

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

Розробка моделі мобільного колісного робота для пошуку

вибухонебезпечних об'єктів

(тема)

Виконав:

студент 4 курсу, групи АКТСІ-20-3

Безрук В.Д.

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Системна інженерія

Керівник доц. Демська Н.П.

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАР

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

2024р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет _____ АКТ _____
Кафедра _____ КІТАР _____
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
Спеціальність _____ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Системна інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри КІТАР _____ (підпис)
« 22 » квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Безруку Вадиму Дмитровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка моделі мобільного колісного робота для пошуку вибухонебезпечних об'єктів

Затверджена наказом по університету від 03.06.2024 р. № 545 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 22.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи використовуються складові компоненти системи: Arduino Uno; драйвер моторов MX15084; Bluetooth HC-06; Акумулятор ДБЖ Full Energy; плата металошукача Пірат; камера SQ11.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ, обґрунтування актуальності роботи; _____

4.2 Визначення мети, предмету та об'єкту розробки; _____

4.3 Аналіз літературних джерел; _____

4.3 Аналіз існуючих конструкцій; _____

4.4 Розробка блок-схеми керування; _____

4.5 Вибір апаратного забезпечення та внутрішніх компонентів робота-металошукача; _____

4.6 Розробка системи дистанційного керування; _____

4.7 Питання забезпечення безпечних умов при проектуванні РД; _____

4.8 Висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Графічний матеріал у вигляді презентації – 12 арк. ф. А 4

6. Консультанти розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Актуальність роботи, постановка задачі	22.04.24 – 30.04.24	виконано
2	Визначення мети, предмету та об'єкту розробки	01.05.24 – 08.05.24	виконано
3	Аналіз літературних джерел. Аналіз існуючих конструкцій	09.05.24 – 14.05.24	виконано
4	Розробка блок-схеми керування. Вибір апаратного забезпечення та внутрішніх компонентів робота-металошукача	15.05.24 – 25.05.24	виконано
5	Розробка системи дистанційного керування	26.05.24 – 30.05.24	виконано
6	Питання забезпечення безпечних умов при проектуванні РД	31.05.24 – 04.06.24	виконано
7	Подання роботи на перевірку автоматизованою системою щодо дотримання академічної доброчесності	05.06.24 – 09.06.24	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	10.06.24 – 13.06.24	виконано
	Подання роботи на рецензію	14.06.24 – 16.06.24	виконано
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	17.06.24 – 20.06.24	виконано
11	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	21.06.2024	виконано

Дата видачі завдання 22.04.2024 р.

Студент _____ Безрук В.Д.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Демська Н.П.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, Безрук Вадим Дмитрович, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

10.06.2024



Вадим БЕЗРУК

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 74 с., 5 табл., 63 рис., 2 дод., 19 джерел

РОБОТ, ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ, БЕЗДРОТОВЕ КЕРУВАННЯ, ДАТЧИКИ, МЕТАЛОШУКАЧ, ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ

Мета роботи – створення робота-металошукача з метою ефективного виявлення прихованих мін.

Об'єкт розробки – процес виявлення мін за допомогою роботизованих систем.

Предмет розробки – технічні та програмні засоби, необхідні для створення та оптимізації робота-металошукача, зокрема механізми пошуку, сенсори для виявлення металевих об'єктів, алгоритми обробки даних та системи керування.

В роботі була проведена робота з визначення мети, об'єкту та предмету розробки, проаналізовані основні публікації, нормативні, довідкові матеріали за темою роботи. У роботі виконано проектування та розробка фізичної моделі та додаток для керування мобільним роботом.

У першому розділі наведено аналіз існуючих конструкцій мобільних платформ та систем дистанційного керування.

У другому розділі описано етап аналізу апаратного забезпечення та внутрішніх компонентів робота-металошукача.

В третьому розділі описано процес програмної реалізації проекту, розробки додатка та програмного забезпечення мобільного робота.

Результатом проведеної роботи є фізична модель мобільного робота з металошукачем та додатка для керування моделі. Практичне значення роботи полягає в ефективному виявленню та розмінуванню мін у воєнних та конфліктних зонах.

ABSTRACT

Explanatory note: 74 p., 5 tabl., 63 pic., 2 applications, 19 sources,

SIMULATION MODEL, PRODUCTION SYSTEM, HYPOTHESIS, USER INTERFACE.

The purpose of the work is to develop and create a metal detector robot using effective detection of hidden mines.

The object of development is a the process of identifying mines for additional robotic systems.

The subject of development is the technical and software tools necessary to create and optimize a metal detector robot, including search mechanisms, sensors for creating metal objects, data processing algorithms and control systems.

In the work, work was carried out to determine the goal, object and subject of development, the main publications, normative, reference materials for the topic of the work were analyzed. The work includes the design and development of a physical model and an application for controlling a mobile robot.

The first section provides an analysis of existing designs of mobile platforms and remote control systems.

The second section describes the stage of analysis of the hardware and internal components of the metal detector robot.

The third chapter describes the process of software implementation of the project, application development and mobile work software.

The result of the work is a physical model of a mobile robot with a metal detector and an application for managing models. The practical significance of the work is in the effective detection and demining of mines in war and conflict zones.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Аналіз існуючих конструкцій мобільних платформ для виявлення вибухонебезпечних пристроїв	10
1.1 Загальна характеристика мобільних платформ	10
1.2 Кінематичні дослідження колісних платформ з метало детектором.	12
1.3 Аналіз літературних джерел по існуючим розробкам	17
1.4 Аналіз існуючих блок-схем управління РД	19
1.5 Висновки до розділу	20
2 Аналіз апаратного забезпечення та внутрішніх компонентів робота-металошукача	21
2.1 Загальна характеристика апаратного забезпечення.....	21
2.2 Переваги та недоліки використаного апаратного забезпечення	31
2.2.1 Переваги	31
2.2.2 Недоліки використаних компонентів	32
2.3 Пропозиції щодо вдосконалення	34
3 Програмна реалізація мобільного додатку та створення робота з металошукачем	35
3.1 Вибір інструментів розробки	35
3.2 Створення нового проекту	37
3.3 Дизайн інтерфейсу користувача	39
3.4 Програмна реалізація металошукача	56
3.5 Тестування та налагодження	64
3.6 Опис зібраного макету мобільного робота-металошукача	66
3.7 Питання забезпечення безпечних умов при проектуванні РД	68
Висновки	70
Перелік джерел посилання	71
Додаток А Код програми	74

Додаток Б Демонстраційний матеріал	79
--	----

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД – база даних;

ВС – виробнича система;

ІМ – імітаційна модель;

РД – робот-детектор;

ТЗ – технічне завдання;

GUI – графічний інтерфейс користувача;

МКД – Mine Kafon Drone.

ВСТУП

На сьогодні питання безпеки є надзвичайно актуальним у багатьох країнах світу, включаючи Україну. Території, забруднені мінами та вибухонебезпечними предметами, залишаються серйозною загрозою для життя людей. В умовах воєнного стану в Україні існує потреба в розробці інноваційних систем, що допомагають виявляти та моніторити потенційно небезпечні об'єкти з високою точністю та ефективністю [1]. Дані системи дозволять підвищити рівень безпеки в громадських місцях, промислових комплексах та інших об'єктах, де може існувати ризик вибухів або терористичних актів, у зв'язку з чим тема є актуальною.

Відсутність сучасного обладнання для безпечного розмінування та виявлення небезпечних об'єктів лише погіршує ситуацію. Тому є гостра потреба у впровадженні новітніх технологій [2], розробці сучасної та компетентної бази для видалення виявлення вибухонебезпечних пристроїв .

Робот-металошукач є одним з таких технологічних рішень, що дозволяє проводити розмінування та виявлення металевих предметів без ризику для людського життя. Цей пристрій може працювати у складних та небезпечних умовах, де присутність людини небажана або неможлива. Використання роботів-металошукачів знижує ризик для саперів та підвищує ефективність розмінування. Метою розробки даного робота є виявлення прихованих мін, робот має спеціалізовані датчики, які виявляють і визначають місцезнаходження прихованих вибухонебезпечних пристроїв без несередньої присутності людини через бездротове керування, що допомагає зменшити жертви в будь-якій сфері оборони. У зв'язку з чим ця технологія є надійна для виконання завдання та гарантування безпеки [2].

Об'єкт розробки – управління роботизованою мобільною платформою з металошукачем та системою дистанційного керування для ефективного виявлення та нейтралізації вибухонебезпечних об'єктів.

Предмет розробки – мобільна платформа з металошукачем та системою дистанційного керування для виявлення та нейтралізації вибухонебезпечних об'єктів, зокрема прихованих мін.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі задачі:

- провести аналіз існуючих конструкцій мобільних платформ та систем дистанційного керування;
- обґрунтувати вибір методів дослідження систем;
- провести аналіз апаратного забезпечення та внутрішніх компонентів робота-металошукача;
- побудувати фізичну модель мобільної платформи;
- розробити додаток для керування мобільного робота-металошукача;
- надати практичні рекомендації по підвищенню ефективності роботи системи.

Також отримані результати відповідають переліку Цілей сталого розвитку, зокрема цілі 9 Інновації та інфраструктура (п. 9.4, 9.5 та інші).

Пояснювальна записка виконано згідно з [3-5].

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРИСТРОЇВ

1.1 Загальна характеристика мобільних платформ

В нинішніх умовах мобільні платформи та системи дистанційного керування стали незамінними у багатьох сферах, включаючи промислову, військову, наукову та побутову. Їх використання охоплює широкий спектр задач, від дослідження небезпечних територій до автоматизації виробничих процесів і забезпечення безпеки. Вивчення існуючих конструкцій мобільних платформ і систем дистанційного керування дозволяє виявити найефективніші рішення та технології для створення нових і вдосконалення існуючих робототехнічних систем.

Роботи для виявлення вибухонебезпечних пристроїв, за системою пересування, бувають колісні (рис. 1.1, а) [6], гусеничні (рис. 1.1, б) [7], літаючі роботи (рис. 1.1, в) [8], застосовуються для виконання різних завдань у складних і небезпечних умовах.

Колісні роботи, завдяки високій швидкості та маневреності, ідеально підходять для використання на рівних поверхнях, таких як підлоги в приміщеннях або асфальтовані дороги.

Гусеничні роботи забезпечують кращу прохідність у важкодоступних місцях і на пересіченій місцевості, що робить їх незамінними для військових і рятувальних операцій.

Літаючі платформи, такі як дрони, використовуються для аерофотозйомки, спостереження, доставки і виконання інших завдань, що вимагають високої мобільності та здатності працювати на великих відстанях.

Ногоподібні роботи, або роботи-павуки, можуть адаптуватися до різноманітних типів поверхонь, забезпечуючи високу маневреність і здатність працювати у складних умовах [6].

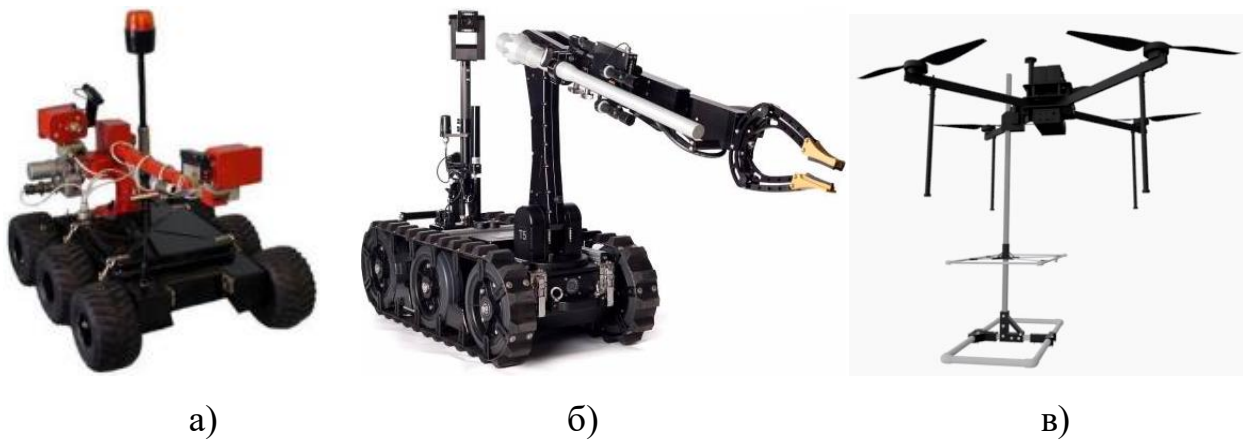


Рисунок 1.1 – Роботи для виявлення вибухонебезпечних пристроїв

Враховуючи різноманіття та важливість мобільних платформ і систем дистанційного керування, аналіз існуючих конструкцій та технологій є ключовим для визначення найефективніших рішень для їх подальшого розвитку та впровадження [6]. Цей аналіз (табл. 1.1) дозволяє виявити переваги та недоліки різних підходів, що використовуються в сучасних робототехнічних системах, і забезпечити основу для створення більш ефективних, надійних та адаптивних робототехнічних платформ.

Таблиця 1.1 – Аналіз систем пересування роботів

Системи пересування	Переваги	Недоліки
Гусеничні роботи	<ul style="list-style-type: none"> – висока прохідність на різних типах поверхонь; – стійкість та стабільність під час руху; – здатність долати перешкоди та працювати у важких умовах. 	<ul style="list-style-type: none"> – складність конструкції та вища вартість виробництва порівняно з колісними роботами; – більш високе споживання енергії через більшу вагу та опір гусениць; – зниження маневреності на гладких поверхнях порівняно з колісними роботами.
Колісні роботи	<ul style="list-style-type: none"> – простота конструкції та виготовлення; – висока швидкість та маневреність на рівних поверхнях; – економічність в обслуговуванні та експлуатації; – широкий спектр застосувань у різних галузях. 	<ul style="list-style-type: none"> – обмежена прохідність на нерівних та складних поверхнях; – залежність від якості покриття поверхні; – менша стійкість порівняно з гусеничними або ногоподібними роботами.

За результатами аналізу можна визначити переваги колісних платформ перед гусеничними очевидні – вище швидкість, менше навантаження на дороги, менші габарити й вага, тихіше видаваний звук, легша вібрація, що є дуже важливим для сейсмо- і акустичної розвідки.

Враховуючи вищенаведене в роботі необхідно провести аналіз існуючих розробок платформи на колісному ході.

1.2 Кінематичні дослідження колісних платформ з металодетектором

На рис. 1.2 наведено схематичне зображення кінематичних частин диференціально-керованого чотирьохколісного безпілотного РД у двовимірній площині. Він складається з чотирьох незалежних ведучих коліс, які несуть механічну структуру РД. Чотири ведучі колеса, приєднані до чотирьох окремих двигунів постійного струму, приводять у рух робота.

Два комплекти ведучих коліс, з'єднані з лівого боку, керуються як система приводу лівого колеса. Подібним чином два інших комплекти ведучих коліс, прикріплені з правого боку, повністю працюють як система приводу правих коліс [1].

Осі (X, Y) є поточним положенням РД від початкової точки O в глобальній системі $\{O, X, Y\}$. На рис. 1.2 визначено кут орієнтації РД відносно осі (O, X) , L – ширина колії між лівим і правим приводом, R – радіус ведучих коліс, C – центр мас системи РД.

V_L – позначає систему приводу лівого колеса, а V_R – вказує систему приводу правого колеса в кінематичних рівняннях. Платформа рухається в суцільній площині, і це робить жорстке шасі.

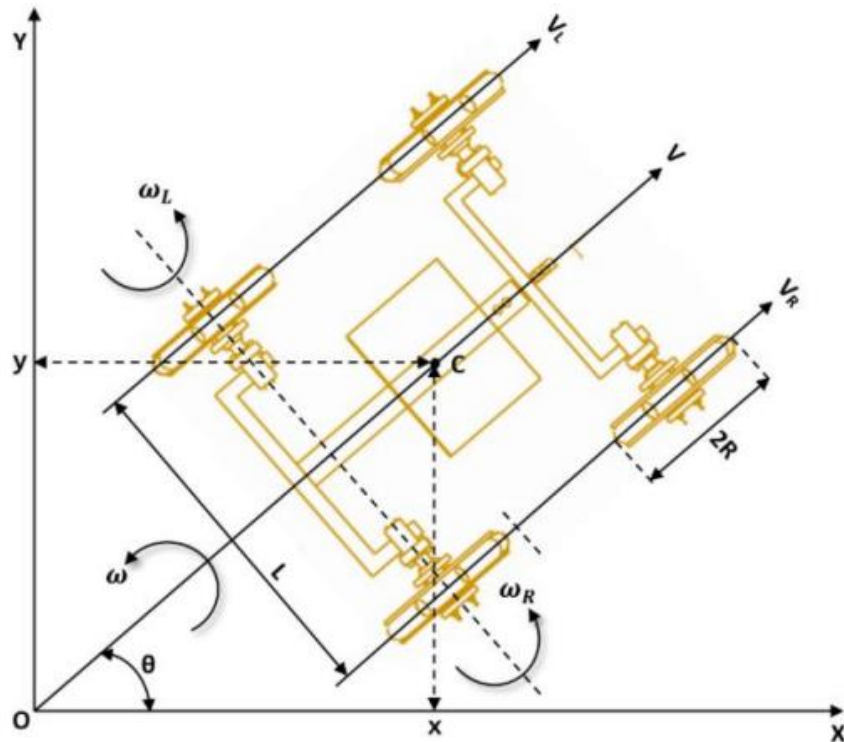


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення кінематичних частин чотириколісного безпілотного РД з диференціальним приводом у двовимірній площині [1]

Наступні кінематичні рівняння керують швидкостями та кутом повороту РД:

$$DV = \frac{R}{2} \cdot (\omega_R + \omega_L) = \frac{V_R + V_L}{2} \quad (1.1)$$

$$\omega = \dot{\theta} = \frac{R}{L} \cdot (\omega_R - \omega_L) = \frac{V_R - V_L}{L} \quad (1.2)$$

де V і ω – центральна (середня) лінійна швидкість і центральна кутова швидкість РД відповідно.

Ці V і ω керують рухом і орієнтацією РД у програмуванні мікроконтролерів C/C++ відповідно.

ω_R і ω_L представляють кутові швидкості системи приводу правого колеса та системи приводу лівого колеса відповідно. Крім того, наступні рівняння виражають швидкість (лінійну та кутову) відносно часу (t),

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x}(t) = V \cdot \cos\theta = \frac{R}{2} \cdot (\omega_R + \omega_L) \cdot \cos\theta \quad (1.3)$$

$$\frac{dy}{dt} = \dot{y}(t) = V \cdot \sin\theta = \frac{R}{2} \cdot (\omega_R + \omega_L) \cdot \sin\theta \quad (1.4)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta}(t) = \omega = \frac{R}{L} \cdot (\omega_R - \omega_L) \quad (1.5)$$

Кінематичні рівняння системи можна описати в матричній формі (1.6):

$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

Для прямолінійного руху використовуються такі умови і контроль орієнтації:

- якщо ($V_R = V_L$), то РД рухається прямо;
- якщо ($V_R > V_L$), то РД повертає ліворуч;
- якщо ($V_R < V_L$), то РД повертає праворуч.

На рис. 1.3–1.7 показано різні 2D- і 3D-види безпілотного РД. Привідний блок РД складається з системи приводу лівого колеса (1), системи приводу правого колеса (2), спеціального колеса (3), двигуна постійного струму (4), болта (7) для утримання двигуна постійного струму (4), гвинта (9) утримувати муфту валу двигуна постійного струму (10) у центрі проєктованого колеса (3).

Рама РД складається з шасі (6), муфти гнучкого вала (5), що забезпечує гнучкий рух платформи на нерівній місцевості, і вставляється в отвір муфти гнучкого вала (8) шасі (6). Муфта валу двигуна постійного струму (10) підключена до спеціального колеса (3) через гвинт (9), а вал двигуна постійного струму вставлений в отвір муфти валу двигуна постійного струму (10). Інший болт утримує двигун постійного струму (4) і муфту (10) у правильному положенні та забезпечує відносний рух.



Рисунок 1.3 – Вид спереду РД

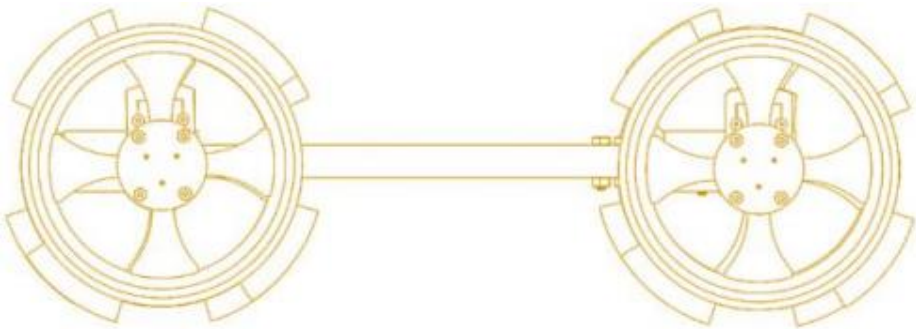


Рисунок 1.4 – Вид збоку РД

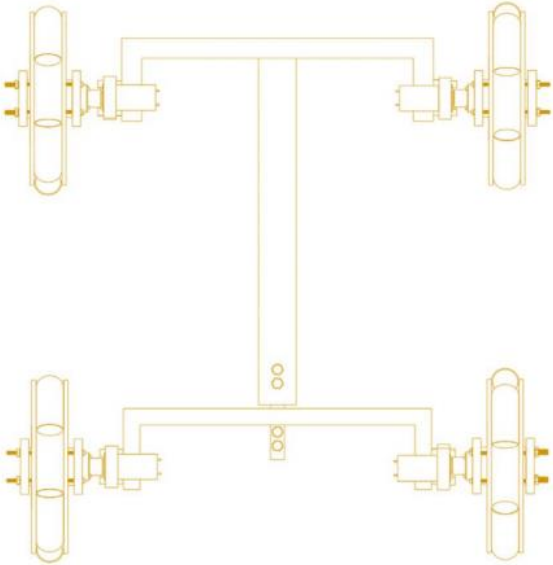


Рисунок 1.5 – Вид зверху РД

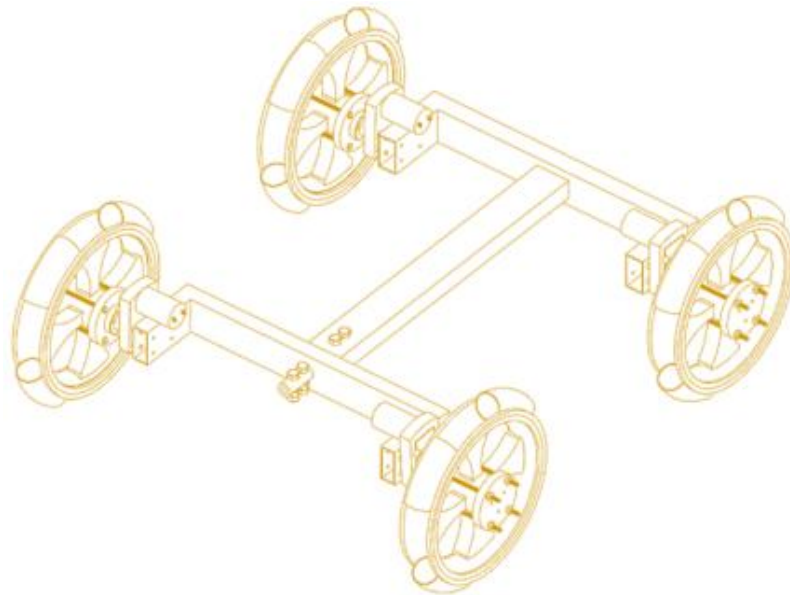


Рисунок 1.6 – Ізометричний вид РД

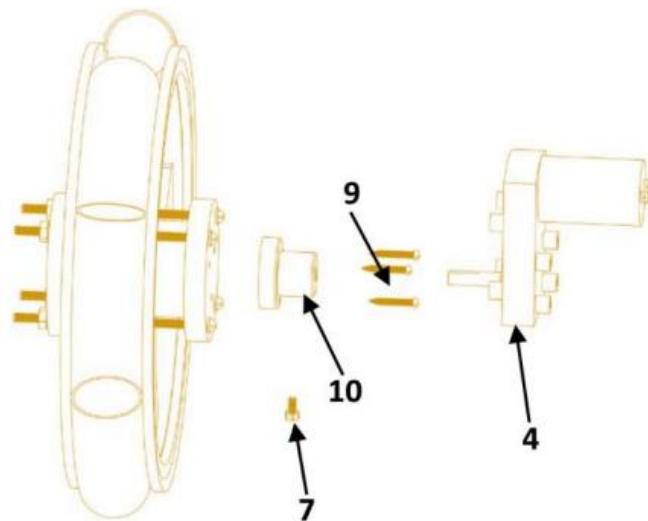


Рисунок 1.7 – Деталізований вигляд системи приводу РД

На рис. 1.8 показано схематичне зображення всіх компонентів РД. Усі чотири двигуни постійного струму (4) з колесами (3) встановлені на кутових сторонах шасі (6) за допомогою болтів (7). Муфта гнучкого вала (5) вставляється в отвір (8) і працює як система підвіски на кам'янистих і нерівних поверхнях.

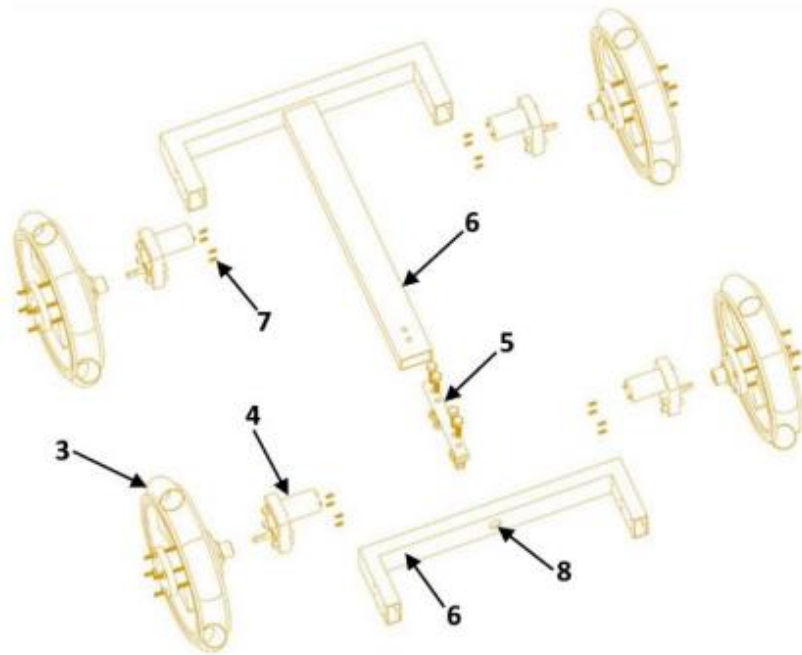


Рисунок 1.8 – Вид усіх компонентів РД у розібраному вигляді

1.3 Аналіз літературних джерел по існуючим розробкам

Застосування інтелектуальних роботів у сфері оборони постійно зростає з кожним днем. Основне призначення цих захисних роботів – скоротити людські ресурси та мінімізувати ризик для життя людини під час війни. Роботи-детектори (РД) наземних мін і металів належать до категорії оборонних роботів. Вони відіграють важливу роль у сфері оборони. Під час війни багато солдатів гинуть через невиявлення мін.

Для виявлення металів і наземних мін можна використовувати різні типи датчиків, як-от інфрачервоний датчик і камера, датчик випарів, датчик резонансу, електромагнітної індукції, георадарний датчик і датчик хімічної реакції тощо. Авторами [9] розроблено архітектуру планування руху для колісного робота-детектора наземних мін. Однак питання всюдихідності у розробленого ними колісного робота-міношукача так і не було вирішене.

Автори [10] розробили шестиколісний мобільний робот для виявлення протипіхотних мін, хоча кінематичні дослідження запропонованого робота не

розглядалися в їхній роботі.

В [11] представлено дистанційного робота-детектора металу на сонячних батареях для допомоги солдатам під час патрулювання в невідомому місці. Розгорнутий огляд різних технологій виявлення наземних мін можна знайти в [12]. Крім того, вони коротко описують різні датчики, які можуть виявляти протипехотні міни за допомогою інфрачервоних, радарних і ядерних технологій.

Крім того, в [13] представили автономний метод виявлення протипіхотних мін за допомогою кількох систем роботів. У цій роботі для експериментів у реальному часі використовувався комерційно доступний всюдихідний колісний робот Coroware Explorer.

Крокуючий робот із керованою напівавтономною системою виявлення наземних мін із сенсорною головкою, що рухається, маніпулятором, була описана в [14]. Однак керування рухом крокуючого робота складніше порівняно з колісними роботами.

Автори [15] повідомили, що георадарний датчик дає хороші результати в сухому ґрунті, але схема та електроніка є громіздкими порівняно з датчиком металошукача.

В [16] представлено колісний робот із радіолокатором проникнення та датчиком металодетектора з системою виявлення протипіхотних мін на основі маніпулятора з кількома ступенями свободи. Однак рівняння керування рухом і орієнтацією в цій роботі не цитувалися.

Автори [17] розробили колісного робота для виявлення мін, використовуючи мікроконтролер Arduino Uno.

Таким чином, на підставі аналізу, визначено, що в даній роботі буде розглядатись робота технічна платформа з дистанційним керуванням і дистанційним захватним колесом на базі всюдихода з диференціальним приводом, який може виявляти наявність металів і наземних мін у будь-якому полі. Крім того, після виявлення будь-яких металів на поверхні він надсилає оператору сигнал виявлення металу.

1.4 Аналіз існуючих блок-схем управління РД

На підставі аналізу розробок, що існують, обрано блок-схему [1, 17], яка у подальшому буде слугувати як зразок для власної розробки.

На рис. 1.9 показана блок-схема управління безпілотного РД на базі захватного колеса всюдихода з диференціальним приводом.

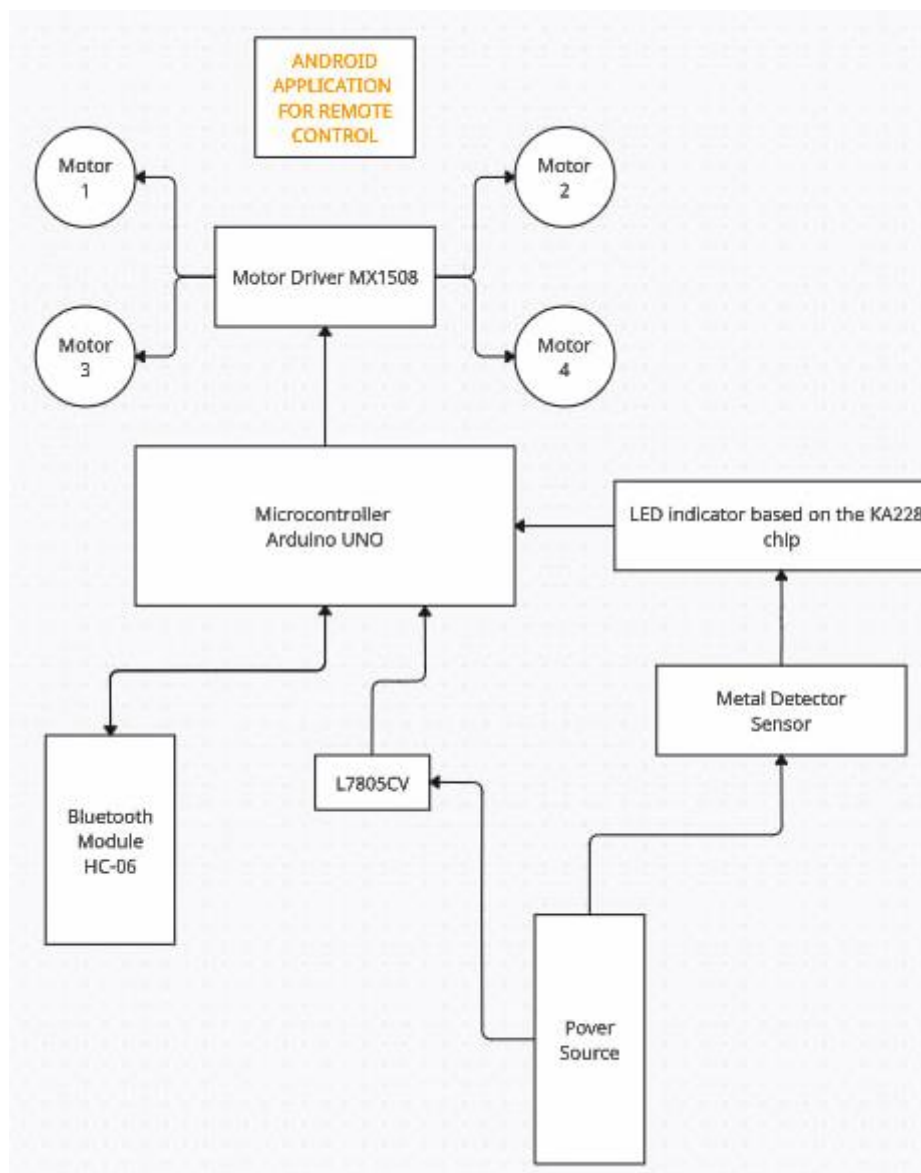


Рисунок 1.9 – Блок-схема управління РД [1]

Два приводи двигуна (L298N) контролюють рух і орієнтацію приводу лівого колеса система (двигуни 1 і 3) і система приводу правого колеса

(двигуни 2 і 4) РД через широтно-імпульсну модуляцію та сигнал Bluetooth мікроконтролера Arduino UNO. Один літій-полімерний акумулятор, 11,1 вольт, 2200 мАг, дає живлення РД для виконання операції виявлення металу та наземних мін.

Датчик металошукача з'єднаний з мікроконтролером, який під час навігації виявляє наявність металу та мін. Якщо на датчику виявлено металеві шматки, він подає високий звуковий сигнал через зумер із блиманням світлодіодного індикатора.

Додаток для Android виконує всі процеси виявлення руху та металу на смартфоні.

1.5 Висновки до розділу

В даному розділі проведений аналіз систем пересування РД. За його результатами обрано колісну систему, так як вона передбачає вищу швидкість, менші габарити й вагу, тихіший видаваний звук, легшу вібрацію, що є дуже важливим для сейсмо- і акустичної розвідки.

Розглянуто кінематичні рівняння, 2D і 3D моделі, фізичну модель, прийняті рішення щодо використання різних механічних та електронних компонентів РД.

2 АНАЛІЗ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ВНУТРІШНІХ КОМПОНЕНТІВ РОБОТА-МЕТАЛОШУКАЧА

2.1 Загальна характеристика апаратного забезпечення

Робот-металошукач є складним технічним пристроєм, призначеним для виявлення металевих об'єктів за допомогою індукційних датчиків та інших електронних компонентів. Його апаратне забезпечення включає кілька важливих модулів, кожен з яких виконує специфічні функції, що забезпечують загальну ефективність та точність роботи системи. У цьому розділі ми розглянемо основні компоненти робота-металошукача, їх характеристики та роль у загальній конструкції.

Проектування та створення робота-металошукача є багатостадійним процесом, що включає вибір відповідних компонентів, їх інтеграцію та тестування. Важливим аспектом є забезпечення взаємодії між різними модулями, таких як мікроконтролер, датчики, двигуни та комунікаційні пристрої, що дозволяє досягти необхідної функціональності та продуктивності.

Основою будь-якого робототехнічного пристрою є його центральний процесор або мікроконтролер, який виконує функції обробки даних та керування. У випадку нашого робота-металошукача, ми використовуємо плату Arduino Uno, яка є популярним вибором завдяки своїй доступності, гнучкості та великій підтримці від спільноти розробників. Arduino Uno забезпечує інтеграцію з іншими компонентами, такими як датчики, двигуни та комунікаційні модулі.

Двигуни робота керуються за допомогою драйвера MX1508, який забезпечує двонаправлене керування моторами постійного струму. Це дозволяє роботу пересуватися у різних напрямках, що є необхідним для обстеження території. Драйвер MX1508 також забезпечує стабільну роботу

двигунів, що є важливим для точного позиціонування та руху робота.

Для бездротового зв'язку з роботом використовується Bluetooth модуль HC-06. Цей модуль дозволяє оператору дистанційно керувати роботом, передавати команди та отримувати дані про стан робота. Безпроводна комунікація значно підвищує зручність використання робота та дозволяє здійснювати керування в реальному часі.

Елемент живлення є важливою частиною будь-якого мобільного робота. У нашому випадку ми використовуємо акумулятор ДБЖ Full Energy FER-121 12-1.2 12V 1.2Ah, який забезпечує достатню ємність для тривалої автономної роботи робота.

Серцем системи виявлення є плата металошукача на базі K157UD2, яка працює на принципі індукційного пошуку. Цей компонент відповідає за точне виявлення металевих об'єктів під поверхнею ґрунту або інших матеріалів. Плата має високу чутливість і надійність, що робить її ключовим елементом робота-металошукача.

Кожен з цих компонентів грає важливу роль у загальній системі, забезпечуючи функціональність, точність та надійність робота-металошукача

Основні компоненти РД:

Центральний процесор (Arduino Uno). Використовується плата Arduino Uno, яка є основним контролером системи. Вона обробляє сигнали від датчиків і керує іншими компонентами робота. Arduino Uno побудована на мікроконтролері Atmega328P і має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, 16 МГц кварцевий генератор, USB-з'єднання, роз'єм живлення та інтерфейс ICSP.

На рисунку 2.1 показана плата Arduino Uno. Як видно, вона має компактний розмір та зручний для підключення роз'ємний інтерфейс, що дозволяє легко інтегрувати її в різні проекти.

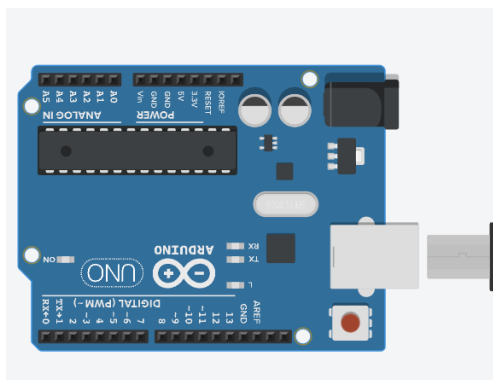


Рисунок 2.1 – Плата Arduino Uno

У таблиці 2.1 наведені основні технічні характеристики плати Arduino Uno. Ці параметри визначають можливості плати та її придатність для використання в проекті робота-металошукача.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики плати Arduino Uno

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	Atmega328P
Напруга живлення	5 В (USB) або 7-12 В (зовнішнє)
Цифрові входи/виходи	14 (6 PWM)
Аналогові входи	6
Тактова частота	16 МГц
Пам'ять	32 КБ флеш-пам'ять (0.5 КБ для завантажувача)

Драйвер моторов MX1508. Цей драйвер дозволяє керувати двигунами робота. Він підтримує двонаправлене керування двигунами постійного струму з напругою 2-10 В і струмом до 1.5 А на канал. MX1508 забезпечує високоефективне керування швидкістю та напрямком обертання моторів.

Рисунок 2.2 показує драйвер моторов MX1508. Він має компактний розмір та легко інтегрується з іншими компонентами системи, забезпечуючи ефективне керування двигунами.

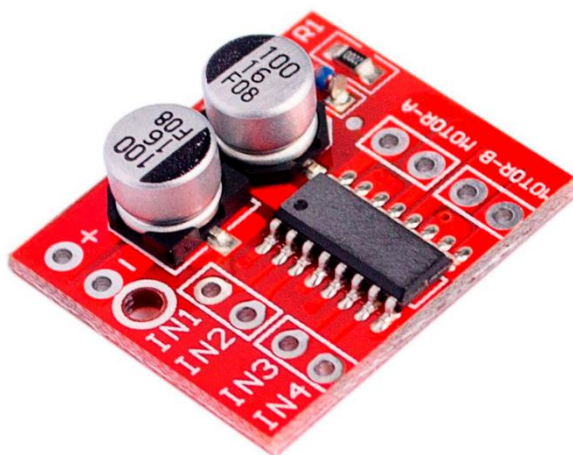


Рисунок 2.2 – Драйвер моторов MX1508

Драйвер моторов MX1508 дозволяє керувати двома моторами постійного струму, забезпечуючи стабільне двонаправлене керування.

З таблиці 2.2 видно, що драйвер підтримує напругу від 2 до 10 В і струм до 1.5 А на кожен канал, що дозволяє використовувати його для керування різними типами моторів.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики драйвера моторов MX1508

Характеристика	Значення
Напруга живлення	2-10 В
Струм на канал	До 1.5 А
Двознаправлене керування	Так
PWM керування	Так

Комунікаційний модуль Bluetooth HC-06. Модуль HC-06 використовується для бездротового зв'язку між роботом і оператором. Він дозволяє передавати 24ек бокс24 мобільного пристрою на робота, що забезпечує зручність у використанні та дистанційне керування.

На рисунку 2.3 представлений модуль Bluetooth HC-06. Цей модуль забезпечує надійний бездротовий зв'язок, дозволяючи керувати роботом з мобільного пристрою.

На рисунку 2.4 показано, як компоненти системи взаємодіють між собою для забезпечення роботи робота.

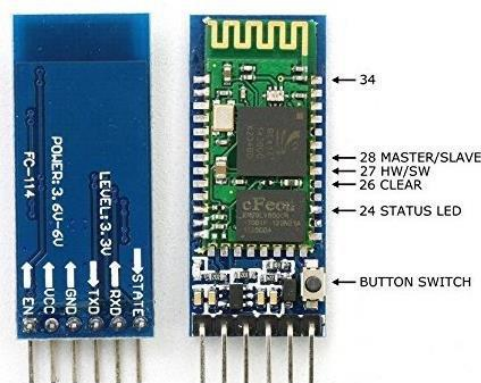


Рисунок 2.3 – Модуль Bluetooth HC-06

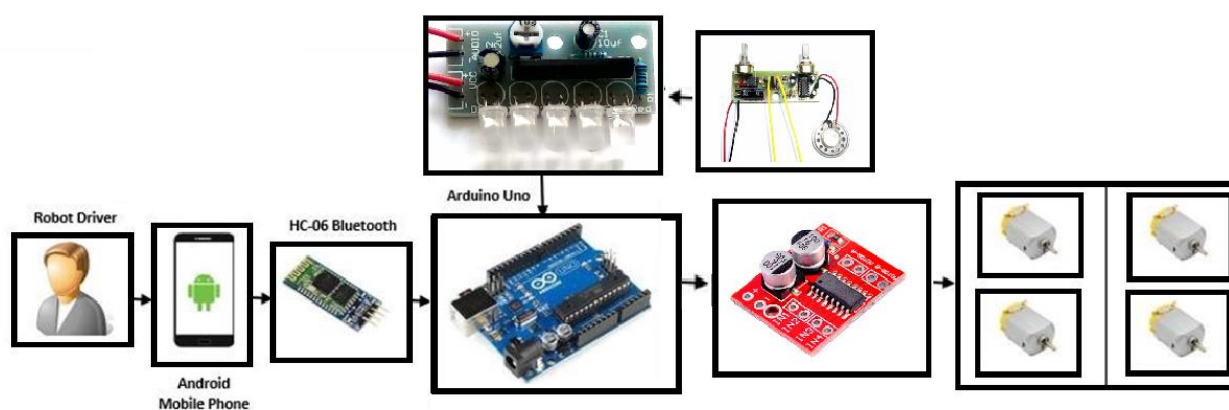


Рисунок 2.4 – Схема керування роботом через Bluetooth HC-06

В центральній частині схеми розташований контролер Arduino Uno, до якого підключені два датчики полум'я, датчик руху (PIR), модуль Bluetooth HC-06 для зв'язку з мобільним телефоном на базі Android, водяний насос і сервомотор для гасіння пожежі, звуковий сигналізатор (25ек бо) та драйвер моторів L9110, який керує роботизованими моторами. Додатково, до системи підключена Wi-Fi камера для відеонагляду в режимі реального часу. Користувач (водій робота) керує всією системою через мобільний додаток на телефоні, використовуючи Bluetooth-з'єднання.

Модуль Bluetooth HC-06 забезпечує бездротовий зв'язок між роботом та

оператором.

З таблиці 2.3 видно, що модуль має діапазон зв'язку до 10 м і працює на напрузі 3.3–5 В, що робить його сумісним з багатьма мікроконтролерами.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики модуля Bluetooth HC-06

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3.3-5 В
Струм на канал	30 мА
Двознаправлене керування	До 10 м
PWM керування	9600 біт/с

Елемент живлення (акумулятор ДБЖ Full Energy FEP-121 PG 12-1.2 12V 1.2Ah).

Для живлення робота використовується акумулятор Great Power PG 12-1.2 12V 1.2Ah. Акумулятор Great Power забезпечує стабільне живлення всіх компонентів робота протягом тривалого часу.

Рисунок 2.5 показує акумулятор ДБЖ Full Energy FEP-121 12-1.2 12V 1.2Ah. Його висока ємність дозволяє тривалу автономну роботу робота, що є важливим для виконання тривалих завдань



Рисунок 2.5 – Акумулятор ДБЖ Full Energy FEP-121 12-1.2 12V 1.2Ah

Плата металошукача Пірат.

Плата Пірат є основним датчиком, який відповідає за виявлення металевих об'єктів. Вона працює на принципі індукційного пошуку, що дозволяє точно визначати наявність металевих предметів під поверхнею ґрунту або інших матеріалів. Даний принцип базується на зміні електромагнітного поля, створюваного платою, коли поруч знаходиться металевий об'єкт. Це викликає зміни в індуктивності котушки, що реєструється електронною схемою пристрою та подається як сигнал на відповідний вихід.

У складі системи плата Пірат забезпечує високий рівень чутливості та надійності в роботі. Вона може використовуватися в різних умовах, включаючи пошук металів на глибині, в умовах високої вологості або на нерівній поверхні. Завдяки своїм технічним характеристикам, плата Пірат є незамінною для проведення геологічних розвідок, археологічних розкопок, а також для виявлення небезпечних металевих предметів, таких як міни чи інші боєприпаси.

Підключення плати Пірат до контролера Arduino Uno дозволяє створювати автоматизовані системи з функціями виявлення та оповіщення. Використовуючи різноманітні модулі та датчики, такі як модуль Bluetooth HC-06, мобільний телефон на базі Android, водяний насос, сервомотор, зумер, драйвери моторів та камери, можна створити інтегровану систему для проведення детальних досліджень і моніторингу в реальному часі. Така система може бути ефективно використана як в наукових дослідженнях, так і в практичних застосуваннях, що потребують високого рівня точності та надійності.

Рисунок 2.6 показує плату металошукача Пірат. Цей компонент є критично важливим для функціонування робота, забезпечуючи високу точність виявлення металевих об'єктів (табл. 2.4).

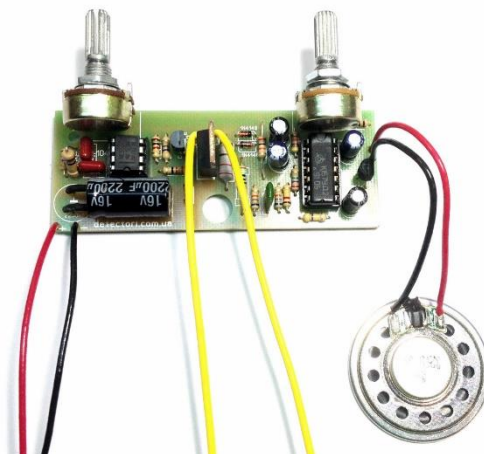


Рисунок 2.6 – Плата металошукача Пірат

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики плати металошукача Пірат

Характеристика	Значення
Генератор імпульсів	Таймер NE555
Вузол накачування котушки	IRF 740
Операційний підсилювач	K157UD2
Підсилювач звукової частоти	Транзисторний
Живлення	12V, 1,3 А або 8 батарейок АА
Споживання	40-55 мА
Розміри	32x84 мм
Чутливість	Монета – Ø 22 см, великі предмети – 1,5 метра

Камера SQ11 Mini DV.

Камера SQ11 Mini DV – це надзвичайно компактний та багатофункціональний пристрій, відомий своєю невеликою формою та можливістю використання в різних сценаріях, таких як відеоспостереження, екшн-зйомка та в якості відеореєстратора. Ця камера має дуже компактні розміри, приблизно 2.2 x 2.2 x 2.2 см, що робить її легкою у прихованому використанні, і важить всього близько 20 грам. Незважаючи на такі малі розміри, вона забезпечує високу якість запису відео, підтримуючи формати 1080p (Full HD) та 720p (HD), що гарантує чітке та деталізоване зображення.

Завдяки ширококутному об'єктиву з кутом огляду 140 градусів, камера здатна захоплювати великі простори, що особливо корисно для спостереження та моніторингу великих площ.

Крім відеозапису, камера SQ11 також має можливість фотозйомки з роздільною здатністю 12 Мп, що дозволяє робити високоякісні фотографії. Однією з ключових особливостей цієї камери є підтримка нічного бачення: завдяки вбудованим інфрачервоним світлодіодам, вона може вести запис в умовах низької освітленості або повної темряви. Це робить SQ11 ідеальним вибором для відеоспостереження в нічний час або у затемнених приміщеннях. Вбудований мікрофон забезпечує запис звуку разом із відео, що дозволяє фіксувати не лише зображення, але й звуковий супровід подій.

Для зберігання даних камера підтримує карти пам'яті microSD об'ємом до 32 ГБ. Вона також має функцію циклічного запису, яка дозволяє автоматично перезаписувати старі файли при заповненні карти пам'яті, що особливо корисно для безперервного моніторингу. Вбудована літій-іонна батарея на 200 мАг забезпечує до 100 хвилин безперервного запису, а зарядка здійснюється через micro-USB порт, що дозволяє легко підзаряджати камеру від будь-якого USB-джерела живлення.

Додатково, камера має режим детекції руху, який дозволяє автоматично починати запис при виявленні руху в зоні дії, що значно підвищує ефективність відеоспостереження. Для перегляду записаних відео можна підключити камеру до телевізора або монітора через AV-кабель, що дозволяє переглядати записи на великому екрані.

Завдяки своїм компактним розмірам та можливості нічного бачення, камера SQ11 ідеально підходить для прихованого відеоспостереження у будинках, офісах або автомобілях. Вона також може бути використана як екшн-камера для спорту та активного відпочинку, оскільки її мала вага та висока якість відео роблять її зручною для використання в динамічних умовах. Крім того, камера може служити відеоспостереження для автомобілів, забезпечуючи запис під час руху і фіксуючи важливі моменти на дорозі.

Камера також підходить для домашнього моніторингу, наприклад, для спостереження за дітьми, літніми людьми або домашніми улюбленцями, завдяки своїй простоті використання та високій якості запису. Таким чином, камера SQ11 Mini DV є універсальним та потужним інструментом для відеозйомки та спостереження, який поєднує в собі високу якість зображення, компактність та багатофункціональність, що робить її придатною для широкого спектру застосувань, від домашнього використання до професійного відеоспостереження.

Рисунок 2.7 показує камеру SQ11, це надзвичайно компактний та багатофункціональний пристрій, відомий своєю невеликою формою та можливістю використання в різних сценаріях.



Рисунок 2.7 – Камера SQ11 Mini DV

В даному проекті використовується камера SQ11, яка забезпечує базові можливості для зйомки та моніторингу. Камера SQ11 є компактною та легкою у використанні, що дозволяє швидко інтегрувати її в систему. Вона може записувати відео у форматі HD 720p, що підходить для багатьох простих задач. Однак, її ефективність обмежена через низьку роздільну здатність та недостатню чутливість в умовах низького освітлення, що може впливати на якість відео в складних умовах.

Для досягнення кращих результатів та підвищення ефективності проекту, рекомендується використовувати камеру Eachine TX06 700TVL. Ця камера має вищу роздільну здатність у порівнянні з SQ11, що дозволяє отримувати чіткіше та деталізованіше зображення. Камера Eachine TX06 оснащена високочутливим сенсором, який забезпечує кращу якість зображення навіть при низькому освітленні. Крім того, ця камера має широкий кут огляду, що дозволяє охоплювати більшу площу та зменшує кількість сліпих зон. Використання Eachine TX06 значно покращить загальну ефективність та надійність системи, забезпечуючи високу якість відео у будь-яких умовах.

2.2 Переваги та недоліки використаного апаратного забезпечення

2.2.1 Переваги

У цьому підрозділі розглянуто переваги та недоліки кожного з використаних компонентів робота-металошукача, а також надамо рекомендації щодо їх вдосконалення.

Arduino Uno:

- доступність: Arduino Uno є доступним і широко використовуваним мікроконтролером, що дозволяє легко знайти інформацію та приклади коду;
- простота використання: завдяки великій кількості бібліотек і простому середовищу програмування, Arduino Uno ідеально підходить для швидкої розробки прототипів;
- гнучкість: підтримка багатьох додаткових модулів і датчиків дозволяє легко розширювати функціональність робота.

Драйвер моторов MX1508:

- ефективність: драйвер забезпечує ефективне керування моторами постійного струму, що дозволяє роботу легко пересуватися по різних поверхнях;
- компактність: маленькі розміри драйвера дозволяють зберігати

компактність всієї системи.

Bluetooth HC-06:

– зручність: забезпечує зручний бездротовий зв'язок між роботом та оператором, що дозволяє дистанційно керувати роботом без необхідності у фізичному підключенні;

– низька вартість: Bluetooth HC-06 є доступним за ціною модулем з достатнім діапазоном зв'язку для більшості застосувань.

Акумулятор ДБЖ Full Energy FER-121:

– забезпечує тривалу автономну роботу робота на 20 годин;

– легко використовувати для живлення різних компонентів.

Плата металошукача:

– точність: забезпечує високу точність виявлення металевих об'єктів;

– надійність: використання перевірених технологій індукційного пошуку.

Камера SQ11:

– компактні розміри та легка вага, висока якість відео (1080p та 720p) та фотографій (12 Мп);

– підтримка нічного бачення завдяки інфрачервоним світлодіодам;

– можливість керування через мобільний телефон і функція детекції руху для автоматичного запису.

2.2.2 Недоліки використаних компонентів

Arduino Uno:

– обмежена продуктивність: порівняно з більш сучасними мікроконтролерами, Arduino Uno може мати обмежену продуктивність для складніших задач;

– обмежена пам'ять: 32 КБ флеш-пам'яті може бути недостатньо для великих програм.

Драйвер моторов MX1508:

– обмежена потужність: підтримка струму до 1.5 А може бути

недостатньою для потужніших моторів;

– чутливість до перевантаження: може перегріватися при тривалих навантаженнях.

Bluetooth HC-06:

– короткий діапазон: діапазон зв'язку до 10 м може бути недостатнім для деяких застосувань;

– швидкість передачі даних: відносно низька швидкість передачі даних може бути обмеженням для складніших застосувань.

Акумулятор ДБЖ Full Energy FER-121:

– він більше підходить для невеликих пристроїв або як резервне джерело живлення на короткий час. Для більш потужних систем або тривалішого резервування знадобиться акумулятор з більшою ємністю;

– як і більшість свинцево-кислотних акумуляторів, FER-121 чутливий до глибокого розряду, що може значно скоротити його термін служби;

– незважаючи на відносно невелику ємність, акумулятор досить важкий і громіздкий у порівнянні з сучасними літійовими акумуляторами;

– свинцево-кислотні акумулятори мають обмежений термін служби, зазвичай від 3 до 5 років, і схильні до деградації з часом, особливо при неправильній експлуатації;

– час зарядки таких акумуляторів значно більший порівняно з літійовими аналогами, що може бути незручним у випадку частого використання.

Плата металошукача:

– споживання енергії: може споживати більше енергії, що зменшує час автономної роботи;

– чутливість до перешкод: індукційний метод може бути чутливим до електромагнітних перешкод.

Камера SQ11:

– чутливість до перешкод: передача відео може бути порушена електромагнітними перешкодами;

– обмежена ємність батареї, що забезпечує лише до 100 хвилин запису;

– якість запису звуку може бути нижчою від очікуваної, та відсутність вбудованого стабілізатора зображення, що може призвести до розмитих відео при русі.

2.3 Пропозиції щодо вдосконалення

Arduino Uno:

– розглянути можливість використання більш продуктивного мікроконтролера, наприклад, Arduino Mega або інших сучасних платформ.

Драйвер моторів MX1508:

– використати драйвер з більшою потужністю, якщо це необхідно для потужніших моторів.

Bluetooth HC-06:

– розглянути можливість використання модуля з більшим діапазоном та швидкістю передачі даних, наприклад, Bluetooth HC-05.

Акумулятор ДБЖ Full Energy FER-121:

– використати літій-іонний акумулятор з відповідною напругою, щоб уникнути необхідності у підвищуючих перетворювачах.

Плата металошукача Пірат:

– оптимізувати схему живлення для зменшення споживання енергії.

Камера SQ11:

– використати додаткові фільтри та екранування для зменшення впливу електромагнітних перешкод;

– встановлення більш потужної батареї для продовження часу автономної роботи та забезпечення тривалого запису без підзарядки;

– встановлення більш чутливого мікрофона або технології шумозаглушення для підвищення якості запису звуку;

– додавання можливості бездротового підключення для легшого керування та перегляду записів на мобільних пристроях;

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ТА СТВОРЕННЯ РОБОТА З МЕТАЛОШУКАЧЕМ

У цьому розділі буде розглянуто процес розробки мобільного додатку для керування роботом. Розробка здійснювалася за допомогою платформи AppInventor, а прошивка плати Arduino Uno – через середовище Arduino IDE. Буде описано етапи створення додатку, його функціональні можливості та інтеграцію з апаратною частиною робота.

Також буде розглянуто реалізацію подачі сигналів на аналогові піни Arduino для відображення в додатку інформації про те, чи знайшов металошукач металеві об'єкти. Буде пояснено, як модуль металошукача побудований на схемі К157УД2 з генератором імпульсів на мікросхемі NE555, який подає сигнал на аналогові піни Arduino. Конденсатор С9 задає частоту генератора, а резистори R17 і R16 визначають тривалість високих і низьких сигналів.

При виявленні металевих об'єктів напруга на пинах КА2284 змінюється, що дозволяє мікроконтролеру визначити наявність металу. Цей сигнал обробляється мікроконтролером та передається через UART до мобільного додатку. У додатку відображається інформація про знайдені об'єкти за допомогою відповідних зображень.

3.1 Вибір інструментів розробки

Для розробки мобільного додатку було обрано платформу AppInventor через її простоту у використанні та можливість швидкої розробки прототипів. AppInventor є інтуїтивно зрозумілим середовищем, яке дозволяє створювати додатки для Android за допомогою графічного інтерфейсу, що полегшує процес розробки навіть для початківців. AppInventor дозволяє користувачам з мінімальним досвідом у програмуванні швидко навчитися створювати

додатки завдяки його графічному інтерфейсу, де програмування здійснюється за допомогою блочного програмування. Кожна дія представлена у вигляді блоку, що дозволяє легко створювати логіку додатку, просто перетягуючи блоки на робочу поверхню та з'єднуючи їх між собою.

Ще однією важливою перевагою AppInventor є можливість швидкої розробки прототипів. Завдяки цьому інструменту можна швидко внести зміни в інтерфейс користувача або логіку додатку та миттєво протестувати їх на реальному пристрої.

AppInventor також підтримує інтеграцію з різними апаратними компонентами, такими як Bluetooth-модулі, датчики, моторні драйвери тощо. Це дозволяє легко створювати додатки для керування роботами та іншими пристроями. У випадку нашого проекту, використання AppInventor для розробки мобільного додатку дозволило легко налаштувати взаємодію з платою Arduino Uno через модуль Bluetooth HC-06.

Важливою перевагою AppInventor є те, що це відкрита платформа, яка надає доступ до великої кількості ресурсів, таких як документація, навчальні матеріали та приклади проектів. Додатки, створені в AppInventor, можуть працювати на різних пристроях під управлінням операційної системи Android. Це дозволяє використовувати один і той же додаток на різних пристроях без необхідності внесення значних змін у код. У випадку даного проекту, це забезпечило можливість використання додатку на різних смартфонах і планшетах, що значно підвищило зручність його використання.

AppInventor дозволяє створювати додатки, які працюють у реальному часі, забезпечуючи миттєвий зворотний зв'язок між роботом і користувачем. Це особливо важливо для додатків, що керують роботами або іншими пристроями, де затримка може негативно вплинути на ефективність і безпеку роботи. У нашому проекті ця можливість забезпечила миттєву реакцію робота на команди користувача та оперативне відображення даних від датчиків. Таким чином, вибір AppInventor для розробки мобільного додатку був обґрунтований його простотою у використанні, можливістю швидкої розробки

прототипів, інтеграцією з апаратними компонентами, підтримкою спільноти, мультиплатформеністю та підтримкою реального часу. Ці фактори забезпечили успішну реалізацію проекту та створення функціонального мобільного додатку для керування роботом-металошукачем.

3.2 Створення нового проекту

Перший етап розробки мобільного додатку в AppInventor полягає у створенні нового проекту. Цей процес включає кілька простих кроків, які забезпечують базову підготовку для подальшої розробки інтерфейсу користувача та програмної логіки додатку.

Для початку необхідно відкрити платформу AppInventor у веб-браузері (рис. 3.1).

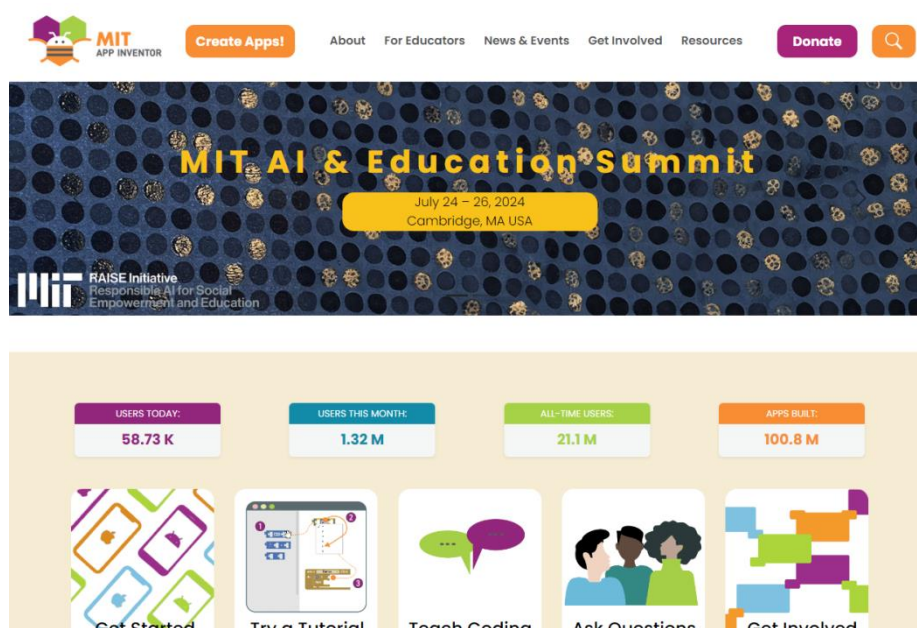


Рисунок 3.1 – платформа AppInventor у веб-браузері

Після завантаження веб-сторінки користувач повинен виконати вхід у систему за допомогою облікового запису Google. Це забезпечує доступ до усіх функцій платформи та дозволяє зберігати проекти у хмарному сховищі.

Після входу в систему необхідно створити новий проект. Для цього на головній сторінці платформи потрібно натиснути кнопку Create Apps!. У вікні,

що з'явиться (рис. 3.2.), слід ввести назву проекту. Важливо вибрати змістовну та зрозумілу назву, яка відображає сутність додатку, наприклад, RobotController або MetalDetectorApp. Після введення назви натисніть кнопку ОК, щоб підтвердити створення проекту.

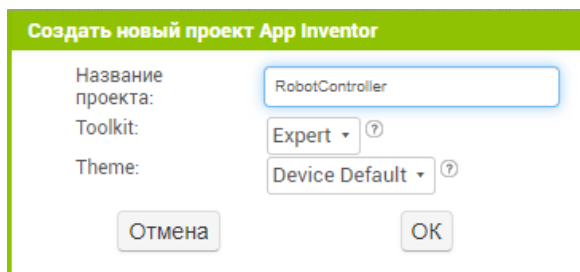


Рисунок 3.2 – Створення нового проекту під назвою RobotController

Створивши новий проект, користувач потрапляє у робоче середовище AppInventor, яке складається з кількох основних частин:

– Designer (Дизайнер): на рисунку 3.3 відображена частина інтерфейсу яка використовується для створення та налаштування елементів користувацького інтерфейсу додатку. Тут можна додавати кнопки, текстові поля, зображення, сенсори та інші компоненти.

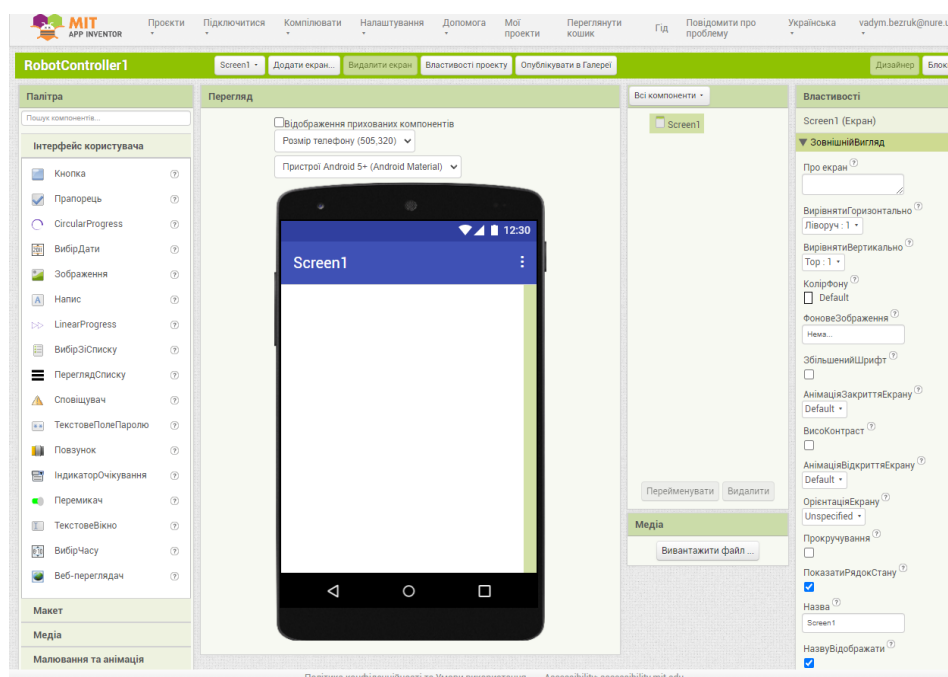


Рисунок 3.3 – Налаштування елементів користувацького інтерфейсу

– Blocks (Блоки): у цьому розділі здійснюється програмування логіки додатку за допомогою блочного програмування (рис. 3.4). Кожен блок представляє певну дію або умову, яку можна легко з'єднувати з іншими блоками для створення програмної логіки. Це значно спрощує процес розробки, роблячи його інтуїтивно зрозумілим навіть для користувачів без глибоких знань програмування.

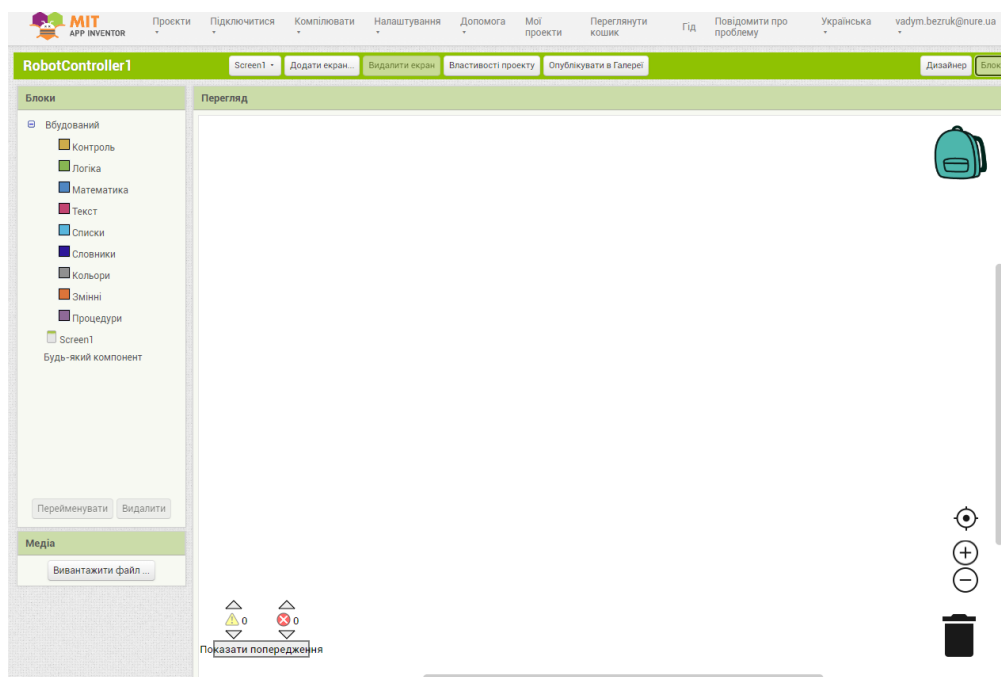


Рисунок 3.4 – Блочне програмування

На цьому етапі проект готовий для подальшого налаштування інтерфейсу користувача та програмування логіки. Створення нового проекту є важливим першим кроком, що забезпечує основу для подальшої розробки мобільного додатку в AppInventor.

3.3 Дизайн інтерфейсу користувача

На наступному етапі було розроблено інтерфейс користувача для мобільного додатку, який включає такі елементи:

– джойстик для керування рухом: Створено віртуальний джойстик

(рис. 3.5), що надсилає координати по двох осях на модуль Bluetooth для точного керування рухом робота. Джойстик дозволяє плавно керувати напрямком та швидкістю руху робота, що забезпечує більшу точність та контроль порівняно з використанням лише кнопок.



Рисунок 3.5 – Віртуальний джойстик

Для реалізації джойстика, який керує роботом, потрібно додати відповідні елементи в дизайнерському розділі AppInventor. Джойстик складається з графічного елемента, який дозволяє користувачу вказувати напрямок і швидкість руху робота.

Додавання джойстика:

- створення елемента Canvas (Полотно);
- перехід у розділ Designer (Дизайнер);
- додавання елемента Canvas на екран. Canvas буде слугувати основою для джойстика (рис. 3.6);
- встановлення відповідних розмірів (рис. 3.7) для Canvas (наприклад, ширина та висота 160x160 пікселів).



ПОЛОТНО



Рисунок 3.6 – Елемент Canvas (Полотно)

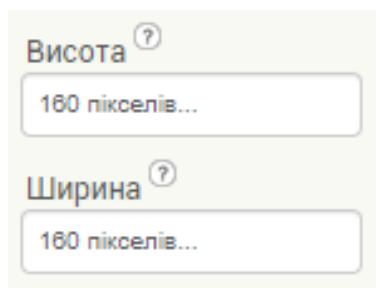


Рисунок 3.7 – Розміри для Canvas

Для створення графічних елементів джойстика (рис. 3.8) додають два кола на Canvas. Перше коло (JoystickBase) – це велике синє коло, яке слугуватиме базою джойстика. Друге коло (Joystick) – це менше жовте коло, яке слугуватиме ручкою джойстика.

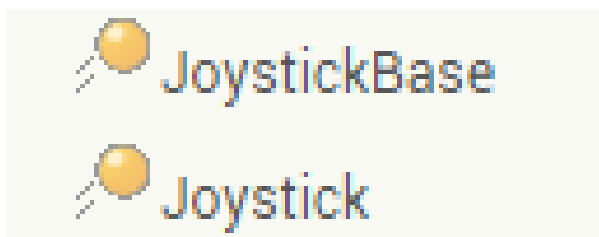


Рисунок 3.8 – Додавання бази джойстика та ручки джойстика

Для реалізації логіки джойстика використовується блочне програмування в розділі Blocks (Блоки). Логіка полягає в обробці координат ручки джойстика ($posX$ і $posY$) та надсиланні відповідних команд на плату Arduino через Bluetooth.

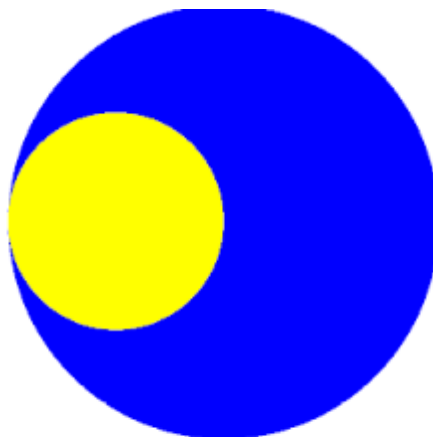
а) обробка подій на Canvas:

- створіть блок для обробки події Dragged елемента Canvas. Ця подія буде викликатися, коли користувач тягне ручку джойстика;
- визначте координати ручки джойстика відносно центра Canvas;
- $posX = X$ координата – центр Canvas;
- $posY = Y$ координата – центр Canvas.

б) визначення напрямку руху:

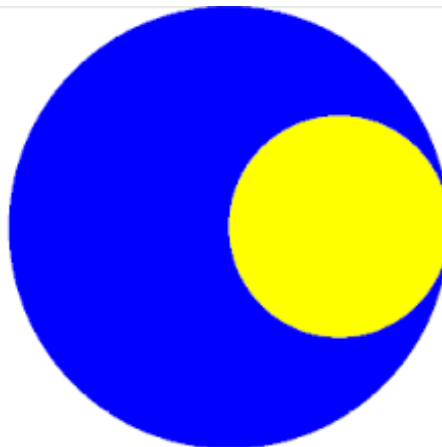
- в залежності від значень $posX$ і $posY$ визначте напрямок руху робота;

- якщо $\text{pos}X = -40$ і $\text{pos}Y = 0$, робот повертає вліво (рис. 3.9);
- якщо $\text{pos}X = 40$ і $\text{pos}Y = 0$, робот повертає вправо (рис. 3.10);
- якщо $\text{pos}X = 0$ і $\text{pos}Y = 40$, робот прямує вперед (рис. 3.11);
- якщо $\text{pos}X = 0$ і $\text{pos}Y = -40$, робот прямує назад (рис. 3.12).



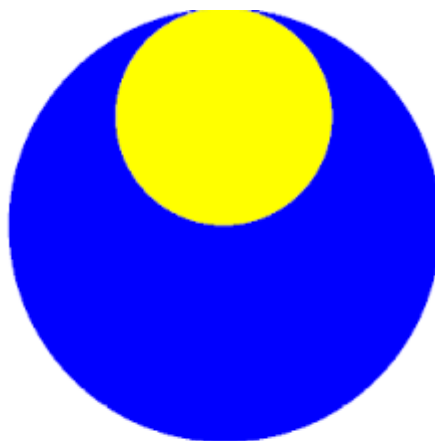
-40 0

Рисунок 3.9 – Поворот вліво



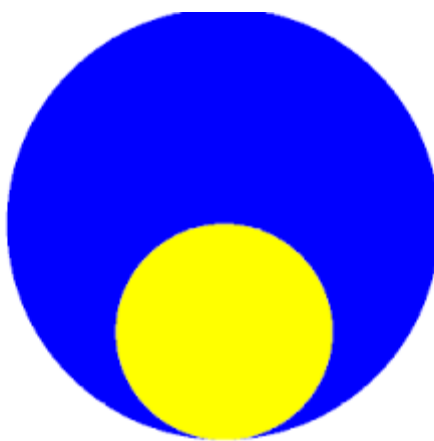
40 0

Рисунок 3.10 – Поворот вправо



0 40

Рисунок 3.11 – Прямує вперед



0 -40

Рисунок 3.12 – Прямує назад

а) надсилання команд на плату Arduino:

– використовуйте Bluetooth компонент для надсилання команд на плату Arduino. Створіть блоки для надсилання відповідних команд в залежності від значень $posX$ і $43ек$;

– якщо $posX = -40$ і $posY = 0$, надсилається команда для повороту вліво.

б) програмування джойстика в AppInventor:

– на рисунку 3.13 показано програмні блоки для обробки подій джойстика у середовищі AppInventor. Ці блоки забезпечують керування положенням джойстика та надсилання координат на плату Arduino через Bluetooth.

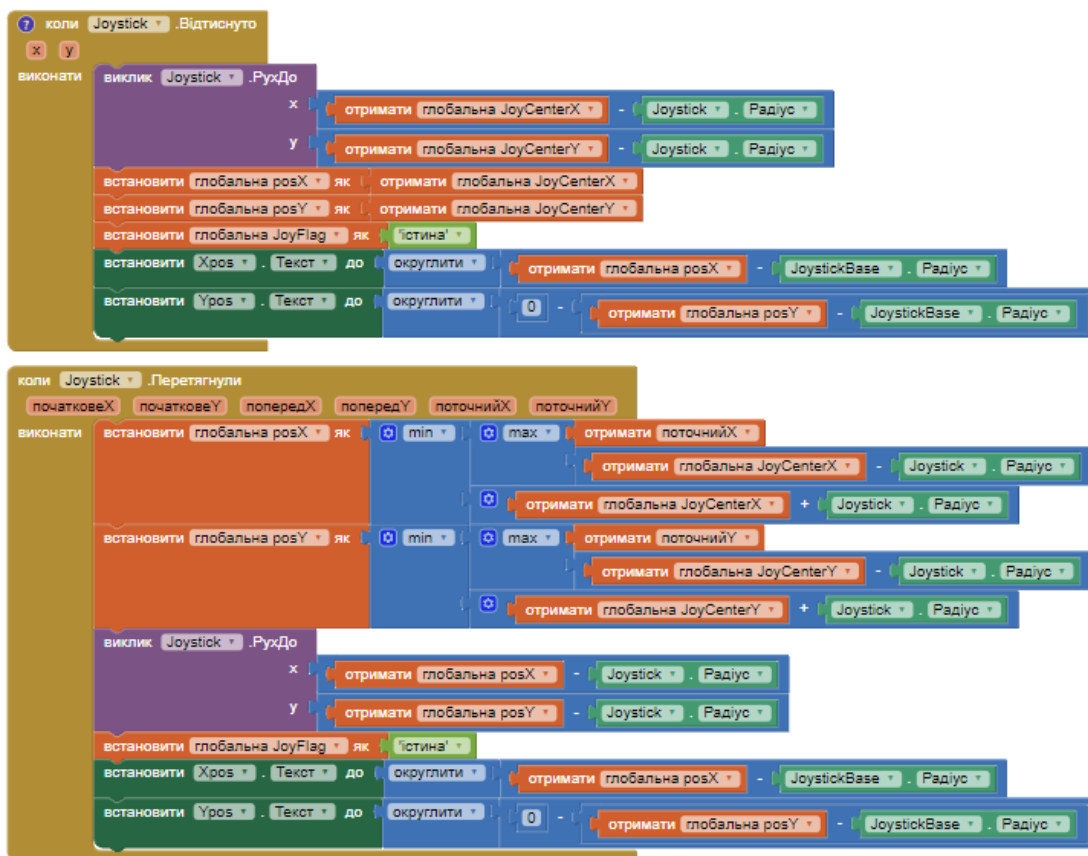


Рисунок 3.13 – Програмні блоки для обробки подій джойстика у середовищі AppInventor

а) пояснення блоків:

- подія “Перетягнули” для Joystick;
- отримання поточних координат;
- блоки на рисунку 3.14 встановлюють глобальні змінні posX і posY на основі поточних координат джойстика (поточнийX і поточнийY) та центра джойстика (JoyCenterX і JoyCenterY);

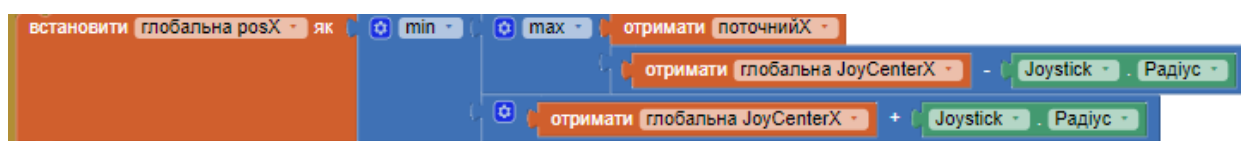


Рисунок 3.14 – Обмежує значення posX

- цей блок обмежує значення posX в діапазоні від $-JoyStick.Radius$ до

Joystick.Radius;

– аналогічно для posY (рис. 3.15):

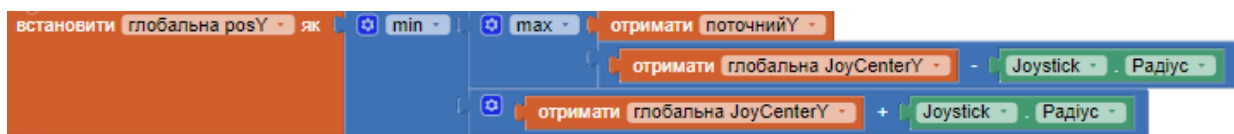


Рисунок 3.15 – Обмежує значення posY

– оновлення положення джойстика:

– джойстик переміщується (рис. 3.16) відповідно до обчислених координат.

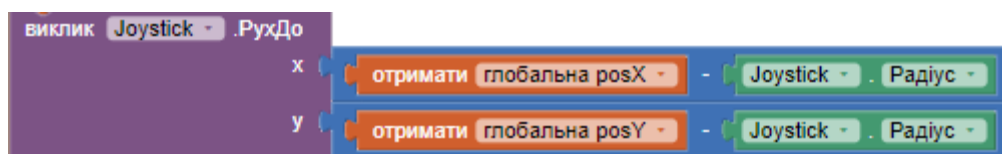


Рисунок 3.16 – Переміщення відповідно до обчислених координат

а) подія “Відпустили” для Joystick:

– оновлення глобальних змінних;
– коли користувач відпускає джойстик (рис. 3.17), глобальні змінні posX і posY скидаються до нуля;



Рисунок 3.17 – Глобальні змінні posX і posY скидаються до нуля

– джойстик повертається до центра (рис. 3.18), що вказано в блоках;



Рисунок 3.18 – Повертається до центра

- відображення координат;
- координати відображаються у текстових полях для зручності користувача (рис. 3.19):

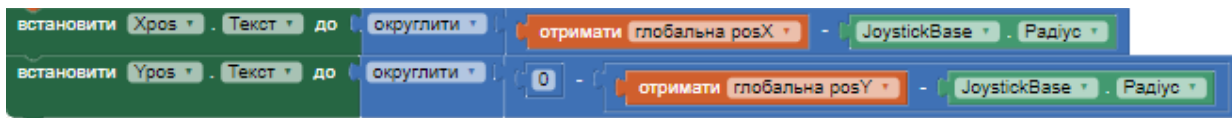


Рисунок 3.19 – Відображення координат

б) надсилання даних через Bluetooth:

- блоки забезпечують надсилання даних posX і posY через Bluetooth у вигляді текстового пакета (рис. 3.20);

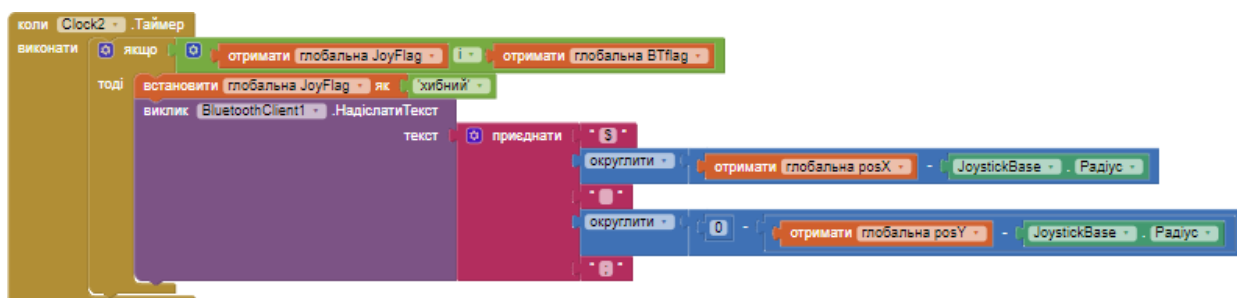


Рисунок 3.20 – Надсилання даних posX і posY

б) опис функціонування:

- під час перетягування джойстика;
- коли користувач перетягує джойстик, обчислюються нові значення posX і posY, які обмежуються діапазоном радіусу джойстика;
- джойстик переміщується відповідно до нових координат, і ці координати відправляються на плату Arduino через Bluetooth.

в) коли джойстик відпускається:

- коли користувач відпускає джойстик, координати posX і posY скидаються до нуля, і джойстик повертається у центр;
- відображаються значення posX і posY у текстових полях для візуалізації.

Таким чином, ці блоки в AppInventor забезпечують зручне і керування джойстиком, а також надійне надсилання координат на плату Arduino для керування рухом робота.

З'єднання з роботом: Додано елементи для встановлення з'єднання з роботом через Bluetooth. Було реалізовано функцію запам'ятовування адреси пристрою, що дозволяє автоматично підключитися до робота при запуску додатку. Логіка програми зображено на рисунку 3.21. Це значно спрощує процес підключення та забезпечує безперебійне з'єднання з роботом.

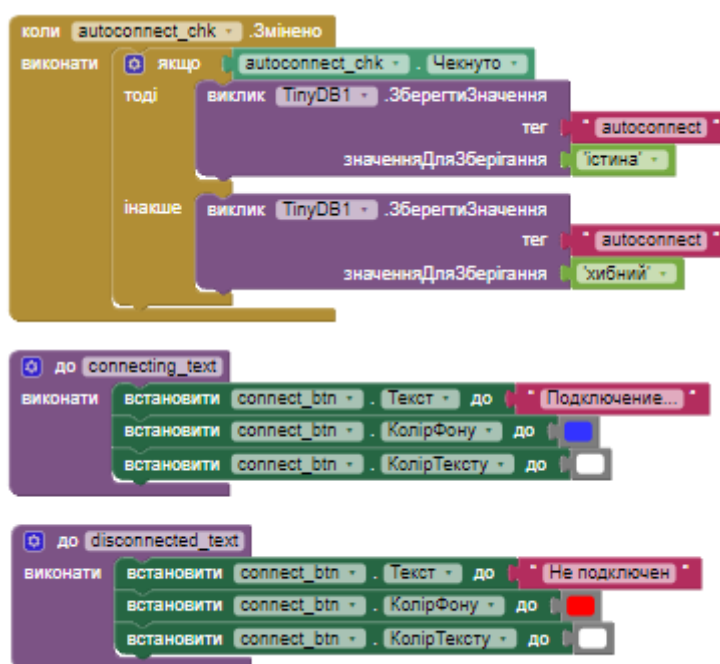


Рисунок 3.21 – Елементи для встановлення з'єднання з роботом через Bluetooth та автоматичного підключення

а) ініціалізації програми для екрану Screen1:

– блоки коду в MIT App Inventor на рисунку 3.22 для екрану Screen1, що виконуються під час ініціалізації програми.

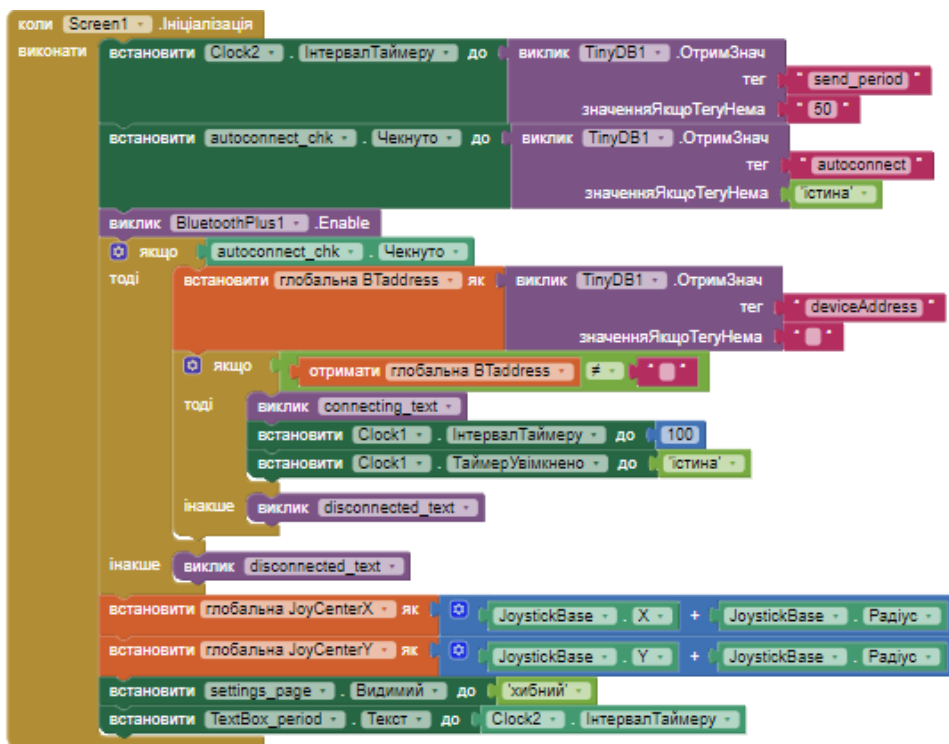


Рисунок 3.22 – Ініціалізації екрану Screen1

Ось що відбувається на кожному етапі:

- а) встановлення інтервалу таймера для Clock2. Інтервал таймера Clock2 встановлюється значенням, отриманим з TinyDB1 за тегом send_period. Якщо значення не знайдено, використовується значення за замовчуванням 50;
- б) встановлення стану чекбоксу autoconnect_chk. Стан чекбоксу autoconnect_chk встановлюється значенням, отриманим з TinyDB1 за тегом autocconnect. Якщо значення не знайдено, використовується значення за замовчуванням істина;
- в) активація Bluetooth. Виконується виклик BluetoothPlus1.Enable, щоб увімкнути Bluetooth на пристрої;
- г) перевірка стану чекбоксу autoconnect_chk:
 - якщо чекбоксу autoconnect_chk активний (істина);
 - отримується значення з TinyDB1 за тегом deviceAddress та зберігається у глобальній змінній global VtAddress;
 - далі, якщо значення global VtAddress не є порожнім («»);
 - виконується виклик connecting_text, щоб повідомити про початок

процесу підключення;

- таймер Clock1 інтервалом 100 мс запускається для періодичної перевірки підключення;

- якщо адреса порожня, виконується виклик disconnected_text для відображення повідомлення про відсутність підключення;

д) інші ініціалізації:

- встановлюються значення для координат джойстика JoystickBase у глобальні змінні JoyCenterX та JoyCenterY;

- встановлюється інтервал таймера Clock2 значенням 50, яке зберігається в текстовому полі TextBox_period.

Цей код обробляє перевірку підключення Bluetooth при спрацюванні таймера Clock1. Якщо підключення успішне, кнопка змінює свій текст і кольори, а глобальна змінна оновлюється для вказівки на активне підключення. Якщо підключення не вдалося, відображається повідомлення про відсутність підключення.

На рисунку 3.23 зображені блоки коду для обробки події таймера Clock1.

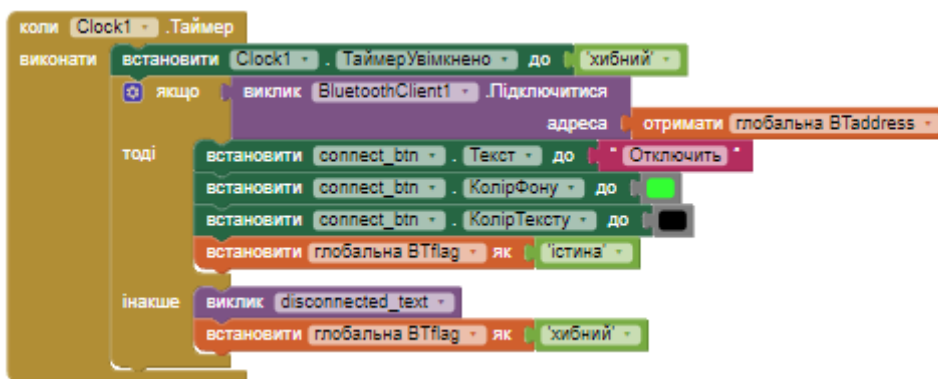


Рисунок 3.23 – Блоки коду таймера Clock1

а) встановлення таймера Clock1:

– таймер Clock1 вимикається, щоб запобігти повторному виклику цієї події під час її обробки.

б) перевірка стану підключення Bluetooth:

– якщо BluetoothClient1 підключений (BluetoothClient1. Підключитися);

– виконується підключення до адреси, збереженої в глобальній змінній global BtAddress.

в) якщо підключення успішне:

– текст кнопки connect_btn змінюється на Відключити, щоб відобразити можливість відключення;

– кольори тексту та фону кнопки connect_btn змінюються на чорний (0) і зелений (3), відповідно, що вказує на активне підключення;

– глобальна змінна global BtFlag встановлюється в істина, що вказує на успішне підключення.

г) якщо підключення не вдалося:

– виконується виклик disconnected_text, щоб відобразити повідомлення про відсутність підключення;

– глобальна змінна global BtFlag встановлюється в хибний, що вказує на відсутність підключення.

Цей код обробляє перевірку підключення Bluetooth при спрацюванні таймера Clock1. Якщо підключення успішне, кнопка змінює свій текст і кольори, а глобальна змінна оновлюється для вказівки на активне підключення. Якщо підключення не вдалося, відображається повідомлення про відсутність підключення.

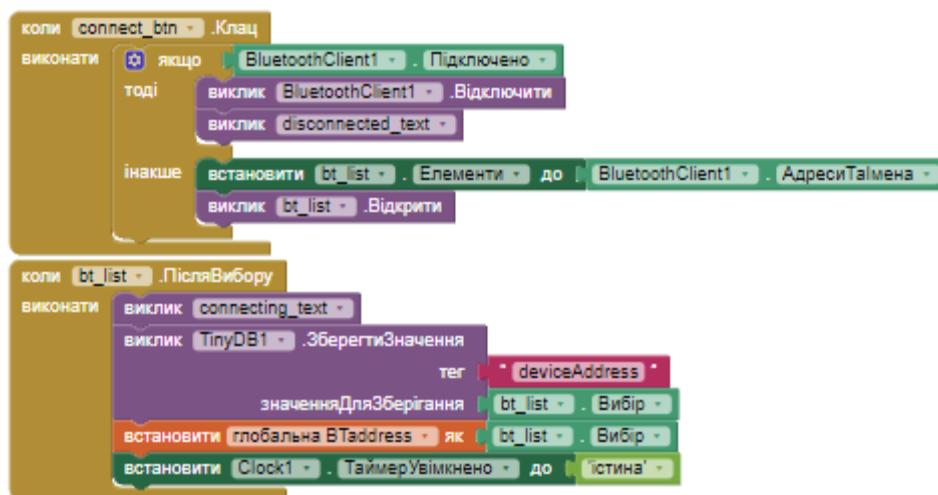


Рисунок 3.24 – Блоки коду для обробки подій кнопки connect_btn

а) обробка події натискання кнопки connect_btn:

- блоки коду на рисунку 3.24 для обробки подій кнопки connect_btn.–
- коли натиснуто кнопку connect_btn;
- якщо BluetoothClient1 підключений (BluetoothClient1.Підключено);
- виконується виклик BluetoothClient1.Відключити, щоб розірвати поточне Bluetooth-з'єднання;
- викликається disconnected_text, щоб відобразити повідомлення про відключення;
- встановлюється список bt_list елементами, що містять адреси доступних Bluetooth-пристроїв, знайдених BluetoothClient1;
- відкривається список bt_list, щоб користувач міг вибрати пристрій для підключення.

б) обробка події вибору елемента у списку bt_list:

- коли вибрано елемент у списку bt_list (ПісляВибору);
- викликається connecting_text, щоб повідомити про початок процесу підключення;
- виконується збереження значення вибраного елемента у TinyDB1 за тегом deviceAddress, що дозволяє зберегти адресу вибраного пристрою для подальшого використання;
- встановлюється глобальна змінна VtAddress на значення вибраного

елемента зі списку `bt_list`;

- встановлюється таймер `Clock1` на інтервал 100 мс і він увімкнутий (істина), що запускає процес підключення до вибраного Bluetooth-пристрою;

- коли користувач натискає кнопку `connect_btn`, система перевіряє стан підключення. Якщо вже підключено, виконується відключення та відображається повідомлення про відключення. Якщо не підключено, відкривається список доступних Bluetooth-пристроїв для вибору;

- коли користувач вибирає пристрій зі списку `bt_list`, система зберігає адресу цього пристрою, оновлює глобальну змінну `VtAddress` та запускає таймер для початку процесу підключення до вибраного пристрою.

Це забезпечує зручний спосіб керування Bluetooth-з'єднаннями, дозволяючи користувачам легко підключатися до різних пристроїв за допомогою простої взаємодії з додатком (рис. 3.25).

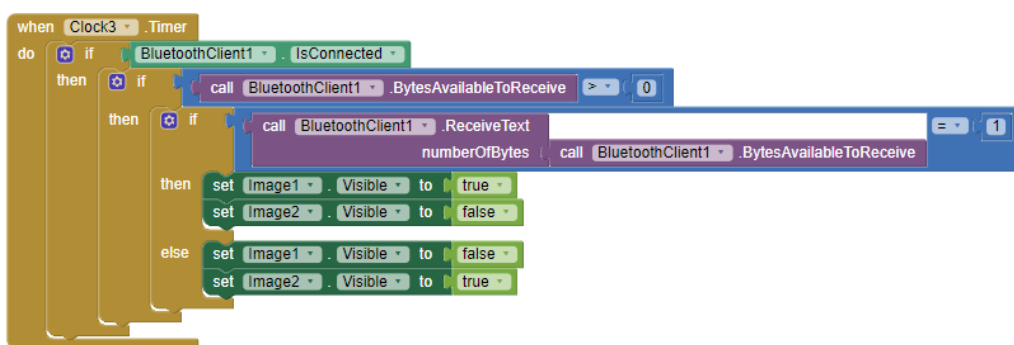


Рисунок 3.25 – Блок реалізації показу 1 або 0

Ми викликаємо блок `'Clock3'`, у якому перевіряємо, чи підключено наше пристрій (Bluetooth-клієнт1). Якщо так, то перевіряємо, чи вільний наш клієнт для отримання даних.

а) якщо клієнт вільний, виконується наступна умова:

- якщо в отриманому пакеті знаходиться значення 1, відображається зображення міна знайдена (рис 3.26);

- у всіх інших випадках відображається зображення міна не знайдена

(рис 3.27).



Рисунок 3.26 – Міна знайдена

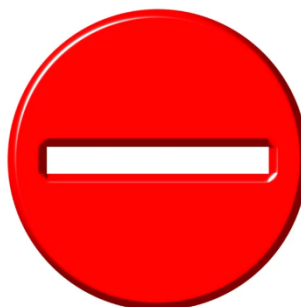


Рисунок 3.27 – Міна не знайдена

У цьому розділі буде розглянуто процес розробки мобільного додатку для керування роботом-металошукачем, створеного за допомогою платформи AppInventor, та прошивки плати Arduino Uno через середовище Arduino IDE.

Зокрема, в додатку був доданий компонент WebПроглядчик1 для трансляції з камери в додаток (рис. 3.28), що дозволяє користувачеві бачити зображення з камери робота.

а) функціонал додатку включає:

- управління роботом-металошукачем;
- перегляд зображення з камери в реальному часі;
- індикацію виявлення металевих об'єктів металошукачем.

Це дозволяє ефективно керувати роботом та оперативно отримувати інформацію про знайдені об'єкти.

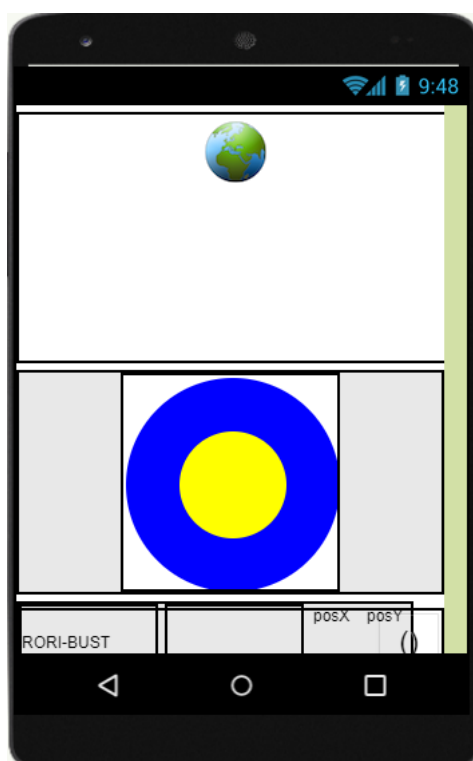


Рисунок 3.28 – WebПросмотрщик1

Було створено додаток для керування робота-металошукача з зрозумілим і зручним інтерфейсом на рисунку 3.29.

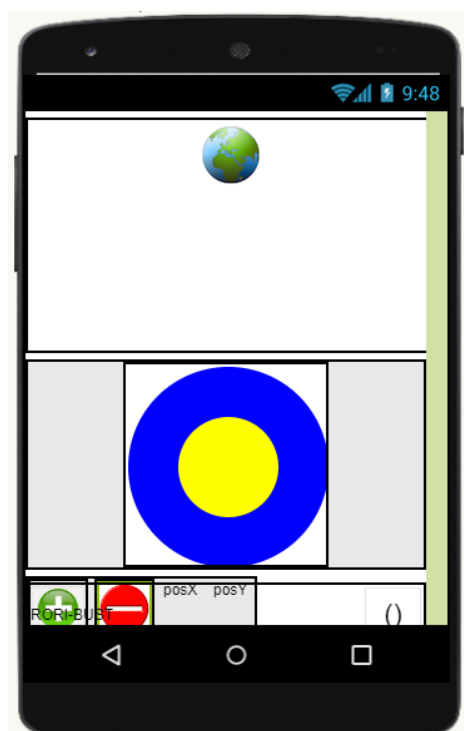


Рисунок 3.29 – Додаток для керування роботом

На головному екрані додатку розміщено джойстик, який дозволяє керувати рухом робота в реальному часі. Позиції по осях X та Y відображаються під джойстиком, що дозволяє точно контролювати напрямок руху.

Був доданий компонент WebПросмотрщик1 для трансляції з камери в додаток

Кнопка Connect дозволяє підключатися до робота через Bluetooth, а чек бокс 'Підключати під час запуску' забезпечує автоматичне підключення при запуску додатку, що робить процес підключення швидким та зручним. Поле для вводу Період відправлення пакетів (мс) дозволяє налаштувати частоту передачі даних, забезпечуючи оптимальний баланс між швидкістю реакції та енергоефективністю.

Додаток також має текстове поле для відображення статусу підключення та іншу інформацію, що забезпечує зворотний зв'язок з користувачем. Внизу додатку розміщено кнопку для доступу до налаштувань, що дозволяє легко змінювати конфігурацію роботи додатку.

У невидимих компонентах додатку використовується BluetoothClient1 для керування Bluetooth-з'єднанням, 'TinyDB1' для зберігання налаштувань, таких як адреса пристрою та період передачі даних, а також таймери Clock1 і Clock2 Clock3 для управління частотою оновлення та підключення.

Таким чином, додаток для керування роботом був розроблений з урахуванням зручності використання, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і функціональність, необхідну для ефективного керування роботом через Bluetooth.

На цьому етапі було налаштовано властивості кожного елемента інтерфейсу користувача, включаючи розмір, колір, текстові підписи та розташування на екрані. Це дозволило створити зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача. Кожен елемент був ретельно розташований для забезпечення максимальної зручності та функціональності додатку.

3.4 Програмна реалізація металошукача

Модуль металошукача побудований на схемі K157УД2, центром якої є генератор прямокутних імпульсів на базі мікросхеми NE555. Живлення схеми здійснюється від стабільного джерела живлення 12В. На рисунку 3.30 генератор NE555 генерує імпульси, які далі обробляються для виявлення металевих об'єктів.

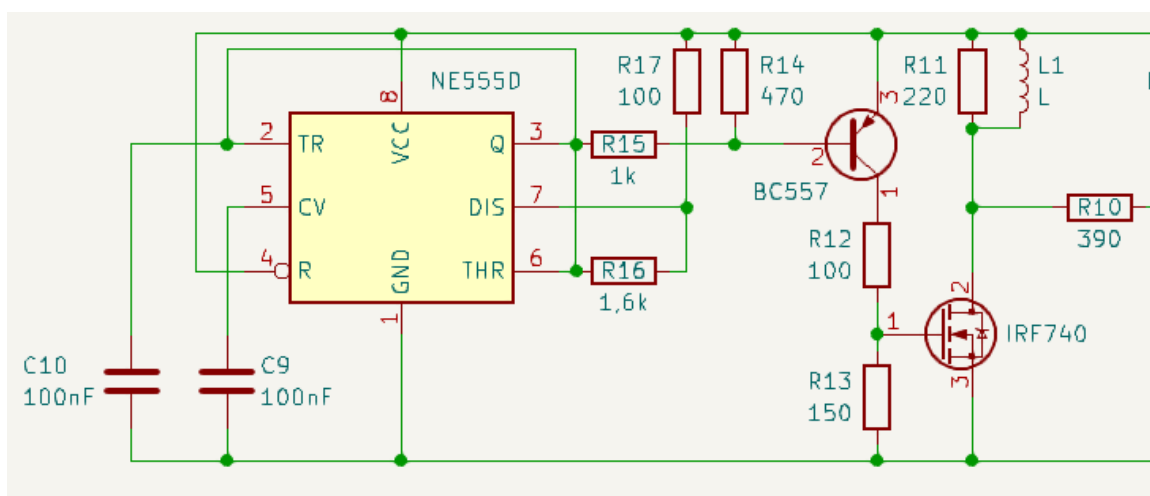


Рисунок 3.30 – Генератор NE555

Конденсатор C9 задає частоту генератора імпульсів. Резистор R17 визначає час, протягом якого на виводі 3 буде встановлено сигнал високого рівня, близький до напруги живлення мікросхеми (12В). Резистор R16 відповідає за час встановлення сигналу низького рівня. Поява сигналу високого рівня (рис. 3.31) на базі PNP транзистора типу BC557 дає позитивну напругу через ділник напруги на MOSFET транзистор IRF740, що активує його.

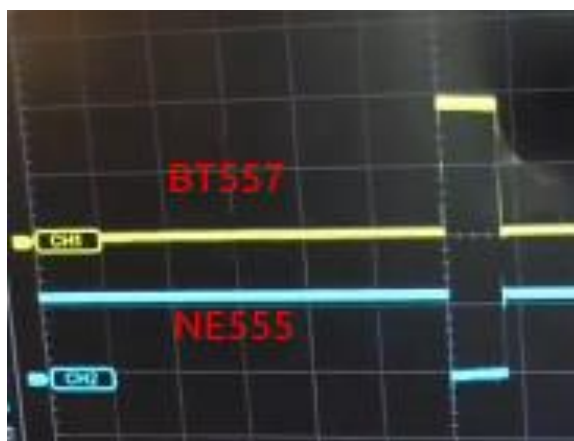


Рисунок 3.31 – Поява сигналу високого рівня

Як тільки це відбувається, через пошукову котушку L1 починає проходити наростаючий струм, який створює в ній магнітне поле. Це поле наводить в металевій міні вихрові струми. Як тільки міна потрапляє в поле дії котушки, сигнал (рис. 3.32) змінюється.



Рисунок 3.32 – Зміна сигналу якщо міна потрапляє в поле дії котушки

Резистори R9 і R8 ділять напругу, що надходить на неінвертуючий вхід (3) операційного підсилювача (рис. 3.33). Ця напруга встановлюється за допомогою зворотного зв'язку через резистор R7 на інвертуючий вхід підсилювача (2). Цей поділ напруги та зворотний зв'язок забезпечують стабільність і точність роботи операційного підсилювача, дозволяючи коректно обробляти сигнали від пошукової котушки.

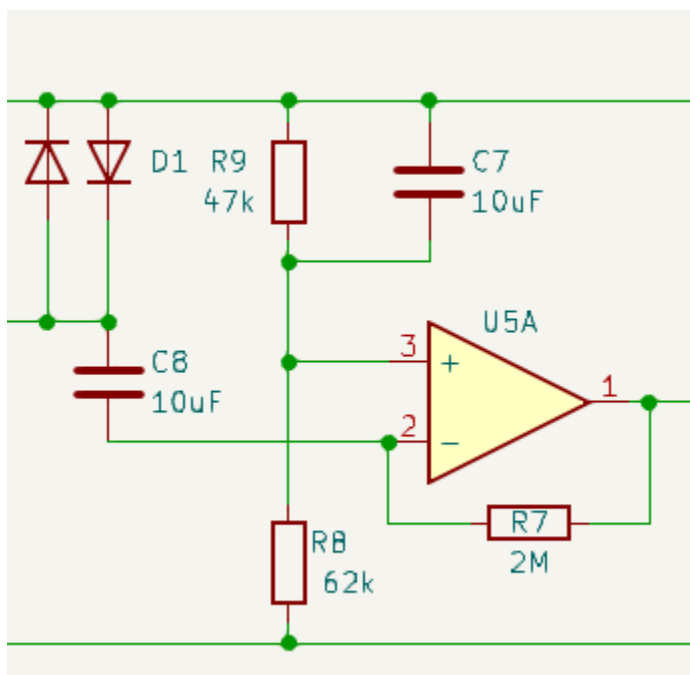


Рисунок 3.33 – Поділ напруги

Коли IRF740 відкритий, через конденсатор C8 тече малий струм перезарядки, і на виводі (1) операційного підсилювача U5 встановлюється сигнал високого рівня. Це забезпечує коректну роботу схеми, дозволяючи фіксувати зміни в магнітному полі, створеному пошуковою котушкою L1, коли металевий об'єкт потрапляє в зону дії котушки (рис. 3.34).

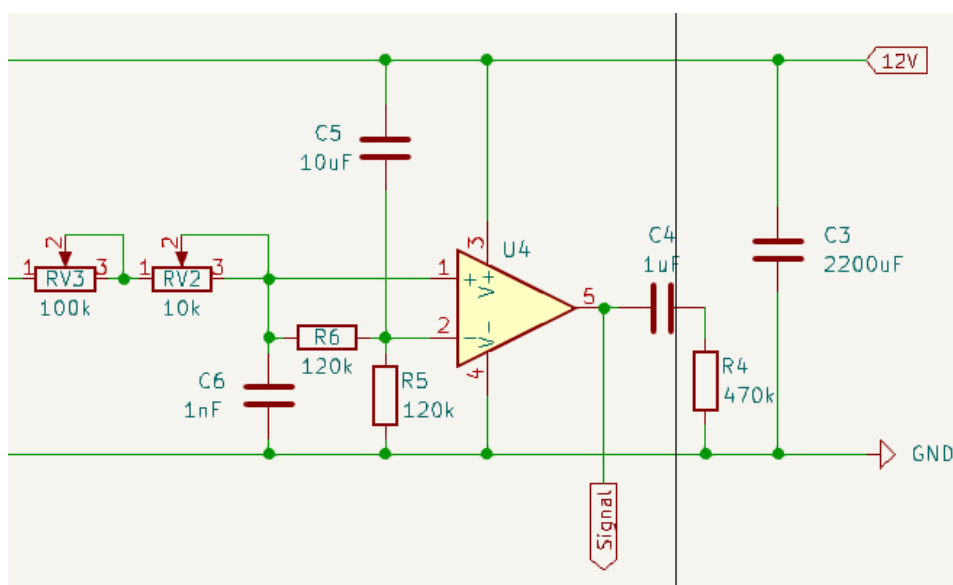


Рисунок 3.34 – Схема фіксування змін в магнітному полі

Цей сигнал заряджає конденсатор С6. Після цього відбувається різкий сплеск самоіндукції. Через зворотне перезарядження конденсатора С8 напруга на виводі (1) операційного підсилювача U5 різко падає. У такому випадку конденсатор С6 починає розряджатися, стабілізуючи напругу на виводі (1) U5. При відсутності металу конденсатор С8 швидко перезаряджається, але якщо знайдено металеві частини міни, С6 буде розряджатися швидко через довший імпульс ЕРС самоіндукції, оскільки струм перезарядки через С8 тече довше. Це викликає різницю напруг на входах 1 і 2 операційного підсилювача U4 і встановлює високий сигнал на виводі 5 U4. Цей сигнал ми знімаємо за допомогою модуля індикації на базі мікросхеми КА2284.

Сигнал, що надходить на модуль ІС КА2284, обробляється програмою (рис. 3.35) з частотою 1 секунда. Це досягається шляхом налаштування таймер-лічильника мікроконтролера АТmega328Р.

```
Timer1.initialize(1000000); // ІНТЕ
Timer1.attachInterrupt(timerIsr);
```

Рисунок 3.35 – Таймер-лічильника мікроконтролера АТmega328Р

Та ініціалізацією налаштувань переривань по переповненню регістра таймер-лічильника. Як тільки відбувається переповнення, викликається переривання timerIsr(), в якому обробляються (рис. 3.36) дані, що надходять на канали АЦП. За це відповідає функція checkMetalDetector().

```
void checkMetalDetector() {
  uint8_t transmitData = signal_Handler();

  if (transmitData == mineCode) {
    BTserial.write('1');
  } else {
    BTserial.write('0');
  }
}
```

Рисунок 3.36 – Переривання timerIsr()

Для перетворення аналогового сигналу в цифровий ми використовуємо аналого-цифровий перетворювач на базі мікроконтролера Atmega328P. Він оснащений 8-канальним аналоговим мультиплексором, який дозволяє послідовно зчитувати напругу на кожному з його каналів (рис. 3.37).

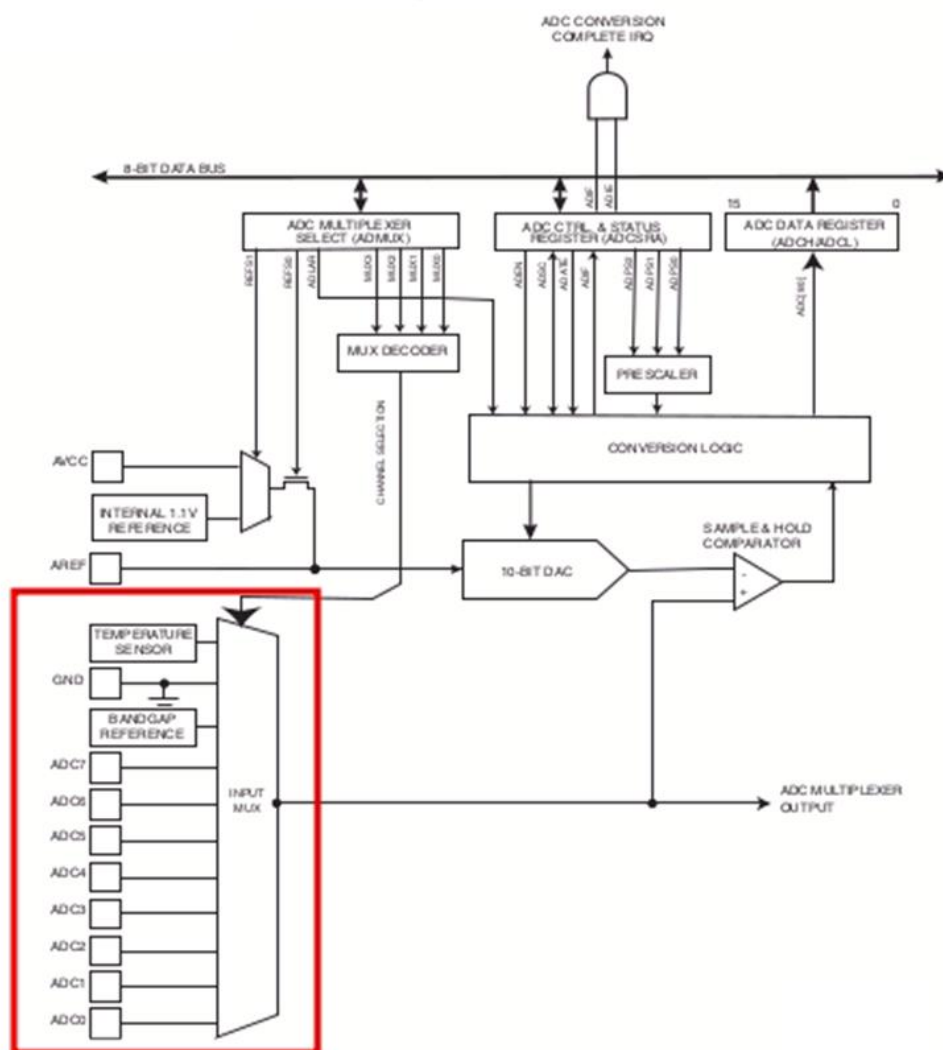


Рисунок 3.37 – Аналого-цифровий перетворювач

Для того щоб налаштувати перетворення, ми встановлюємо дільник в регістрі ADCSRA (рис. 3.38) мікроконтролера Atmega328P. Цей [18] регістр відповідає за конфігурацію аналого-цифрового перетворювача, включаючи вибір тактової частоти для ADC та увімкнення (рис.3.39) самого перетворювача.

Рисунок 3.40 – Регістри ADCL і ADCH

Для перетворень використовується внутрішнє опорне напруження мікроконтролера Atmega328P. Для кожного [18] окремого перетворення результат виражається за формулою:

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}} \quad (3.1)$$

де ADC – це десятибітне значення з регістрів ADCL і ADCH.

V_{in} – це напруження на каналі мультиплексора.

V_{ref} – це опорна напруга.

На схемі (рис 3.41) індикатора ми використовуємо піни мікросхеми KA2284 (D1, D2, D3, D4, D5) для зчитування аналогових сигналів з нашої плати Arduino

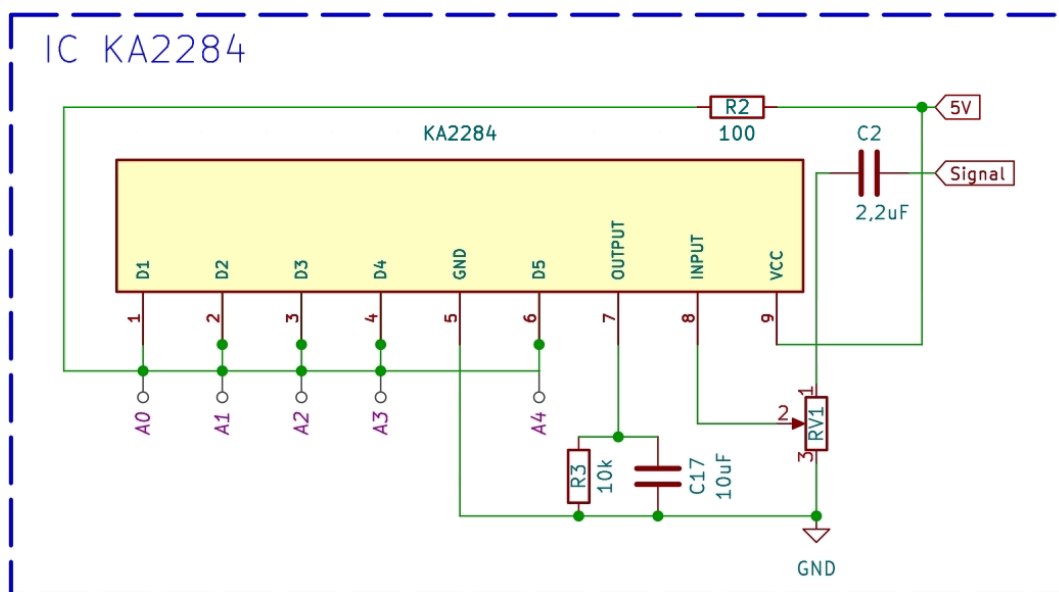


Рисунок 3.41 – Мікросхема KA2284

При відсутності відповідного сигналу котушки металошукача напруга на пинах KA2284 буде 5 вольт (рис.3.43), що згідно зі схемою розрахунку формули перетворення буде дорівнювати 1023. Як тільки ми отримуємо відповідний сигнал через нашу котушку, значення [18] на пинах KA2284

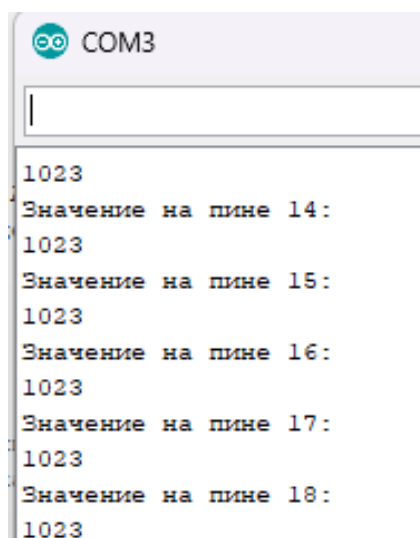
змінюються. Значення залежатиме від обраної чутливості на мікросхемі К157УД2. У нашому випадку експериментально отримане значення для мін ТМ-62, ТМ-57 і ТМ-72 становить 3 (рис. 3.44) вольти на кожному з 5 пінів КА2284, що еквівалентно значенням у регістрі ADC менше 650.

Отримані значення ми обробляємо за допомогою функції `checkPinValue`, яка повертає логічне значення 1 або 0. Якщо значення на будь-якому з пінів буде більше ніж $ADC = 650$ (порогове значення), то функція поверне значення 0. В усіх інших випадках функція поверне значення 1.

```
uint8_t checkPinValue(int pin) {  
    int pinValue = analogRead(pin);  
    пина  
    return pinValue < threshold ? 1 : 0;  
    порогового  
}
```

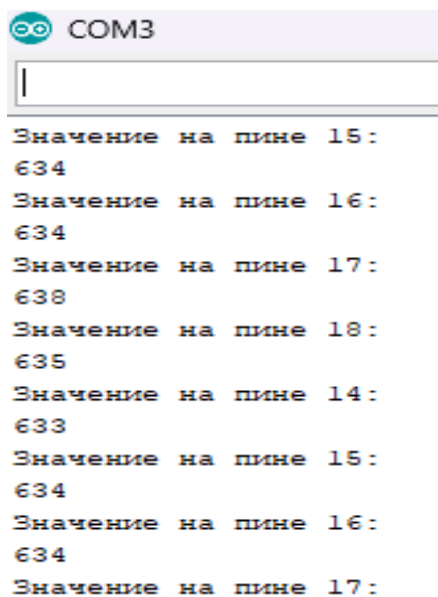
Рисунок 3.42 – Функція `checkPinValue`

Отримані таким чином значення обробляються функцією `signal_Handler`, де за допомогою побітової операції OR (ІЛИ) вони заносяться в 8-бітну змінну `myData`. Результат представлений 5-бітним значенням, яке достатньо для передачі 1-байтним пакетом через UART.



```
COM3  
1023  
Значение на пине 14:  
1023  
Значение на пине 15:  
1023  
Значение на пине 16:  
1023  
Значение на пине 17:  
1023  
Значение на пине 18:  
1023
```

Рисунок 3.43 – Напряга на пинах КА2284 5В



```
COM3
Значение на пине 15:
634
Значение на пине 16:
634
Значение на пине 17:
638
Значение на пине 18:
635
Значение на пине 14:
633
Значение на пине 15:
634
Значение на пине 16:
634
Значение на пине 17:
```

Рисунок 3.44 – Напруга на пинах КА2284 3В

3.5 Тестування та налагодження

Після завершення розробки мобільного додатку та прошивки плати Arduino було проведено тестування системи. Основні етапи тестування включали:

Перевірка з'єднання Bluetooth: встановлено з'єднання між мобільним додатком та роботом через модуль Bluetooth HC-06.

Тестування команд керування рухом: перевірено правильність виконання команд керування рухом робота.

Тестування джойстика: перевірено коректність передачі координат з джойстика на модуль Bluetooth та відповідні реакції робота.

На етапі налагодження виявлені та виправлені помилки, що виникали під час тестування. Після успішного тестування система була готова до використання. Було розроблена схема мобільного робота (рис. 3.45)

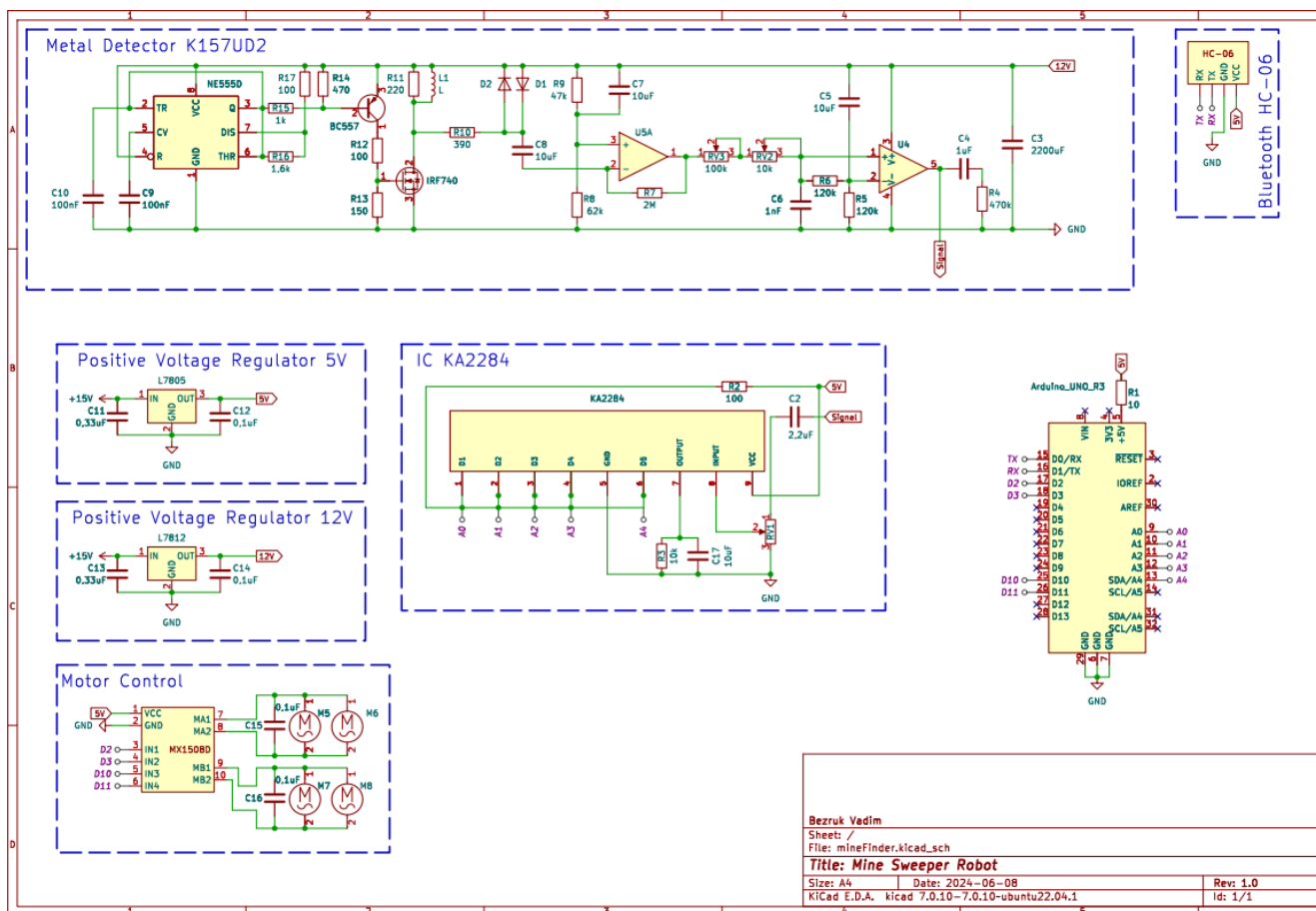


Рисунок 3.45 – Схема мобільного робота

Було розроблено макет мобільного робота, що включає плату металошукача K157UD2, який живиться від 12 вольт. На рисунку 3.45 зображено макет мобільного робота, який використовує чотири Li-ion акумулятори 18650, що забезпечують сумарно близько 16 вольт. За допомогою стабілізаторів напруги для металошукача забезпечується 12 вольт, що є прийнятною потужністю живлення. Для інших компонентів використовується інший стабілізатор, який видає 5 вольт для живлення таких компонентів:

- Arduino: Виконує роль основного контролера, що керує всією системою робота;
- двигуни: забезпечують рух робота;
- HC-06: модуль Bluetooth, що забезпечує бездротове з'єднання;
- світлодіодний індикатор на базі KA2284: Використовується для візуальної індикації, чи знайдено металевий об'єкт. Сигнали з індикатора подаються на аналогові піни Arduino;

– драйвер двигунів MX1508: контролює роботу двигунів.

3.6 Опис зібраного макету мобільного робота-металошукача

У цьому підрозділі буде описано зібраний макет мобільного робота-металошукача, його компоненти, та принципи роботи. Макет розроблений для виявлення вибухонебезпечних об'єктів, зокрема мін, з використанням сучасних технологій та електронних компонентів.

Зібраний макет мобільного робота-металошукача (рис. 3.46) складається з кількох основних компонентів: бази на колесах, металошукача, керуючого модуля, джерела живлення та засобів зв'язку. Робот спроектований для ефективного виявлення вибухонебезпечних об'єктів у польових умовах. Корпус робота виготовлено з картону, що дозволяє легко модифікувати конструкцію та забезпечує легкість макету. У майбутньому планується заміна картонного корпусу на більш міцний матеріал, що підвищить довговічність та надійність системи.

Колісна база робота складається з чотирьох електричних мотор-редукторів з напругою живлення від 3 до 8В і крутним моментом 0.8 кг/см. Мотор-редуктори прикріплені до картонного шасі робота за допомогою клею, що забезпечує тимчасову фіксацію для тестування.

Катушка металошукача типу 'Пірат' встановлена спереду робота і тримається на місці за допомогою пінопласту. Металошукач має чутливість, що дозволяє виявляти великі металеві об'єкти на глибині до 80 см. Сама плата металошукача розташована всередині коробки робота. Металошукач налаштований таким чином, щоб реагувати лише на великі металеві об'єкти, такі як танкові міни, які зазвичай закопують на глибині 15-20 см. Встановлений поріг чутливості забезпечує, що на відстані 18 см металошукач виявить великий об'єкт і повідомить про це в додатку, ігноруючи дрібні об'єкти.

Керуючий модуль робота побудований на базі мікроконтролера

АТmega328p (Arduino UNO), який забезпечує обробку сигналів від металошукача, керування мотор-редукторами та зв'язок з оператором через модуль Bluetooth HC-06.

Робот оснащений джерелом живлення на 12В, яке живить усі компоненти системи через стабілізатор напруги на 5В. Це забезпечує стабільну роботу всіх електронних компонентів.

Для зв'язку з оператором використовується модуль Bluetooth HC-06, який забезпечує бездротовий зв'язок на відстані до 10 метрів. Планується заміна цього модуля на HC-12, що забезпечить радіус дії до 1800 метрів.

Робот-металошукач здійснює пошук металевих об'єктів під управлінням оператора. Якщо металошукач виявляє (рис. 3.47) великий металевий об'єкт, на мобільний додаток оператора надходить повідомлення про знайдену міну. Оператор отримує повідомлення через мобільний додаток, де відображається місце знаходження виявленого об'єкта, і може бачити це в режимі реального часу. Під час тестувань робот успішно виявив кілька металевих об'єктів, розташованих на різних глибинах і відстанях. Тестування показало, що робот здатен ефективно знаходити великі об'єкти на відстані до 80 см.

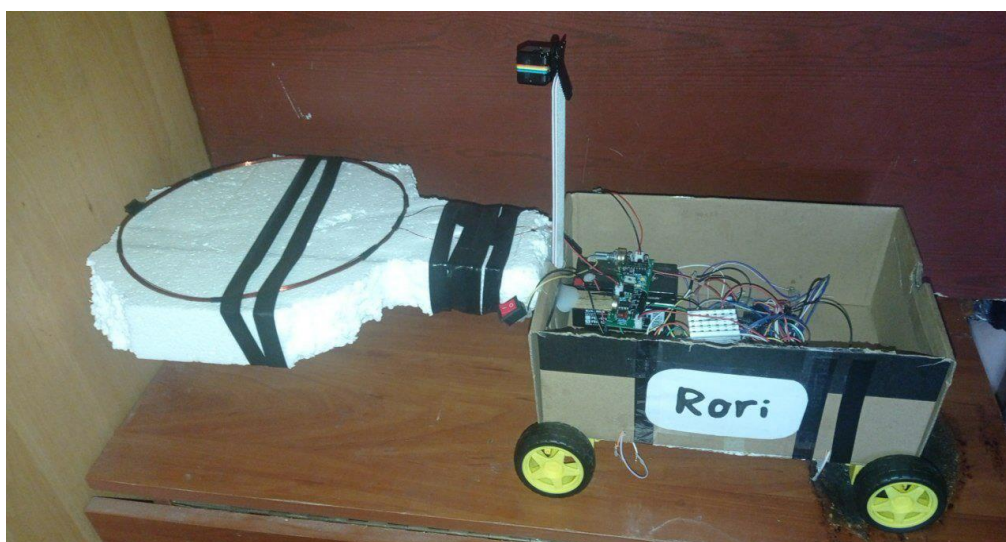


Рисунок 3.46 – Макет мобільного робота збоку

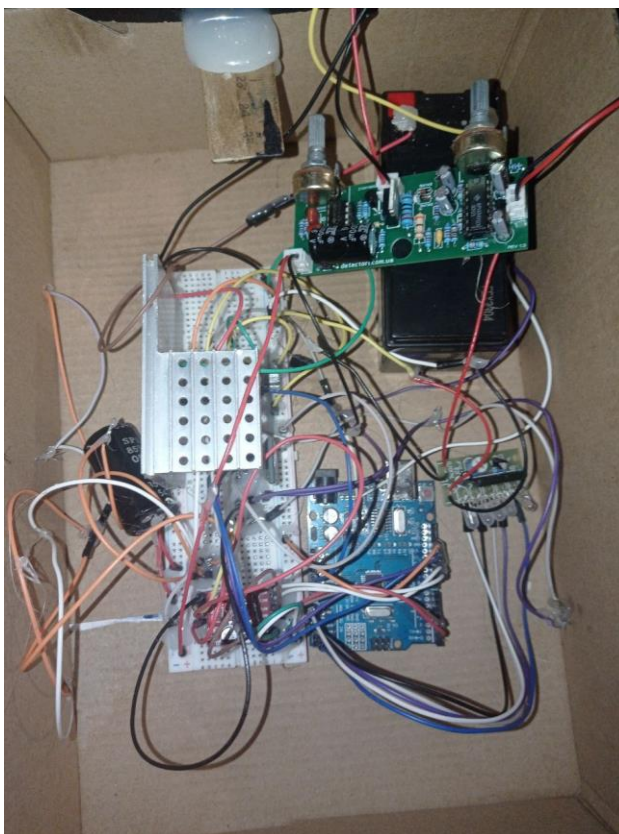


Рисунок 3.47 – Макет мобільного робота зверху

3.6 Питання забезпечення безпечних умов при проектуванні РД

Питання забезпечення безпечних умов при проектуванні РД включає кілька важливих аспектів:

- аналіз ризиків: необхідно ідентифікувати можливі небезпеки, оцінити ймовірність їх виникнення та вплив на проект. Це допоможе розробити стратегії для зменшення ризиків;

- впровадження стандартів безпеки: використання міжнародних та національних стандартів, таких як ISO або ГОСТ, забезпечує відповідність проекту вимогам безпеки;

- використання якісних матеріалів: застосування сертифікованих і надійних матеріалів запобігає аваріям і підвищує безпеку;

- тестування систем: регулярне і ретельне тестування на всіх етапах проектування і виробництва виявляє недоліки та забезпечує надійну роботу систем.

Електробезпека

Електробезпека є важливим аспектом у будь-якому проектуванні електронних систем. Для забезпечення електробезпеки необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- ізоляція та захист: використовуйте ізоляційні матеріали та захисні оболонки для всіх провідних частин;
- заземлення: всі металеві частини, які можуть бути під напругою, повинні бути заземлені;
- перевірка обладнання: регулярно перевіряйте електрообладнання на наявність пошкоджень та своєчасно їх усувайте;
- використання захисних пристроїв: використовуйте автоматичні вимикачі, запобіжники та інші пристрої захисту від перенапруги.

Безпека та гігієна при роботі з ПК включає:

- правильна організація робочого місця: робоче місце повинно бути добре освітленим, зручно розташованим монітором та клавіатурою;
- правильна постава: під час роботи слід підтримувати правильну поставу, щоб уникнути проблем з хребтом;
- регулярні перерви: робіть перерви кожні 1-2 години для відпочинку очей та розминки;
- гігієна: дтримуйтеся чистоти робочого місця, регулярно очищуйте клавіатуру та мишу від пилу та бруду.

Ці заходи допоможуть підтримувати здоров'я та безпеку при тривалій роботі з комп'ютером [19].

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра був проведений аналіз предметної області та останніх досліджень, визначено актуальність роботи.

Було визначено та деталізовано мету та задачі проекту, написано технічне завдання та проведено планування робіт.

У ході виконання роботи було розроблено та реалізовано фізичний макет мобільного робота-металошукача та мобільний додаток для його керування. Робот побудований на базі плати металошукача K157UD2 та оснащений необхідними компонентами для ефективного виявлення мін.

Мобільний додаток включає функції управління роботом, трансляції зображення з камери в реальному часі та індикації виявлення металевих об'єктів. Це дозволяє користувачеві дистанційно керувати роботом, оперативно отримувати візуальну інформацію та визначати наявність небезпечних об'єктів.

На початкових етапах роботи був проведений огляд існуючих конструкцій мобільних платформ для виявлення вибухонебезпечних пристроїв. Визначив що бувають колісні , гусеничні та літаючі роботи які застосовуються для виконання різних завдань у складних і небезпечних умовах.

Особлива увага була приділена вибору та підготовці компонентів для системи. Використання мікроконтролера Arduino UNO дозволило реалізувати гнучке та функціональне управління робота металошукача.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Pandey, A., Singh, S., Chaitanya, V. S. S., Mohan, M., Sharma, N., Sharma, A., & Kumar, R. (2022). Design and Fabrication of a Novel Gripper Wheel based All-Terrain Differential-Driven Unmanned Landmine and Metal Detector Robot Vehicle. *International Journal of Vehicle Structures & Systems*, 14(4), 489-496.
2. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
3. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форми навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, О.І. Филипенко, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – 64 с.
4. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.
6. Струтинський В.Б., Гуржій А.М. Наземні робототехнічні комплекси: Монографія. Житомир: ПП «Рута», 2023 . 524 с
7. Робот CALIBER® T5 // Сайт компанії «ПОСТ-01». URL: http://www.post-01.com.ua/ua/catalog/oborudovanie-i-spets sredstva-dlya-armii-i-politsii/razminirovanie/icor_robots/T5-CALIBER (дата звернення : 25.04.2024).
8. Дрон GEON E61 // Сайт корпорації ArroTech. URL: <https://arrotech.com/ua/ дрон GEON E61> (дата звернення : 25.04.2024).
9. Barnawi, A., Kumar, K., Kumar, N., Thakur, N., Alzahrani, B., & Almansour, A. (2023). Unmanned Ariel Vehicle (UAV) Path Planning for Area Segmentation in Intelligent Landmine Detection Systems. *Sensors*, 23(16), 7264.

10. Vachan, B., Deepthi, S., Geetha, B., & Srinivasan, L. (2020). Landmine Detection using Wireless Robot. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(7), 641-648.
11. Madhiarasan, M. (2021). Design and development of IoT based solar powered versatile moving robot for military application. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 12(3), 437-450.
12. Barnawi, A., Budhiraja, I., Kumar, K., Kumar, N., Alzahrani, B., Almansour, A., & Noor, A. (2022). A comprehensive review on landmine detection using deep learning techniques in 5G environment: Open issues and challenges. *Neural Computing and Applications*, 34(24), 21657-21676.
13. Nath, A., & Niyogi, R. (2024, April). A Distributed Approach for Autonomous Landmine Detection Using Multi-UAVs. In *International Conference on Advanced Information Networking and Applications* (pp. 166-177). Cham: Springer Nature Switzerland.
14. Kunaraj, A., Mathushan, M., Mathavan, J. J., & Kamalesan, G. M. (2020, September). Sensor Controlled Defense Purpose Robot for Land Mine Detection. In *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)* (pp. 42-47). IEEE.
15. Bestagini, P., Lombardi, F., Lualdi, M., Picetti, F., & Tubaro, S. (2020). Landmine detection using autoencoders on multipolarization GPR volumetric data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(1), 182-195.
16. Huang, Z., Ge, S., He, Y., Wang, D., & Zhang, S. (2024). Research on the Intelligent System Architecture and Control Strategy of Mining Robot Crowds. *Energies*, 17(8), 1834.
17. Bale, A. S., NR, N. K., Somanna, A. N., Karthik, K. B., SN, N. R., & Rithik, S. M. (2023, June). Explosive Projectile Detection with an Arduino-Controlled Robot. In *2023 8th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)* (pp. 243-249). IEEE.
18. <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf>

19. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В., Сердюк Н.М., Хондак І.І. «Безпека життєдіяльності»: навч. посібник / Т.Є Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. – Харків: ХНУРЕ, 2018. 336 с.