana Pi підтримує ОС на основі ядра Linux, такі як:

- Bananian Linux.

- Fedora.
- Raspbian.
- Android 4.2.2 и 4.4.
- OpenSUSE

Переваги Banana Pi:

- Двоядерний CPU ARM Cortex-A7 з частотою 1 GHz забезпечує продуктивність на рівні повноцінних домашніх комп'ютерів;
- Наявність 1 ГБ оперативної пам'яті типу DDR3;
- Наявність 2 USB 2.0 і 1 MicroUSB.
- HDMI інтерфейс з підтримкою відео в 1080p.
- 26 GPIO з підтримкою протоколів UART, SPI, I2C.
- LAN- порт 10/100/1000 Mbs.
- Використання як ПЗП SD карту до 64 ГБ або SATA HDD об'ємом до 4 ТБ.
- Вбудований ІК-порт, мікрофон.

Недоліки Banana Pi:

- Відсутність Wi - fi і Bluetooth.
- Ціна 50\$ у офіційних постачальників.
- Немає підтримки обробки аналогових сигналів.

В якості ОС **Raspberry Pi** використовує наступні системи:

- Raspbian - офіційно підтримується RPi ОС;
- RISC OS - ОС для RISC- процесорів(ARM);
- Fedora - Fedora для RPi;
- OSMC - медіапрогравач з от- критим початковим кодом.
- Raspbian Server Edition - версія з деякими додатковими пакетами;
- Windows 10 - підтримується тільки RPi 2B.

Окремо можна виділити модель Raspberry Pi Zero, оскільки у відмінності від інших моделей вона має менший розмір 65 мм x 30 мм x 5 мм і ціною в 5\$.

Переваги останньої моделі(Raspberry Pi 3) :

- Чотирьохядерний 64-бітний процесор ARM Cortex-A53 1.2 GHz порівнянний по потужності з сучасними домашніми ПК.
- Наявність 1 ГБ оперативної пам'яті типа DDR3.
- LAN- порт 10/100 Mbs.
- Наявність Bluetooth 4.1 і Wi - Fi 802.11n.- 40 GPIO з підтримкою протоколів UART, SPI, I2C.
- HDMI інтерфейс з підтримкою відео в 1080p.
- Ціна 35\$ за практично повноцінний комп'ютер.

Недоліки Raspberry Pi 3:

- Для обробки аналогових сигналів потрібно додаткові апаратні кошти.

Simplecortex - це плата-мікроконтролер, що спочатку розробляється як шилд, сумісний з Arduino. Simplecortex оснащений мікроконтролером LPC1769 з процесором ARM Cortex M3 з 512КБ flash- пам'яті і 64КБ RAM, що працює з частотою 120MHz. В ролі IDE для Simplecortex виступає ґрунтована на Eclipse CooCox CoIDE, що працює з процесорами ARM Cortex M0/M0+/M3/M4.

Переваги Simplecortex:

- Підтримка MicroSD накопичувачів.
- Наявність Ethernet- порту.
- Наявність відладчика, корисного при роботі з великими проектами.
- IDE ґрунтована на Eclipse.
- Підтримка плат розширення Arduino.
- Стандартні GPIO піни з підтримкою протоколів UART, SPI, I2C.

Недоліки Simplecortex:

- На даний момент платформа не виробляється.
- Малий об'єм оперативної пам'яті 64 КБ [11].

Таблицю порівняння апаратних характеристик останніх моделей розглянутих платформ наведено у табл.1.1 [12]

Таблиця 1.1 – Порівняння основних характеристик платформ

	Arduino Due	Simplecortex	Banana Pi	Raspberry Pi 3
Тип платформи	Мікроконтролер		Мікропроцесор	
Частота CPU	84MHz	120 MHz	1 GHz	1.2 GHz
RAM	96 КБ	64 КБ	1 ГБ	1 ГБ
ПЗУ	512 КБ	512 КБ	SD до 64 ГБ, SATA до 4 ТБ	MicroSD до 64 ГБ
GPIO	70	52	26	40
Мережа	–	Ethernet	Ethernet 10/100/1000	Ethernet 10/100 Mbs, Wi-Fi 802.11n
Наявність ОС	–	–	+	+
USB	2 micro	2 micro	2x USB 2.0	4 x USB 2.0
Додаткові інтерфейси	–	–	HDMI, ІК-порт	HDMI, Bluetooth 4.1
Ціна	10-20\$	–	50\$	35\$

Отже, на підставі проведеного аналізу та порівняння основних характеристик платформ, було вирішено розробляти проект маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D саме на платформі Arduino. Тож, розглянемо детальніше середовище програмування Arduino Uno.

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ARDUINO

Arduino - це електронний конструктор і зручна платформа швидкої розробки електронних пристроїв для новачків і професіоналів. Платформа стала популярною у всьому світі завдяки зручності мови програмування, а також відкритій архітектурі і програмному коду. Програмується через USB без використання програматорів. Пристрої на базі Arduino можуть отримувати інформацію про довкілля за допомогою різних датчиків, а також можуть управляти виконавчими пристроями. Проекти пристроїв, ґрунтовані на Arduino, можуть працювати самостійно, або взаємодіяти з програмним забезпеченням комп'ютера. Arduino UNO - плата розробників, одна з декількох (Mega, Nano і ін.), ґрунтована на мікроконтролері ATmega328. Він популярний, головним чином, із-за великої мережі підтримки та універсальності.

Оснащення Arduino :

- 14 цифрових портів введення-виведення, шість з яких уміють видавати ШИМ;
- 6 аналогових портів, що входять;
- генератор 16 МГц;
- USB порт;
- роз'єм живлення;
- кнопка скидання;
- роз'єм ICSP.

На відміну від комп'ютера, Arduino майже не має пам'яті, а також не має операційної системи, клавіатури з мишею і екрану. Головне її завдання - читання даних з датчиків і управління виконавчими пристроями [13]. На рис. 2.1 перераховані деякі пристрої, які можна під'єднувати до плати Arduino

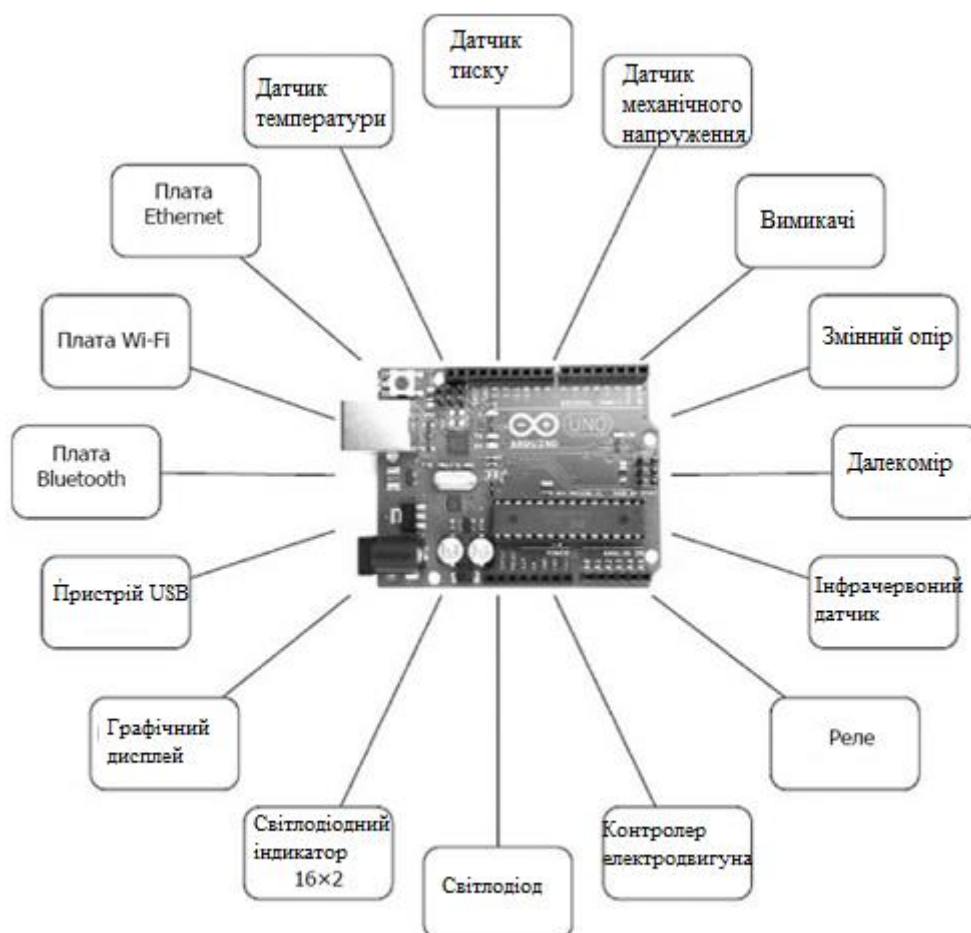


Рисунок 2.1- Пристрої, що підключаються до Arduino

2.1 Характеристика плати Arduino Uno

Arduino дозволяє користувачу зосередитися на розробці проектів, а не на вивченні пристроїв пристрою та принципів функціонування окремих елементів, оскільки немає нагальності в створенні плат та модулів. Розробник може використовувати готові плати розширення або просто підключити до Arduino необхідні елементи. Решта зусиль будуть спрямовані на розробку та відладку керуючої програми на мові високого рівня.

Контролер Arduino Uno побудован на мікроконтролері ATmega328. На відміну від попередніх плат, що використали для зв'язку по USB

мікроконтролер FTDI USB, новий Arduino Uno використовує мікроконтролер ATmega8U2 [14]. Основні характеристики плати Arduino Uno наведені у табл.2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики плати Arduino Uno

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга(рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Постійний струм для виводу 3,3 В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кбайт, при цьому 0,5 Кбайт використовується для завантажувача
ОЗП	2Кбайт
EEPROM	1 Кбайт
Тактова частота	16 МГц

2.2 Структура програми

Arduino програмується на мові Wiring, якого насправді не існує, як і не існує і компілятора Wiring – написані на Wiring програми перетворюються в

програму на мові C/C++ а потім компілюється компілятором AVR-GCC. Фактично використовується спеціалізований для мікроконтролерів AVR варіант C/C++ [15]. Основні функції, що використовувалися при проектуванні, наведені у табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Основні функції програми

Назва	Визначення
Цифрове введення/ виведення	
digitalWrite (pin, value)	Виводить або логічний рівень HIGH, або LOW(включає або вимикає) на заданому цифровому виведенні pin. Висновок може бути заданий або як змінна, або як константа(0-13).
analogWrite (pin, value)	Записує псевдо-аналогове значення, використовуючи схему з широко-імпульсною модуляцією(PWM), на вихідне виведення, помічене як PWM. На новому модулі Arduino з ATmega168(328), ця функція працює на виведеннях 3, 5, 6, 9, 10 і 11.
pinMode (pin, mode)	Використовується в void setup () для конфігурації заданого виведення, щоб він працював на вхід(INPUT) або на вихід(OUTPUT).
Час та математика	
delay (ms)	Призупиняє вашу програму на заданий час(у мілісекундах), де 1000 дорівнює 1 секунд.
Послідовний обмін	

Serial.println (data)	Передає дані в послідовний порт, супроводжуючи автоматичним поверненням каретки і переходом на новий рядок.
Керування програмою	
if...else	Конструкція if...else дозволяє зробити вибір "або, або". else може також передувати іншій перевірці if так, що ці множинні, взаємовиключні перевірки можуть запускатися одночасно. І можлива навіть необмежена кількість подібних else переходів.
for	Конструкція for використовується для повторення блоку виразів, поміщених у фігурні дужки задане число разів. Нарощуваний лічильник часто використовується для збільшення і припинення циклу

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

Тема дипломного проекту : Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D.

За допомогою мікроконтролера Arduino можна створювати не лише невеликі програми, а і програмувати роботів з великого числа компонентів.

Розділимо процес моделювання на етапи:

1. Для проектування машини потрібні різні мотори. Для машинки використовуватимемо багато різних компонентів, у тому числі і шилд для управління моторами. В першу чергу готуємо корпус для машинки (рис.3.1)

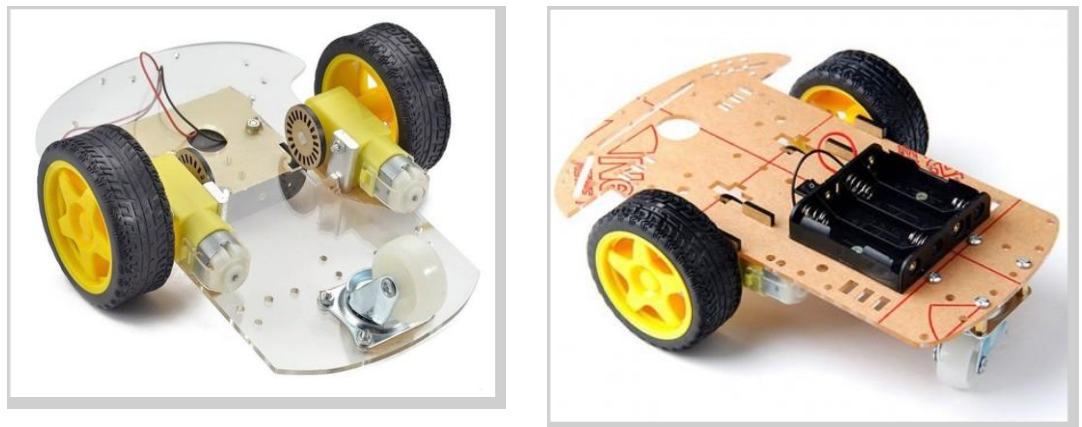


Рисунок 3.1 – Корпус

Корпус може бути виконаний з пластика, дерева або звичайного картону. Переконаємося, що конструкція досить міцна, і витримає велику кількість компонентів, які будуть розташовані на платформі (рис.3.2)



Рисунок 3.2 – Платформа

2. **Сервопривід** Серво - цей пристрій, який може обертатися в задане положення. Такі компоненти дозволяють роботі рухати кінцівками, піднімати предмети або фіксувати певні елементи (рис.3.3).

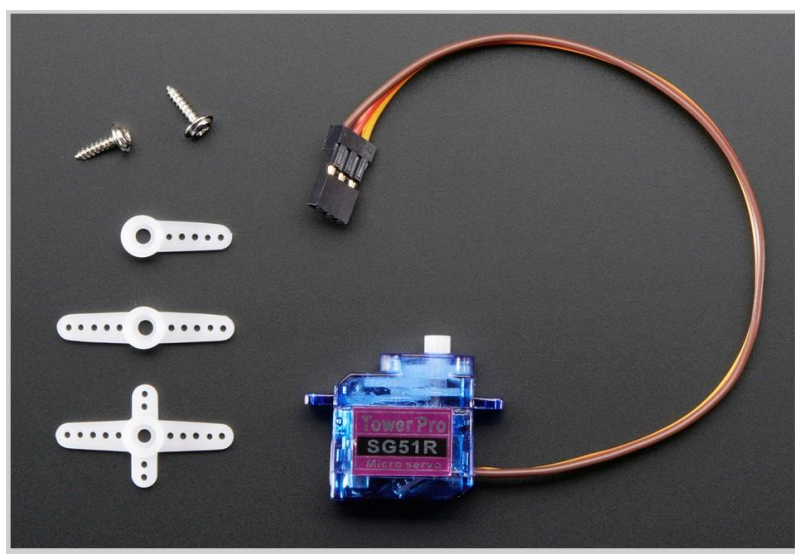


Рисунок 3.3 – Сервопривід

Головне завдання сервоприводу - поворот на заданий кут і утримування певного положення. Пристрій може обертатися на 180° , а управляти їм і обертати його в потрібну позицію можна за допомогою Arduino(рис. 3.4). У сервомотор вбудовано все: двигун, ланцюг зворотного зв'язку і, найголовніше, драйвер двигуна. Для роботи йому потрібні напруга, заземлення і один контакт, що управляє. Визначити, де який пін, можна за кольором з'єднань. Коричневий

відповідає GND, на червоний подається напруга V5, а на помаранчевий - сигнал. Підключимо серводвигун до схеми - це буде наш перший елемент(рис.3.5).

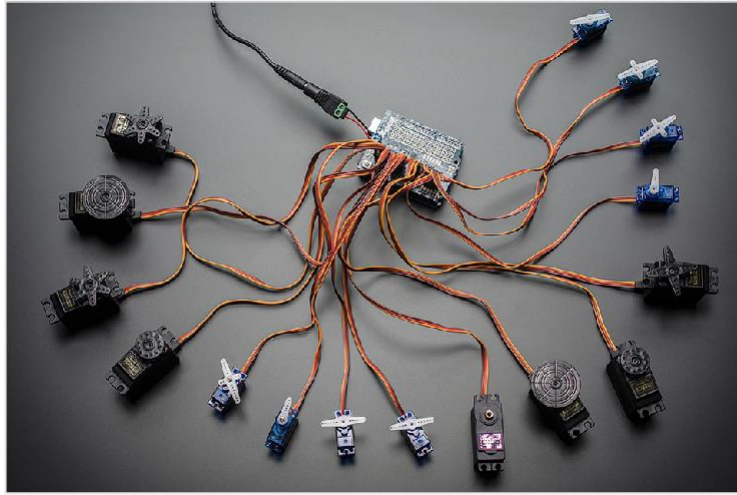


Рисунок 3.4

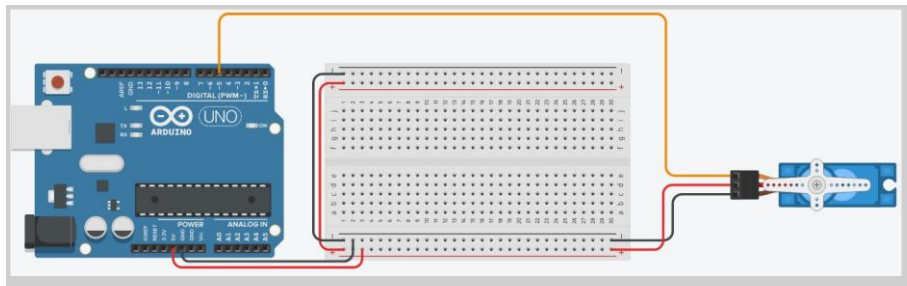


Рисунок 3.5

3. Підключаємо бібліотеку для управління сервоприводом;
4. Визначимо пін, до якого підключений серво :
5. Для управління сервоприводом треба створити об'єкт;
6. Також в програмі знадобляться змінні. `Servo- Angle` - це буде кут, на який розгортається сервопривод, а `gameStatus` - це мод гри, тобто те, що повинен робити робот :
7. Напишемо функцію і встановимо режим роботи серво;

8. У цій функції ми з'єднали об'єкт `myservo` з пином `SERVO _ MOTOR`. Після цього подали сигнал, щоб повернути механізм на кут `servoAngle`, тобто на 90 градусів.
9. Наступним чином переходимо до циклу програми. На даному етапі у нас є тільки один мод гри, саме його будемо налаштовувати. Напишемо функцію для управління сервоприводом. Щоб виконати обертання, треба передати значення для управління приводом. Для сервоприводу це кут від 0 до 180. Передати це значення треба у функцію `myservo.write()`:
10. Активуємо роботу сервоприводу за допомогою наступної функції:

```
void startDraw() { Serial.print("Angle: ");
Serial.println(servoAngle);drawLeft();
drawRight();
// gameStatus = 1;
}
```

Двигуни - невід'ємна частина робототехніки. Без двигунів неможливо реалізувати механізм обертання лопатей або коліс. Двигуни постійного струму(DC Motors) - одні з найпростіших і популярніших видів (рис.3.6). Керувати такими двигунами можна безпосередньо, без додаткових компонентів. Але цей метод проблематично застосовувати на практиці. Для управління двигунами постійного струму використовують драйвера двигунів, і одним з найпопулярніших з них є L293D(рис. 3.7).



Рисунок 3.6 – Двигун постійного струму



Рисунок 3.7 – Драйвер L293D

На мікроконтролері L293D розташоване 16 пінов. Нумерація виведень робиться строго проти стрілки годинника, а перший елемент знаходиться біля виїмки на мікроконтролері. Схема наведена на рис. 3.8.

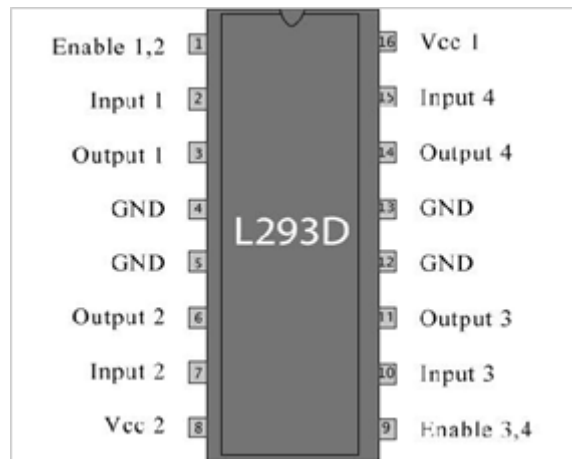


Рисунок 3.8

11. Підключимо два двигуни постійного струму, драйвер мотора і акумуляторну батарею 9V(рис. 3.9).

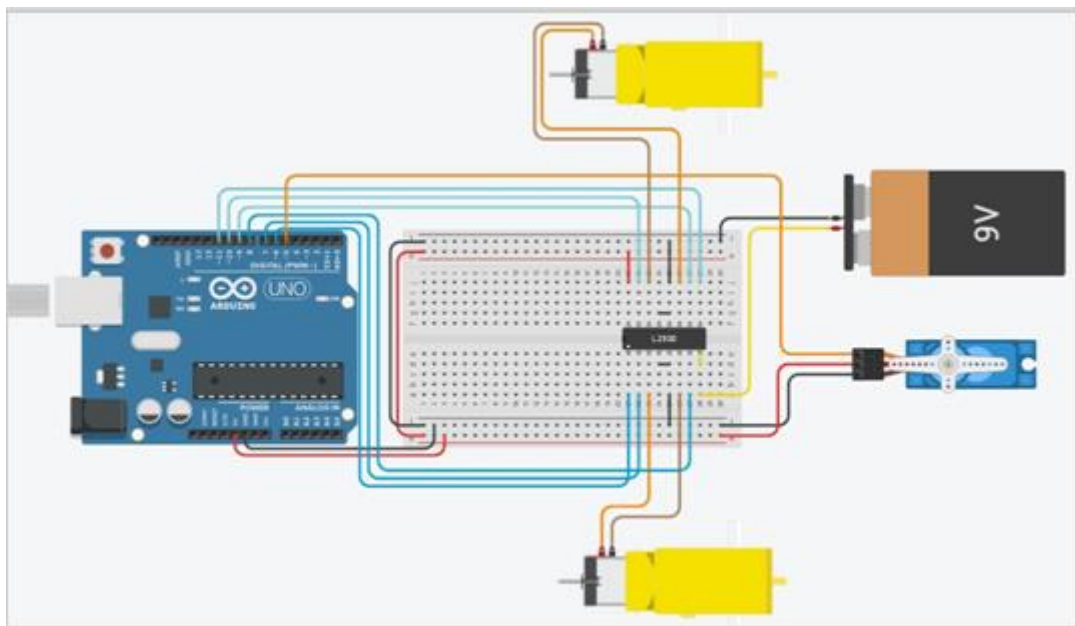


Рисунок 3.9

Отже, було підключено до пинів Output 1, Output 2 виходи одного двигуна, а до Output 3 і Output 4 - виходи іншого(рис. 3.10).

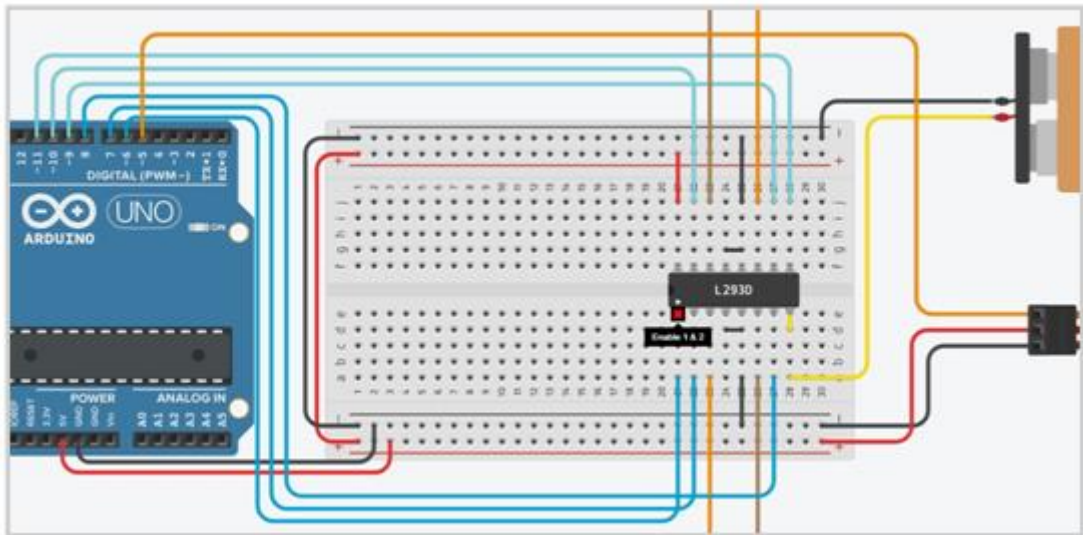


Рисунок 3.10

12. Приєднуємо колесо до двигуна (рис.3.11)

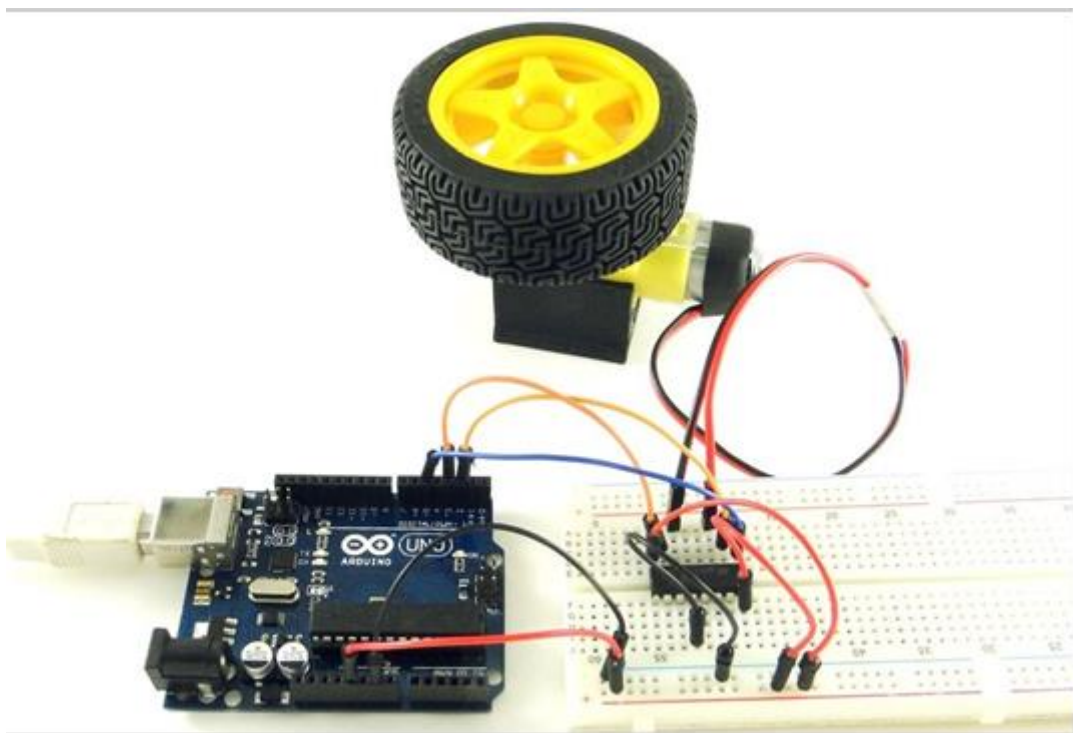


Рисунок 3.11

13. За допомогою інструкції `#define` визначимо константи для номерів пинов :

```
#define PIN_ENA 6
```

```
#define PIN_IN1 7
```

```
#define PIN_IN2 8  
#define PIN_IN3 9  
#define PIN_IN4 10  
#define PIN_ENB 11
```

14. Створюємо константу. Її використовуватимемо як швидкість руху робота. Крім того, створимо змінну, в якій зберігатиметься тривалість очікування в мілісекундах ::
15. Створюємо два масиви з пинами, до яких підключаємо мотори;
- 16.Обов'язково встановимо режим роботи пинов. Для цього додамо код у функцію setup();
17. Програмуємо новий мод;
18. Тепер, як тільки сервопривід зробить декілька рухів, робот почне їхати. Передусім запрограмуємо мотори на рух вперед і назад. Подаючи різні сигнали, можемо управляти напрямом руху;
19. Додамо функцію, яка буде повністю зупиняти мотори;
- 20.Наступним чином запрограмуємо рух робота. Він повинен їхати вперед, назад і виконувати повороти управо і вліво;
21. Тепер детальніше розглянемо функцію move- Robot(). Рух вперед і назад реалізовані за допомогою функцій moveForward() і moveBackward().Для того, щоб робот повернув направо, треба подати на праве колесо меншу швидкість, ніж на ліве, наприклад, в два рази менше(рис. 3.12).

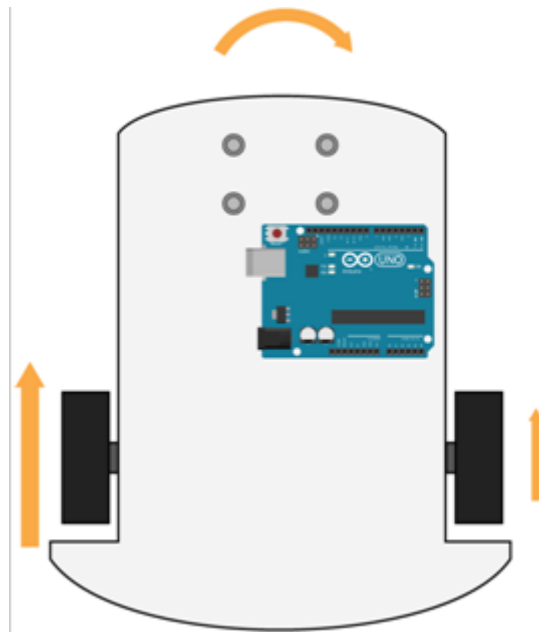


Рисунок 3.12

Щоб запрограмувати поворот наліво, навпаки, слід подати меншу швидкість на ліве колесо(рис. 3.13).

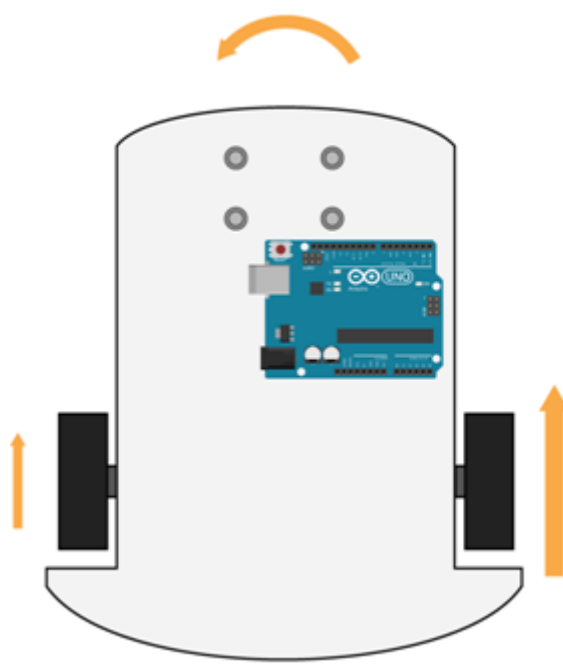


Рисунок 3.13

22. Для того, щоб програма функціонувала правильно, запускаємо строку *gameStatus;*

23. Доповнюємо робот спеціальним компонентом, що дозволить керувати швидкістю робота. В нашому випадку використаємо потенціометр.

Потенціометр - пристрій, за допомогою якого можна регулювати опір. Потенціометри часто використовують в пристроях, що регулюють яскравість, гучність, швидкість руху. При повороті валу(керівника елемента) на потенціометрі міняється опір. Тобто в результаті сигнал передається зі зміненим значенням. Плата Arduino оснащена конвектором, який може перетворювати аналогове значення в цифрове. В результаті потенціометр поверне значення від 0 до 1023. Якщо вал повністю повернути в один бік, на пін поверне значення рівне 0, тобто напруга, рівна 0V. Якщо вал повністю повернути в інший бік, на пін поступить значення рівне 1023 або напруга в 5V.

24. Додаємо потенціометр та підключаємо його до піну A0 (рис.3.14)

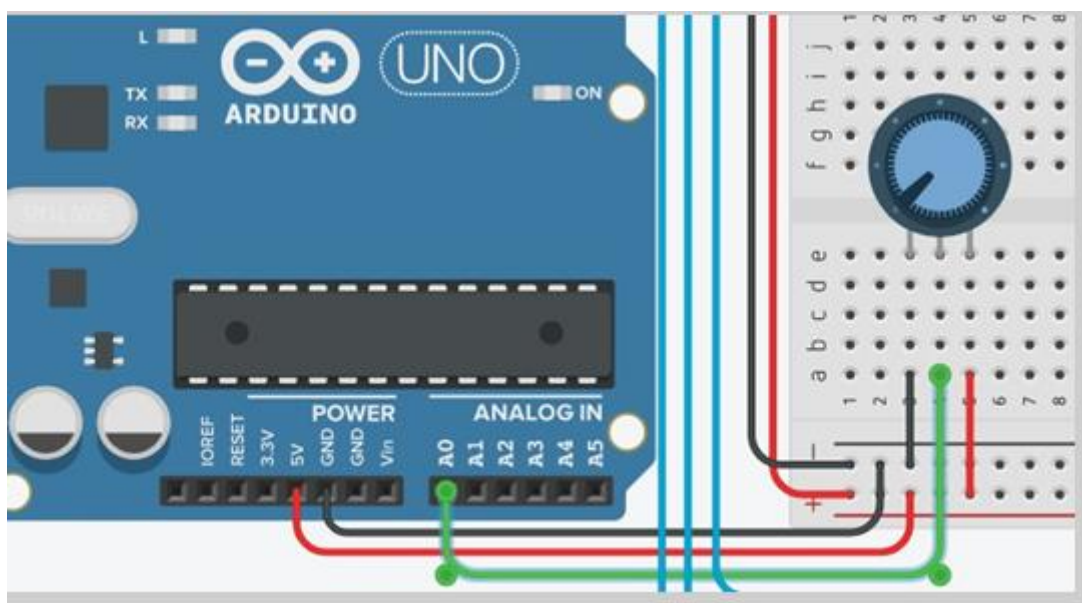


Рисунок 3.14

25. Додамо в програму код для управління потенціометром. Спочатку визначимо константу;

26. Закоментуємо рядок, що швидкість - це константа: Тепер швидкість - це змінна, яка залежатиме від сигналу з потенціометра : 27. Встановимо режим роботи піна. Додамо в код лише один рядок коду перед очікуванням `delay()`;

З потенціометра програма може отримати число від 0 до 1023. Якщо воно дорівнюватиме 0, то немає сенсу запускати програму, тому що тоді швидкість моторів буде нульова.

27. У циклі в змінну `value` записуємо значення від 0 до 1023. Якщо воно більше 0, то переходимо до основного циклу програми, інакше цикл знову повторюється. У функції `loop()` ми використовуємо функцію `map()`, щоб конвертувати числа з одного представлення в інше. Щоб перетворити цілі числа з одного представлення в інше, використовуємо функцію `map()`. Перший її параметр - це значення, яке буде перетворювати. Другий і третій параметри - це верхня і нижня межі числа, яке поступає, тобто від 0 до 1023. Останні два числа - це верхня і нижня межі нового діапазону, до якого приводимо число. Нарешті, програма готова. Можемо запустити її в емуляторі.

28. Проводимо експеримент. В результаті експерименту отримуємо позитивний результат - все працює. На фінальному етапі, збираємо робота і завантажуюмо код на плату Arduino(рис. 3.15).

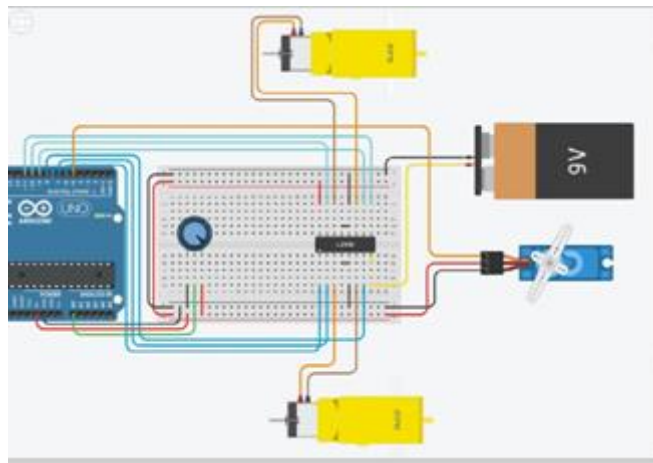


Рисунок 3.15 – Схема готового виробу

Ілюстроване зображення зображення виробу наведено у Додатку А.

Напишемо комплексну програму, що була розроблена:

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

```

#define SERVO_MOTOR 5
#define PIN_ENA 6
#define PIN_IN1 7
#define PIN_IN2 8
#define PIN_IN3 9
#define PIN_IN4 10
#define PIN_ENB 11
#define PIN_POT A0

Servo myservo;

int servoAngle = 90;
int gameStatus = 0;

// const int speed = 255;
int speed;
const int waitTime = 3000;
const int pinMotorA[3] = {PIN_ENA, PIN_IN1, PIN_IN2};
const int pinMotorB[3] = {PIN_ENB, PIN_IN3, PIN_IN4};
const int Y_PIN = 2;      // Вісь Y джойстика підключена до аналоговому піну 2
const int X_PIN = 1;      // Вісь X джойстика підключена до аналоговому піну 1
const int BUTTON_PIN = 8; // Кнопка підключена до цифрового виводу 8
float stepSize = 180 / 1024; // Обчислюємо крок. градусы / на градацію
// Кут повороту джойстика 180 градусов, АЦП видає значення від 0 до 1023,
// усього 1024 градації

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    myservo.attach(SERVO_MOTOR);

```

```
myservo.write(servoAngle);
```

```
pinMode(PIN_IN1, OUTPUT);
pinMode(PIN_IN2, OUTPUT);
pinMode(PIN_ENA, OUTPUT);
pinMode(PIN_IN3, OUTPUT);
pinMode(PIN_IN4, OUTPUT);
pinMode(PIN_ENB, OUTPUT);
pinMode(PIN_POT, INPUT);
```

```
Serial.begin(9600); // Швидкість роботи з монітором порту
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    int value = analogRead(PIN_POT);
```

```
    Serial.print("Value: ");
```

```
    Serial.println(value);
```

```
    if (value > 0) {
```

```
        speed = map(value, 0, 1023, 0, 255);
```

```
        Serial.print("Speed: ");
```

```
        Serial.println(speed);
```

```
        switch (gameStatus) {
```

```
            case 0:
```

```
                startDraw();
```

```
                break;
```

```
            case 1:
```

```
                moveRobot();
```

```
                break;
```

```
        }
```

```

}

int yVal = analogRead(Y_PIN);    // Задаємо змінну yVal для зчитування
показань аналогового значення

int xVal = analogRead(X_PIN);    // Задаємо змінну xVal для зчитування
показань аналогового значення

float yAngle = yVal * stepSize; // Переводимо вихідні дані yVal в кут нахилу
джойстика (от 0 до 180)

float xAngle = xVal * stepSize; // Аналогічно xVal

boolean isNotClicked = digitalRead(BUTTON_PIN); // Зчитуємо, не було ли
нажатия на джойстикчи не було натискання на джойстик

Serial.print("Horisontal angle = "); // Виводимо текст
Serial.println(xAngle);              // Виводим значення кута
Serial.print("Vertical angle = ");
Serial.println(yAngle);

if (!isNotClicked)
{
    Serial.println("Clicked");
}

delay(1000); // Встановлюємо тимчасову затримку в 1000 мілісекунд чи 1
секунду
}

```

```

void drawLeft() {
for (int i = 0; i <= 90; i += 1) {
    if (i <= 45) {
        servoAngle += 1;
    } else {
        servoAngle -= 1;
    }
}
}

```

```

    myservo.write(servoAngle);
    delay(15);
}
}

void drawRight() {
    for (int i = 0; i <= 90; i += 1) {
        if (i <= 45) {
            servoAngle -= 1;
        } else {
            servoAngle += 1;
        }
        myservo.write(servoAngle);
        delay(15);
    }
}

void startDraw() {
    Serial.print("Angle: ");
    Serial.println(servoAngle);
    drawLeft();
    drawRight();
    gameStatus = 1;
}

void moveForward(const int pinMotor[3], int speed) {
    digitalWrite(pinMotor[1], HIGH);
    digitalWrite(pinMotor[2], LOW);
    analogWrite(pinMotor[0], speed);
}

void moveBackward(const int pinMotor[3], int speed) {
    digitalWrite(pinMotor[1], LOW);

```

```

    digitalWrite(pinMotor[2], HIGH);
    analogWrite(pinMotor[0], speed);
}

```

```

void fullStop(const int pinMotor[3]) {
    digitalWrite(pinMotor[1], LOW);
    digitalWrite(pinMotor[2], LOW);
    analogWrite(pinMotor[0], 0);
}

```

```

void moveRobot() {
    Serial.print("F ");
    moveForward(pinMotorA, speed);
    moveForward(pinMotorB, speed);
    delay(waitTime);
    Serial.print("R ");
    moveForward(pinMotorA, speed); // move right
    moveForward(pinMotorB, (speed / 2));
    delay(waitTime);
    Serial.print("B ");
    moveBackward(pinMotorA, speed);
    moveBackward(pinMotorB, speed);
    delay(waitTime);
    Serial.print("L ");
    moveForward(pinMotorA, (speed / 2));
    moveForward(pinMotorB, speed); // move left
    delay(waitTime);

    fullStop(pinMotorA);
    fullStop(pinMotorB);
}

```

```
Serial.println();  
gameStatus = 0;  
}
```

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Тема дипломної роботи «Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D». В роботі здійснюється проектування автоматизованого приводу з метою вибору оптимального апаратного забезпечення.

Досліджувану тему дипломної роботи можна назвати актуальною, оскільки в сучасному світі відбувається тотальна цифровізація і автоматизація процесів (промислових та побутових). В ході досліджень було з'ясовано, що мету проекту – розробку маніпулятора, можна досягти різноманітними шляхами. Одні з найвірогідніших - розробка на робото-технічній платформі Arduino , або шляхом збирання Lego Technic. Розрахуємо собівартість матеріалів першого варіанту (таблиця 4.1):

Таблиця 4.1 – Собівартість матеріалів (проектування за допомогою Arduino)

Матеріал	Ціна, грн
Плата Arduino Uno	210
Комплектуючі (двигуни, основа, колеса)	260
Джойстик	40
Проводи та резистори	10
$\Sigma=520$	

Вартість Lego Technic складає 3768 грн , тож очевидно, що готовий фірмовий набір занадто дорогий. Отже, виникає необхідність пошуку альтернативних рішень і проектування робота за допомогою Arduino.

Таблиця 4.2 – Практичні результати, отримані в результаті дослідження

Проведені роботи	Результат
Моделювання робота в емуляторі Тінкеркад	Дозволило створити зручну для експлуатації схему та розробити під неї програму. Після чого протестувати в режимі реального часу
Тестування двигунів під керуванням мікроконтролера L293D	Використання даного мікроконтролера забезпечило більшу маневреність робота

Таблиця 4.3 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування
Розробка маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D	Використання в монументальному живопису та інших художніх напрямках сучасного мистецтва
	Створення креслення об'єктів в реальних розмірах
	Нанесення розмітки

Отже, можна зробити, що ідея проекту є перспективною, та недорогою за собівартістю матеріалів.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Безпека обладнання

Устаткування маніпулятора має забезпечувати вимоги безпеки при монтажних роботах, експлуатації та ремонті, транспортуванні і зберіганні. Велика частина заходів безпеки реалізована на проектному етапі. На цьому рівні проектування в конструкцію обладнання закладаються більше п'яти десятків різних вимог безпеки відповідно до положень більше двох десятків стандартів системи стандартів безпеки праці (ССБП) і інших нормативних документів. Безпека лабораторного обладнання відповідно до вимог ГОСТ 12.0.001, ГОСТ12.2.003, ГОСТ12.2.026 і ГОСТ12.0.003 забезпечується [16]:

- вибором принципів дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкції і т.д .;
- застосуванням в конструкції безпечних матеріалів і речовин;
- застосуванням в конструкції засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування; • виконанням ергономічних і естетичних вимог;
- вибором безпечних органів управління;
- застосуванням в конструкції засобів захисту;
- дотриманням вимог безпеки при експлуатації, монтажних роботах, транспортуванні і зберіганні; • розміщенням обладнання на майданчику;
- професійним відбором і навчанням працюючих;
- вибором електрообладнання і конструкції обладнання з урахуванням пожежної безпеки;
- включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання;
- контролем за дотриманням вимог безпеки, правил експлуатації і трудового законодавства з охорони праці працюючими.

В даному проекті розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації обладнання протягом усього терміну служби. Устаткування маніпулятора при експлуатації і в умовах, встановлених експлуатаційною та ремонтною документацією по ГОСТ 2.601 і ГОСТ 2.602, яка не становить небезпеки в надзвичайних ситуаціях у результаті впливу вологості, високої температури, сонячної радіації, механічних коливань, високих і низьких тисків, агресивних речовин, вітрових навантажень, обмерзання і інших негативних чинників, які мають місце при надзвичайних ситуаціях.

5.2 Безпека елементів конструкції

Елементом конструкції маніпулятора є двигун постійного струму, які відповідають вимогам безпеки ГОСТ 12.1.019-79:

- двигун постійного струму забезпечує безпеку працюючих при введенні в експлуатацію і експлуатації, як у випадку автономного використання, так і в складі технологічних комплексів при дотриманні вимог (умов, правил), передбачених експлуатаційною документацією;
- матеріали двигуна постійного струму не зроблять небезпечно і шкідливий вплив на організм людини на всіх заданих режимах роботи та передбачених умовах експлуатації, а також не створять пожежовибухонебезпечних ситуацій, тому що обрані матеріали з класом небезпеки 4 і не пожежовибухонебезпечної;
- елементи конструкції електроприводу не мають гострих кутів, крайок, задирок і поверхонь з нерівностями, що представляють небезпеку травмування працюючих;
- проведення вимірювання фізичних величин за допомогою ручних вимірювальних інструментів дозволяється тільки при забезпеченні

заходів, що виключають можливість контакту, що працює з струмоведучими частинами [16].

5.3 Безпека вихідних матеріалів

Безпека виробу забезпечується використанням в конструкції безпечних матеріалів і речовин. Згідно з вимогами, ГОСТ 12.3.002-75 матеріали конструкції не роблять шкідливого впливу на працюючих. При використанні матеріалів, які можуть мати шкідливий вплив, передбачені відповідні засоби захисту працюючих [16];

5.4 Екологічна безпека вихідних матеріалів

Одним з екологічних показників є екологічна безпека вихідних матеріалів і речовин, що входять в конструкцію обладнання. При виготовленні та експлуатації маніпулятора виконані всі нормативні природоохоронні вимоги. У конструкції маніпулятора застосовані безпечні і екологічні відповідно до стандартів ССБП і охорони навколишнього середовища, сертифіковані матеріали і речовини, що пройшли 1 гігієнічну перевірку і перевірку на пожежонебезпеку [16].

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було поставлена задача розробки маніпулятора для малювання ручкою на основі мікроконтролера L293D.

В ході виконання роботи були зроблено наступне:

1. Під час розробки маніпулятора були проведені відповідні дослідження;
2. Була розроблена функціональна схема, виходячи з якої було складена принципова схема. На основі принципової схеми та необхідних характеристик були обрані елементи системи керування;
3. Була складена схема логіки керування роботом, на основі якої була дороблена керуюча програма на мові програмування C++. Після завантаження програми на плату керування було проведено відладка програмного коду та налаштування керування;
4. Здійснено оцінку техніко-економічних показників проекту. Розрахунок собівартості матеріалів показав доцільність проведених досліджень;
5. Безпека життєдіяльності та екологічність проекту відповідає всім нормам та стандартам. Згідно з вимогами, ГОСТ 12.3.002-75 матеріали конструкції не роблять шкідливого впливу на працюючих. При використанні матеріалів, які можуть мати шкідливий вплив, передбачені відповідні засоби захисту працюючих;
6. На основі проведення теоретичного аналізу, було з'ясовано, що робототехніка в Україні перебуває в досить складному становищі через неузгодженість в інноваційній сфері, що в свою чергу доводить актуальність проекту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ВИКОРИСТАННЯ

1. Удовицька Є.А. Економічні аспекти розвитку робототехніки в Україні // Журнал «Науковий огляд». 2016. №5(26);
2. Собкевич О.В., Сухоруков А.І., Шевченко А.В. Інноваційний розвиток промисловості як складова структурної трансформації економіки України : аналіт.доп.Київ : НІСД, 2013. 71 с.;
3. Антохов А.А. Роботизація як головний рушій переходу до технологосингулярного етапу розвитку регіональної економіки // Молодий вчений. 2015. №2(1). С.67-71;
4. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. Основы робототехники : учебное пособие. Новосибирск : Агенство "Сибпринт", 2019.160с.;
5. Кудрявцев А.А., Иванов А.А., Москвичев А.А., Кварталов А.Р. Основы робототехники : учебное пособие. Нижний Новгород : НГТУ, 2010. 203с. ;
6. Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей : учеб. пособие. СПб.: Наука, 2013. 319 с.
7. Юревич Е. И. Основы робототехники. Санкт-Петербург.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
8. Курс «Arduino для начинающих». URL <http://edurobots.ru/kurs-arduino-dlya-nachinayushhih> (дата звернення: 19.05.2021).
9. Тузикова И. В. Изучение робототехники - путь к инженерным специальностям // Школа и производство. 2013. № 5. С. 45-47
- 10.Юревич Е.И. Основы роботехники. Санкт-Петербург.: БВХ - Петербург, 2007. - 416 с.
- 11.Шапка А.В., Слива Е.А. Основные робототехнические платформы // International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol.1, part 5. 2016. С.247-250

- 12.Слива М. В. Современные платформы для преподавания робототехники // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: Материалы IV всероссийской научно- практической конференции (г. Нижневартовск, 12-13 февраля 2015 года). Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. университета, 2015. С. 516-518.
- 13.С. Монк. Програмируем Arduino.Профессиональная работа со скетчами. Санкт-Петербург, 2017. 265 с.;
14. Петин В.Проекты с использованием контроллера Arduino. Санкт-Петербург : БХВ-Перербург. 2015. 464 с.;
- 15.Brian W.Evans. Arduino, блокнот программиста. San Francisco, California, 2007. 40 с.;
16. Инструкция по охране труда для техника роботизированного производства. URL : http://ocrpo-ural.ru/rkts-wsr/perechen-kompetentsiy/promyshlennaya-robototekhnika/ТБ_Промышленная%20робототехника.pdf (дата звернения : 23.05.2021)

ДОДАТОК А



Рисунок А1 – Готовий виріб (вид спереду)

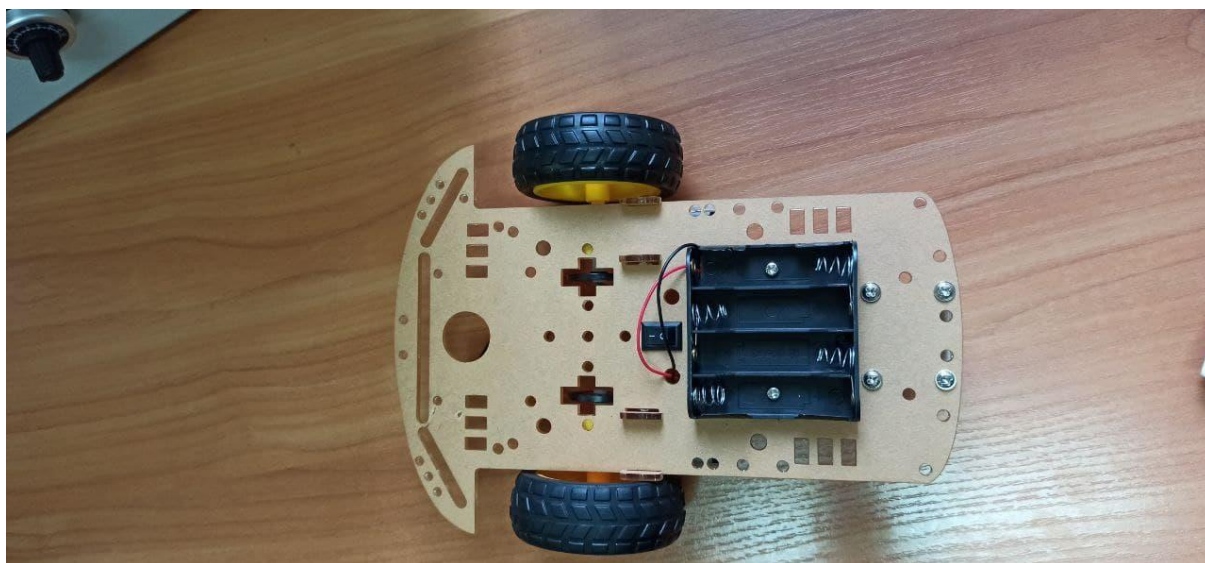


Рисунок А2 – Готовий виріб (вид зверху)

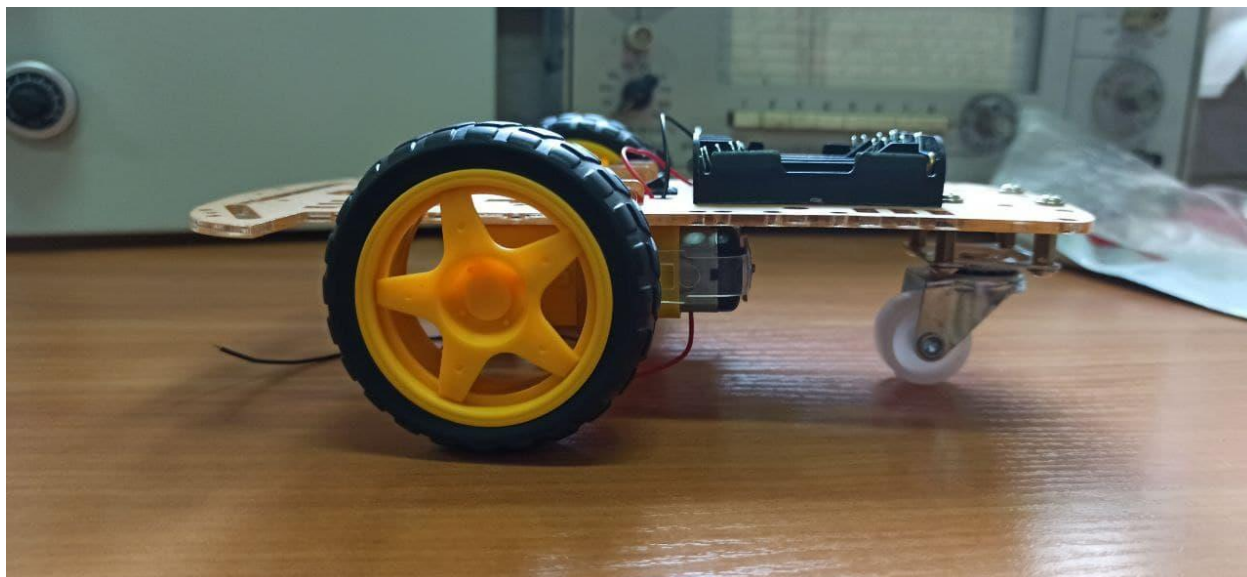


Рисунок АЗ – Готовий виріб (вид збоку)