

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Автоматизована система розмінування»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ПМ-01

Герасименко Яків Володимирович _____

Керівник:

ст. викладач, к.т.н.

Назаренко Наталія Миколаївна _____

Рецензент:

доцент, к.т.н.

Мокійчук Валентин Михайлович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Пояснювальна записка	58	
3	A1	ДП.ПМ-01.06.21.000.ПС	Принципова схема	1	
4	A1	ДП.ПМ-01.06.21.000.БСА	Блок-схема алгоритм	1	
5	A1	ДП.ПМ-01.06.21.000.СК	Складальне креслення	1	
6	A4	ДП.ПМ-01.06.21.000.СП	Специфікація	1	
7	A1	ДП.ПМ-01.06.21.001	Корпус	1	
8	A1	ДП.ПМ-01.06.21.002	Тримач металошукача	1	
9	A3	ДП.ПМ-01.06.21.003	Тримач датчика	1	
10	A4	ДП.ПМ-01.06.21.004	Кришка	1	
11	A4	ДП.ПМ-01.06.21.005	Кришка	1	

				ДП.ПМ-01.06.21.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Герасименко			Відомість дипломного проєкту	Лист	
Керівн.	Назаренко				1	
Консульт.					КП ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПМ-01	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система розмінування»

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій КИРИЧУК**

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Герасименко Яків Володимирович

1. Тема проєкту «Автоматизована система розмінування», керівник проєкту ст. викладач, к.т.н. Назаренко Наталія Миколаївна, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. № 2121-с
2. Термін подання студентом проєкту _____ 10.06.2024 _____
3. Вихідні дані до проєкту : Котушка діаметром не більше 17см, живлення системи не більше 20В, споживання двигунами не більше 50Вт, споживання іншої електроніки не більше ніж 30Вт
4. Зміст пояснювальної записки: Огляд існуючих розробок на тему диплому; розробка структурної схеми; металошукач; розробка принципової схеми та аналіз використаних елементів; розробка блок-алгоритму, розробка сайту для зворотного зв'язку.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): принципова схема, блок-схема алгоритм, складальне креслення, специфікація.

6. Дата видачі завдання 15.02.2024 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний огляд. Визначення напрямку розробки	29.02.2024	
2	Проведення аналітичного огляду матеріалів	16.03.2024	
3	Розробка структурної схеми	24.03.2024	
4	Аналіз використаних елементів	01.04.2024	
5	Аналіз та побудова схеми металошукача	08.04.2024	
6	Розробка принципової схеми	20.04.2024	
7	Розробка блок схеми алгоритму	27.04.2024	
8	Розробка сайту	05.05.2024	
9	Оформлення текстової частини ДП	29.05.2024	
10	Оформлення графічної частини ДП	30.05.2024	
11	Представлення ДП на перевірку науковому керівнику	30.05.2024	
12	Подання ДП до Екзаменаційної комісії	11.06.2024	
13	Захисти кваліфікаційних робіт.	18.06.2024	

Студент

Яків Герасименко

Керівник

Наталія Назаренко

АНОТАЦІЯ

У рамках дипломної роботи бакалавра була проведена розробка автоматизованої системи розмінування. Дипломний проєкт включає шість розділів, кожен з яких є важливою складовою роботи.

Одне з головних досягнень проєкту є створення системи, яка виконує роботу з пошуку мін без втручання людини. Це досягнуто за допомогою сучасних технологій та правильно підібраних елементів.

Під час розробки системи було використано ультразвуковий датчик, для виявлення перешкод попереду руху системи, драйвери двигунів, для спрощення реалізації електричної схеми та збереження більш важливих елементів, таких як мікроконтролер, від впливу високо споживчих елементів. Також було задіяно перетворювач та підвищувач напруги для більш стабільного проходження струму та коректної роботи елементів. Вибір таких компонентів дозволяє отримати надійну систему, яка забезпечує високу точність роботи системи.

Використання роботів у процесі розмінування, сприяє розвитку робототехніки, зменшенню кількості задіяних людей на зондування полів, зберігає життя. Ця розробка пришвидшує час процесу розмінування, що допоможе швидше почати використовувати небезпечні ділянки землі у сільськогосподарській діяльності.

THE ANNOTATION

As part of his bachelor's thesis, he developed an automated demining system. The diploma project includes six chapters, each of which is an important component of the work.

One of the main achievements of the project is the creation of a system that performs mine detection without human intervention. This was achieved with the help of modern technologies and properly selected elements.

During the development of the system, an ultrasonic sensor was used to detect obstacles ahead of the system, motor drivers to simplify the implementation of the electrical circuit and to protect more important elements, such as the microcontroller, from the effects of highly consuming elements. A converter and voltage booster were also used to ensure more stable current flow and correct operation of the elements. The choice of such components allows for a reliable system that ensures high accuracy of the system.

The use of robots in the demining process contributes to the development of robotics, reduces the number of people involved in field sensing, and saves lives. This development speeds up the demining process, which will help to start using hazardous land for agricultural activities sooner.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РОЗРОБОК ПО СИСТЕМАМ РОЗМІНУВАННЯ	12
1.1. Пошук мін з повітря	12
1.2. Наземні системи для розмінування	14
1.2.1. Модернізована бронетехніка.....	14
1.2.2. Автоматизований шукач.....	17
1.3. Висновок по розділу	20
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	21
3. МЕТАЛОШУКАЧ	23
3.2. Котушка.....	23
3.1.1. Типи котушок.....	23
3.1.2. Структура котушок.....	25
3.1.3. Функціонування.....	25
3.1.4.0 Розрахунок котушки	26
3.3. Принципова схема металошукача	27
3.4. Висновок по розділу	30

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Герасименко</i>			<i>Автоматизована система розмінування</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		<i>Назаренко</i>					8	67
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК; Гр. ПМ-01		
Затв.								

4. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ТА ПОБУДОВА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	31
4.2. Мікроконтролер	31
4.1.1. Arduino	31
4.1.2. STM (STMicroelectronics)	33
4.1.3. ESP (Espressif Systems)	35
4.1.4. Raspberry Pi Pico	36
4.3. Міні-драйвер двигунів MX1508	38
4.4. Електродвигун DC (постійного струму)	40
4.5. Ublox NEO-6M GPS -модуль з антеною	44
4.6. Ультразвуковий датчик HC-SR04	47
4.7. Підсилювач слабкого сигналу LM358	50
4.8. Транзистор STP65NF06	51
4.9. Конденсатори та резистори	52
4.10. Загальний вигляд принципової схеми	53
4.11. Акумулятор INR18650-30Q	54
4.12. Висновок по розділу	57
5. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМ	57
6. ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК	58
ВИСНОВОК	61
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	62

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Герасименко</i>			<i>Автоматизована система розмінування</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		<i>Назаренко</i>					9	67
Н. Контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК; Гр. ПМ-01			
Затв.								

ВСТУП

Основною метою дослідження є розробка та впровадження автоматизації процесу розмінування. Система буде розроблена для пришвидшення роботи саперів. Мета – створити прилад який зможе мінімізувати ризики життю та зменшити час пошуку вибухівки.

Автоматизація в розмінуванні розвивалась в різних країнах світу. Та активно вдосконалюється у Германії, США, Кореї протягом багатьох років. Останні декілька років ми також починаємо набувати їх досвід.

Розмінування є дуже важкою та небезпечною справою, якщо сапер зробить помилку, може постраждати як сам майстер, так і люди, які надалі будуть перебувати на замінованій території.

Виділяють 3 основні способи автоматизації:

- 1) шукач мін: зменшить роботу пошуку;
- 2) самостійний виріб: знайде та знешкодить вибухівку;
- 3) механічне пристосування: прилад який кріпиться до бронеавтомобіля та завчасно детонує міни;

Міни є великою проблемою, закопані в минулому, можуть проявити себе через десятки років. А що говорити про ситуацію в світі, де кількість вибухових приладів є надзвичайно великою. Зараз, понад 175 тисяч км² території України заміновано, і з кожним днем, під час війни, площа буде тільки збільшуватись.

Необхідно розробляти та впроваджувати системи, що можуть допомогти з дистанційним знешкодженням. Якщо Україна залишиться сам на сам з проблемою розмінування територій, то її рішення займе не одне покоління і тільки впровадження та розвиток систем автоматизованого розмінування може стати нашим союзником в цій не легкій справі.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи всі ці фактори, актуальність теми є очевидною, оскільки вона стимулює вдосконалення процесу автоматизації розмінування, виключає поранення, а також збільшенню продуктивності відділів інженерних бригад.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РОЗРОБОК ПО СИСТЕМАМ РОЗМІНУВАННЯ

Система розмінування - це комплекс методів та засобів, призначених для пошуку мін, їх виявлення, знешкоджування. До неї входить різне обладнання: металопукачі, детектори вибухових речовин, платформи та інші пристрої, які забезпечують безпечне та ефективне очищення територій від мін.

Системи розмінування класифікують за методом руху платформ та їх функціональними можливостями: пошук та знешкодження мін.

1.1. Пошук мін з повітря

Пошук з повітря дозволяє швидко аналізувати великі території з повітря. Зараз вважається, що безпілотному судну потрібно летіти на висоті не вище за 1м відносно поверхні. Маючи таку висоту, система отримає найбільшу ефективність пошуку мін, які знаходяться на поверхні, приблизно 80%. Швидкість польоту платформи має бути 1,2 м/с для отримання такого результату[2].

Судна комплектують блоком управління польотом, камерою та інфрачервоним датчиком. Платформою можуть бути гвинтокрили [1], дрони та дирижаблі [3].

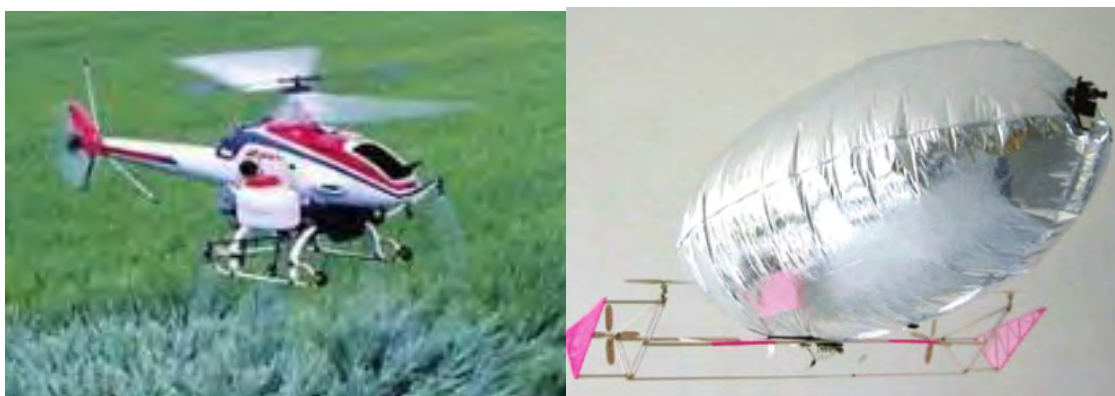


Рис1.1. Гвинтокрил та дирижабль

Основні способи пошуку мін з повітря є візуальний та по інфрачервоному випромінювані.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		12

Візуальний метод набуває популярності через розвиток ШІ. Зараз досягають 99% точності, методу без різниці з якого матеріалу зроблена вибухівка, оскільки вона, маючи велику кількість прикладів, знаходить їх по зовнішньому вигляду. Із явних мінусів можна виділити неможливість виявити закопану вибухівку.

Інфрачервоний метод набув популярності в 2010-х роках. Але його застосування є ситуаційним. При використанні потрібно враховувати погодні умови та час доби, також різні джерела тепла можуть додати похибку, наприклад загорання сухої трави у засушливий теплий літній день. Метод є не точним, а якщо міна не має теплового контрасту взагалі не працює, але в комплексі може допомогти відсіяти деякі поміхи.

При використанні гвинтокрилів та дронів маємо до 30кг корисний вантажу. При використанні дирижабля маємо до 15кг корисного вантажу.

Наведені вище платформи є системами вертикального зльоту. Їх використовують як для зльоту й посадки, так і для більш точного пошуку мін у відповідних областях. Більшість таких систем обладнане автоматичним поверненням на стартову позицію, навіть якщо зв'язок втрачено.

Для виявлення мін та картографування мінного поля використовується бортове обладнання з інерційною навігаційною системою та диференціальною глобальною системою навігації. Програмування маршрутів передбачає автоматичне або ручне керування з наземної станції. Вона може розміщуватися на транспортному засобі та допомогти отримувати інформацію про знаходження небезпечних об'єктів у кольорових картинках.

В якості прикладу розглянемо систему для розмінування, сканування наявності вибухонебезпечних приладів XAG V40. Дрон із вбудованим сканером дозволяє збирати метадані предмети на місцевості та передавати їх через Bluetooth на екран монітора.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис 1.1. Дрон XAG V40 [4].

В цілому, пошук з повітря не є панацеєю та потрібно використовувати в комплексі з іншими методами розмінування. З переваг методу є швидкість роботи, з недоліків: висока ціна конструкції, пошук закопаних мін не можливий.

1.2. Наземні системи для розмінування

Історично склалося, що розмінуванням займається сапер та спеціально навчені собаки. Наземна система може виступати у якості заміни собаки, просто пошук мін, так і велику машину, яка зможе сама розмінувати, без участі людини.

1.2.1. Модернізована бронетехніка

Подібні системи привернули увагу через те, що вони прості у виготовленні. Основною платформи виступають різні броньовані автомобілі та танки. В основі лежить механіка підризу вибухівки перед транспортом, для цього використовують різні прибудови.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність системи доходить до $800 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}$ залежно від типу ґрунту та щільності рослинності. Шасі системи має трикутний профіль, для зменшення пошкоджень від вибуху.

Давайте тепер розглянемо систему дискового зондування. Конструкція має ряд сталевих дисків, приєднанні один до одного валом. Вага кожного диску від 10 до 50кг. Ця конструкція дозволяє розподілити тиск на поверхню рівномірно, що дозволяє зонду адаптуватися до різних умов місцевості і ефективно розмінювати поверхню. Потужний тиск, який може застосувати зонд, дозволяє активувати міни, забезпечуючи безпеку для людей і швидкість виконання завдання.

Прикладом такої системи є в арсеналі Державної служби з надзвичайних ситуацій. Апарат проходить перевірку та поки не має назви.



Рис. 1.2.1. Система розмінування дискового зондування [5].

Далі розглянемо систему розмінування, яка використовує спеціальний плуг. Він прикріплений до броньованого гусеничного транспортного модуля. Використання цього плуга дозволяє прискорити процес зондування поверхні. Однак, через те, що зубці плуга розташовані на великій відстані один від одного, деякі міни можуть залишитися незнешкодженими по обидва боки руху у відвалах ґрунту. Внаслідок цього, ця система може забезпечувати безпечний коридор за собою, але не забезпечує повну очистку поверхні від потенційно

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечних об'єктів. Один із вразливих прикладів - система Wisent 1, розроблена в Німеччині. Вона включає в себе броньовану машину, обладнану мінним плугом від Pearson Engineering, який створює повний прохід на всю ширину машини.



Рис.1.2.2. Wisent 1 [6].

А також набуває популярності система з валом та ланцюгами. Подібні системи досить прості у виготовленні, тому набувають великої актуальності, зараз подібна система проходить тестування. У разі успішного завершення цих етапів вона буде значно дешевшою, ніж зарубіжні аналоги, зберігаючи або навіть покращуючи технології, творці назвали його «Народний розміновувач».



Рис.1.2.3. Народний розміновувач [7].

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Зараз подібні системи на вагу золота. Але більшість з них є новими та не прийшли перевірку часом. Системи працюють з низьким коефіцієнтом корисної дії без сторонньої допомоги. Для збільшення користі роботи потрібні шукачі мін, щоб не витрачати ресурси великих платформ. Для подібного ідеально підходять малі роботи.

1.2.2. Автоматизований шукач

З розвитком робототехніки почали створювати різні малогабаритні роботи, для пошуку мін. Такі системи дозволяють зберегти час.

Гібридні системи створено для використання синергетичного ефекту, який виникає від поєднання різних систем пересування. Ця конструкція спеціально адаптована для ефективного пошуку та розмінування у гірській місцевості, наприклад, працювати на вулканах. Робот має дві передні пневматичні «ноги», кожна з яких має три ступені свободи, та двома задніми колесами, що несуть основне навантаження та приводяться в рух електродвигунами. Прикладом подібного робота є платформа WHEELLEG.



Рис 1.2.4. Робот WHEELLEG [8]

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для керування роботом використовуються шість мікроконтролерів з нечіткою логікою: чотири для управління поршнями, один для автономної системи керування колесами та один для загального інтерактивного керування. Габаритні розміри робота складають 660 x 1110 x 400 мм.

Точне визначення положення міни є критичним фактором для успішного виконання завдань розмінування роботом.

Розглянемо малогабаритні колісні платформи. Такі системи призначені для використання на місцевості без різких перепад висот, що дозволяє спростити конструкцію.

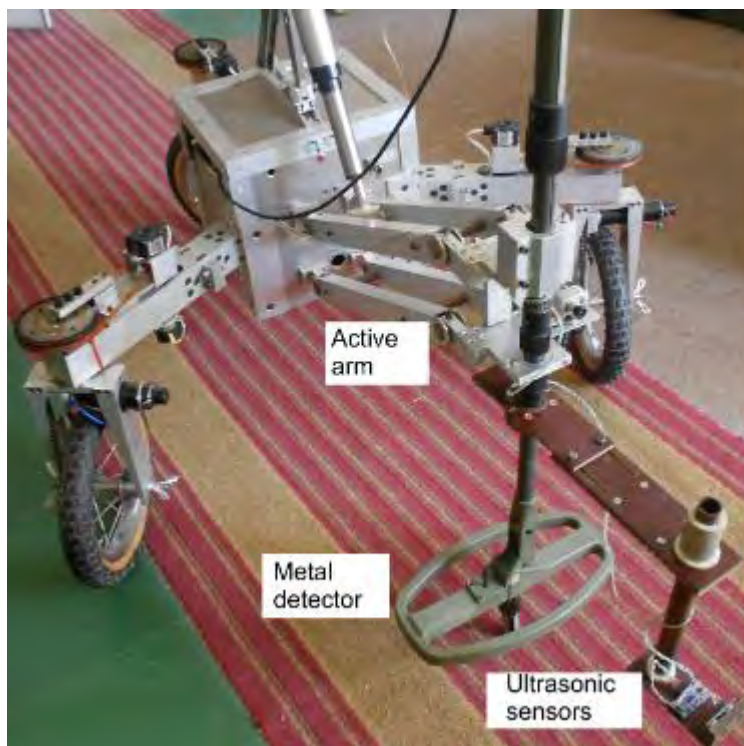


Рис.1.2.5. Автоматизована система розмінування на базі триколісної платформи [9]

Цей апарат оснащений трьох колісною конструкцією, яка забезпечує постійний контакт з поверхнею землі, не потребуючи додаткових підвісок. Така особливість дозволяє йому стабільно рухатися навіть на нерівних поверхнях. Конструкція металошукача є компактною, що значно спрощує процес обслуговування та ремонту.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апарат складається з трьох однакових блоків, кожен з яких має ведучі та керовані колеса. Ці блоки кріпляться до основної рами за допомогою простих з'єднань, що дозволяє легко та швидко знімати і встановлювати їх назад.

Також у розмінуванні приймають участь більш звичні платформи 4-и колісні. Розрахунок їх руху більш простий. Розглянемо вітчизняний приклад.



Рис.1.2.6. Залізна гусениця [10]

Компанія Frenedt зараз на етапі тестування нової системи розмінування «Залізна гусениця». Ними був придуманий надлегкий засіб дистанційного зондування землі. Особливістю конструкції є великі шини низького тиску, оскільки площа взаємодії з поверхнею є великою, а вага системи малою більшість вибухових пристроїв, при наїжджанні платформи, не спрацьовує. Що може зберегти час на об'їзд мін. Під час руху, система скидає GPS-координат по Bluetooth в пункт контролю. На машину можна встановити будь-які детектори, металошукачі, радари.

«Середня продуктивність людини під час розмінування – 25 м² на годину. Своєю чергою дистанційна машина може виконувати пошук вибухонебезпечних предметів на 10 000 м² за 1 год.» – розповідає директор компанії Frenedt.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Подібні системи є мало витратними та зручними у використанні. Вони можуть виступати у ролі платформи, на яку, майже без додаткових змін конструкції, можна додати любий модуль, що збільшує кількість можливих варіантів в розмінуванні. А при додаванні певних елементів, такі як: щупи, чи шашки, система і сама може проводити розмінування.

1.3. Висновок по розділу

Системи розмінування активно розроблюються не один десяток років, зараз для споживачі представлені різні платформи на його вибір. Є роботи які літають та виконують роботу з повітря, є наземні машини, але всі вони спроектовані для допомоги у процесі знешкодження мін. Кожен з них має недоліки та переваги, але ніхто з них не зможе на всі сто відсотків замінити людину. Найбільшої ефективності різні платформи набувають у роботі разом.

Мала колісна система розмінування, яка зондує територію, є простою, але ефективною системою. Розвиток робототехніки найбільше вплинув на даний підвид шукачів мін і зараз велика кількість команд намагається створити найбільш ефективну систему пошуку. Маючи малі габарити робот може мати різне обладнання, а мала ціна конструкції спрощує проведення іспитів та пришвидшує початок виробництва.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Структурна схема - це графічне зображення, на якому зображено основні компоненти системи та зв'язки між ними. Вона дає загальне уявлення про прилад та організацію елементів.

Завдяки схематичному зображенню, аналіз системи стає простішим. Можна побачити які функції елементів поєднуються, які зайві, яких не вистачає, тощо. Структурна схема важлива частина документації та слугує ефективним засобом комунікації між розробниками, інженерами та іншими зацікавленими сторонами.



Рис.2.1. Структурна схема автоматизованої системи розмінування

Давайте розглянемо роботу системи на основі структурної схеми. Спочатку людина ставить робота на початкову точку руху. Далі заходить на сайт керування платформи та на ньому вказує вхідні дані, а саме: вказує межі роботи системи (довжину лінії проїзду та ширину) та крок між лініями. Після вказання даних та натискання кнопки робот починає рух.

Використовуючи GPS(Global Positioning System) модуль, робот буде виконувати підрахунок пройденої дистанції та в потрібний момент виконати поворот на 90 градусів, долаючи задану відстань між прямими маршрутами, та починає рух у зворотному напрямку. Після проходження потрібної відстані робот рахує відстань від початкової точки до теперішньої та знаходить ширину

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пройденного руху, якщо він подолав потрібну дистанцію робот передає свої координати та сигналізує про закінчення роботи, після чого вимикається. У випадку якщо потрібної відстані робот не пройшов виконується перехід на наступну лінію та дії повторюються.

Також система автоматизованого розмінування має металошукач. При потраплянні металу в зону дії котушки вона дає сигнал на мікроконтролер. Робот зупиняється та передає координати до сайту та починає об'їзд з поверненням на лінію роботи. У випадку якщо ультразвуковим датчиком буде отримано дані про різке зниження рівня поверхні роботи, чи появи перешкоди, система зупиняється та відправляє сигнал на сайт про неможливість продовження роботи (помилка).

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. МЕТАЛОШУКАЧ

Металошукач є важливою частиною автоматизованих систем розмінування. По статистиці, зараз 80-90% мін мають хоча б одну деталь з металу. Сучасні міни закопують на відстань до 20см від землю. Потрібно зробити систему, яка зможе шукати на таку глибину, але не більше. Щоб відсіяти перешкоди та давно закопані скарби. Потрібна система яка буде мати не велику вагу.

3.2. Котушка

Серцем любого металошукача є котушка. Для металошукача є одним із ключових компонентів пристрою. Вона відповідає за генерацію магнітного поля, у випадку появи металевого об'єкту виявлення змін в магнітному полі.

3.1.1. Типи котушок

1. Круглі (концентричні) котушки. [11]

Даний тип котушок є найбільш вживаним. Вона складається з 2-х окремих котушок. Перша виступає у ролі передавальної інша приймальної. Одна з котушок розташована в середині іншої.



Рис. 3.1.1. Кругла котушка

2. DD-котушки. [12]

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний тип також складається з двох котушок. Особливостями є те, що вони розташовані у вигляді літери "D". Мають перевагу в роздільній здатності та краще працюють в мінералізованих ґрунтах, забезпечуючи рівномірне магнітне поле.



Рис.3.1.2. DD-котушка

3. Моно-котушки. [13]

Даний тип складається з однієї котушки, яка одночасно є і передавальною, і приймальною. Використовують у пульсових в індукційних металодетекторах. Має найменшу зону пошуку з приведених варіантів.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

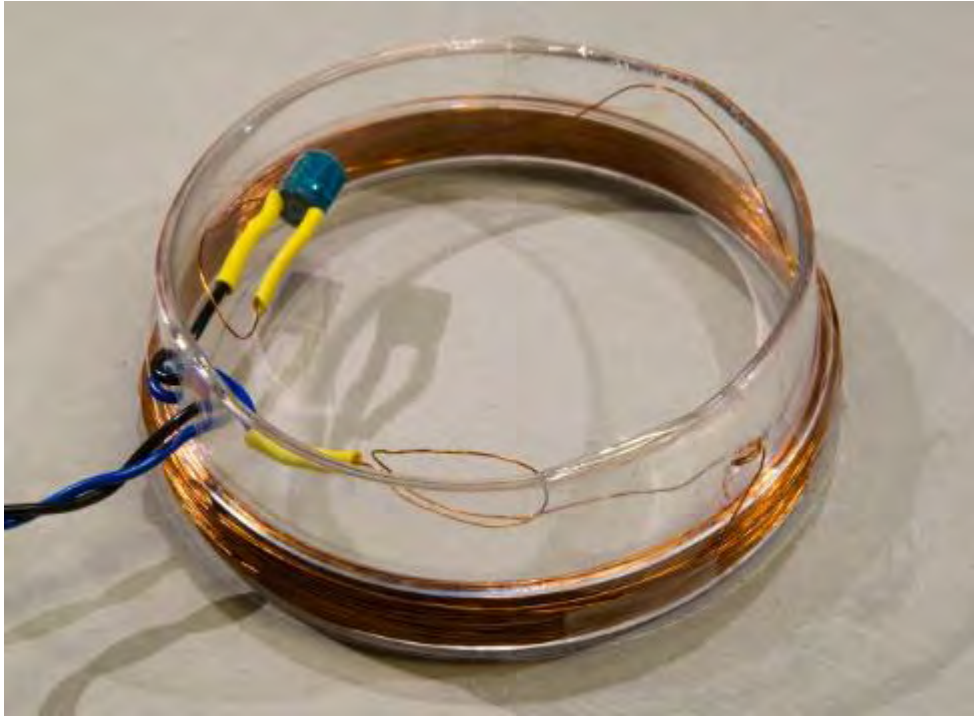


Рис.3.1.3. Моно-катушка

3.1.2. Структура катушок

Для створення магнітного поля у катушки є мідний провід. Його намотують по певній технології. На характеристику впливає: товщина, кількість витків, розміщення витків.

При намотуванні катушки може виникнути проблема зі створенням форми. Для уникнення даної проблеми провід намотують на каркас. В ролі каркасу виступає круглий об'єкт зроблений з немагнітного матеріалу, наприклад: пластик.

Щоб уберегти катушку від деформації структури та від механічних пошкоджень використовують кожух. Зараз його роблять, частіше всього, з пластику..

3.1.3. Функціонування

При проходженні змінного струму по контуру електричного кола виникає змінне магнітне поле. Це поле можна змінити різними зовнішніми чинниками, наприклад: металом. При внесені металевих виробів до дії

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

катушки в ній змінюється генеруюче магнітне поле, що приймальна частина може зафіксувати та передати на мікроконтролер.

Кожна з катушок має свої переваги на недоліки. Вибір катушки залежить від умов використання та цілей пошуку. Для глибокого пошуку великих об'єктів краще підходять моно- або концентричні катушки, тоді як для пошуку дрібних об'єктів у складних умовах краще використовувати DD-катушки.

3.1.4.0 Розрахунок катушки

Катушці можна надати різну форму після намотування. Для побудови катушки використаємо дрід радіусом 0,2мм, зробимо 60 витків на колі діаметром 15см.

Розрахуємо супротив дроту:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3.1)$$

Де R – це опір (Ом), ρ – питомий опір ($\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$); таблична величина, l – довжина дроту (м) та S – площа поперечного перерізу мм^2 .

Для знаходження довжини кола скористаємося формулою:

$$l = 2\pi r n \quad (3.2)$$

Де r – радіус кола (м), а n – кількість витків.

Довжина дроту важлива складова для розуміння скільки дроту потрібно відрізати, давайте порахуємо:

$$l = 2 * \pi * 0,075 * 60 \approx 28,26\text{м}$$

Для знаходження поперечного перерізу скористаємось формулою:

$$S = \pi r_1^2 \quad (3.3)$$

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де r_1 – радіус дроту (мм)

Тепер розрахуємо супротив:

$$R = 0,017 \frac{2 * \pi * 0,075 * 60}{\pi * 0,2^2} \approx 3,83 \text{ Ом}$$

Також нам потрібно розрахувати індуктивність котушки [14], для цього скористаємось формулою:

$$V = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.4)$$

Де V – частота, яка приблизно рівно 4.3кГц, C – ємність, яка приблизно рівна 1мкФ, L – індуктивність (Гн), шукана величина.

Знайдемо індуктивність котушки:

$$L = \frac{1}{C(2\pi V)^2} = 1,371 \text{ мГн}$$

Отримана величина є досить стандартною, вона допоможе нам для підключення до мікроконтролера та проведення порівнянь систем. Але для більш коректного ведення даних краще заміряти значення індуктивності спеціальним тестером. Оскільки будь-які нерівності у конструкції можуть вплинути на значення, але для розуміння та первинного налаштування вистачить і аналітичного методу знаходження.

3.3. Принципова схема металошукача

Розглянемо приклад схеми металошукача зробленого на основі моно-котушки та простими елементами, такі як: резистори, транзистори, конденсатори. Значення індуктивності змінено, оскільки було взято більш потужні конденсатори.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

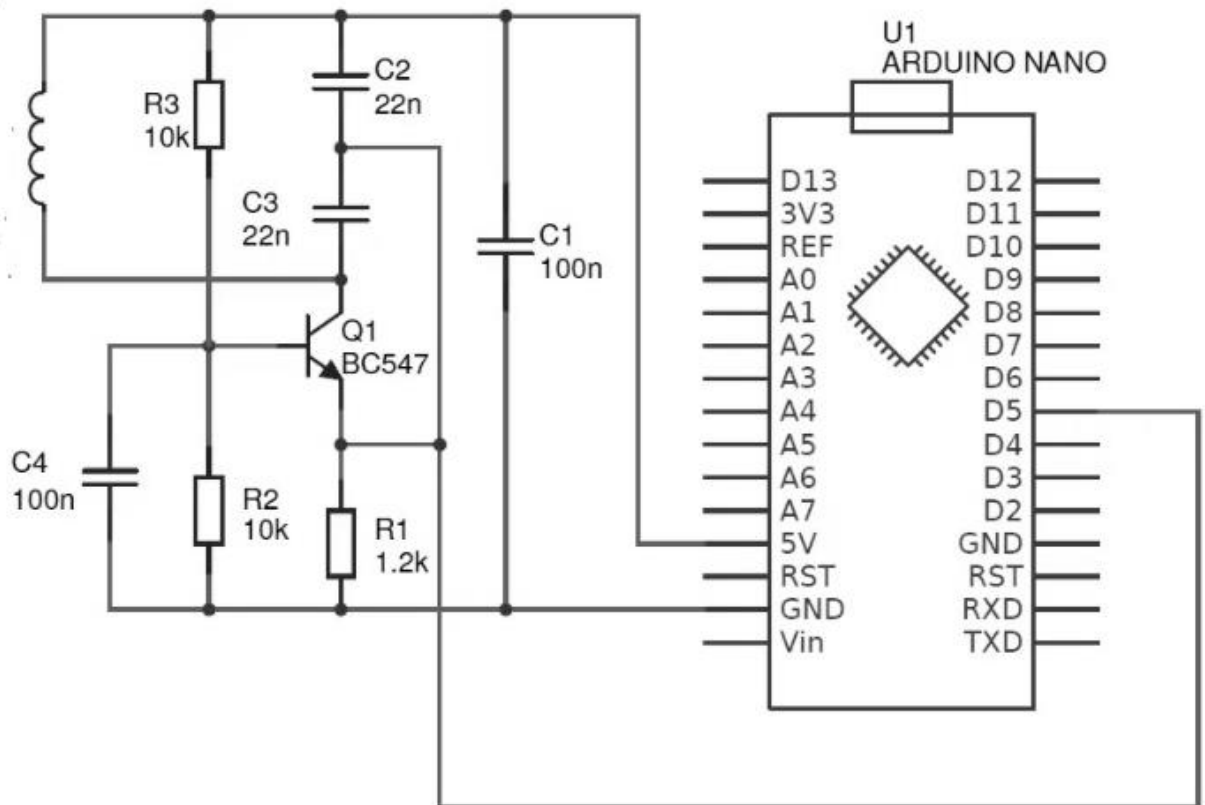


Рис.3.2.1. Схема моно-котушки з підключенням до мікроконтролера

Даний металошукач показує роботу до 4см [16]. Непоганий результат, але потрібно щоб котушка реагувала на більш глибокі об'єкти. Для цього побудуємо DD-котушку. Зробимо 2 котушку, таку ж саму як минулу, після чого, використовуючи підсилювач сигналів давайте складемо електричну схему.

Складністю побудови є те, що потрібно правильно розмістити котушки одну відносно іншої, після чого, методом підбору(оскільки кожна котушка унікальна і кардинально відрізняється від інших) знайти значення чутливості котушки. Для цього можна використовувати потенціометр, але і змінення коду мікроконтролера вистачить. В результаті маємо отримати металошукач який працює на глибину до 100см. Використовуючи метод підбору значень на мікроконтролері, налаштуємо металошукач на глибину 25см не буде важкою справою.

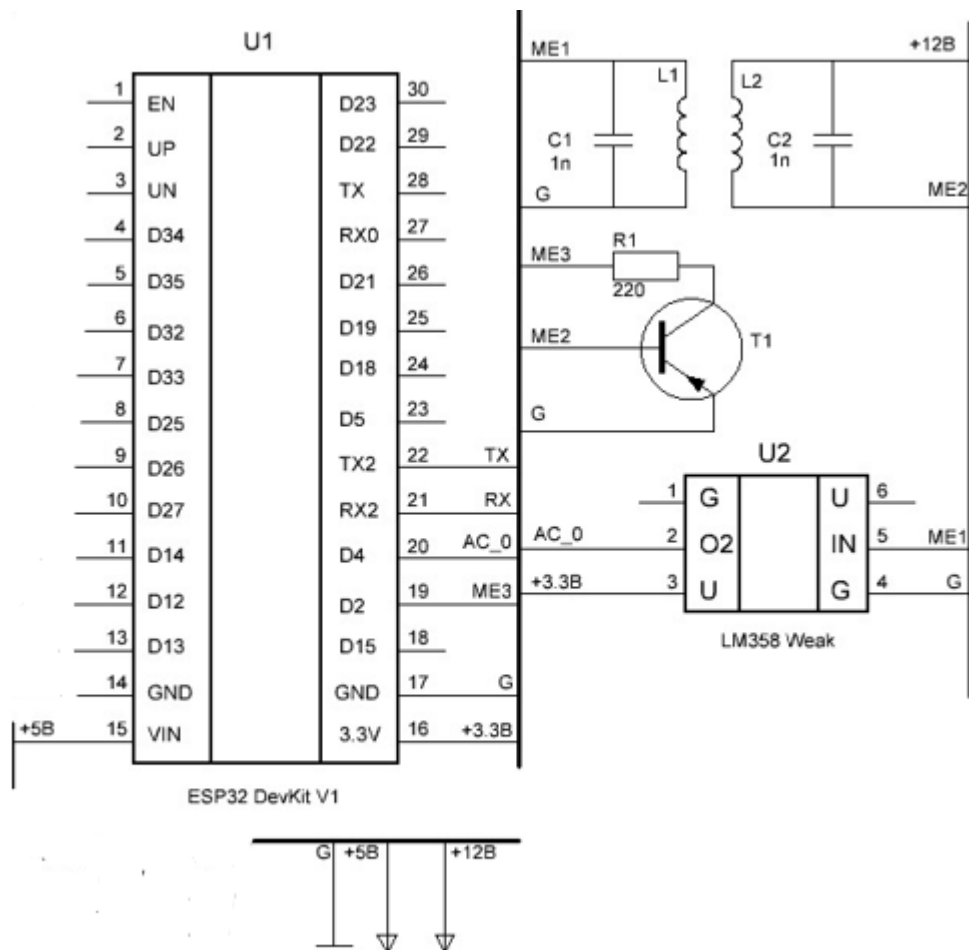


Рис.3.2.2. Електрична схема DD-котушки

Тип даного металошукача «Inductoion Balance» [18]. Принцип індукційного балансу використовує дві котушки, розташовані таким чином, що між ними практично немає індуктивного перемикання. Модульований сигнал подається в один. Коли метал наближається, електромагнітне поле змінюється і інша котушка сприймає помітно вищий сигнал.

З точки зору можливостей виявлення, цей детектор є найбільш чутливим, але також великою перевагою є те, що він є автономним інструментом і не використовує смартфон, чи комп'ютер. Конструкція дуже проста завдяки мікроконтролеру, а також модулю для слабкого посилення сигналу з LM358 IC.

Принцип роботи полягає в наступному: ESP генерує сигнал на виводі, який потім посилюється транзистором MOSFET і подається на передавальну

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

катушку. Потім сигнал катушки приймача посилюється модулем LM358 і надходить на аналогового входу. [20]

3.4. Висновок по розділу

Ми розглянули декілька катушок та два металошукача. Перевагою системи на моно-катушці є те, що система проста у використанні, налаштуванні та обслуговуванні, але за це прийдеться платити глибиною пошуку. В той же час, металошукач зроблений з DD-катушки є більш складною у складанні, але вона може працювати в більш екстремальних умовах на глибину достатню для пошуку мін.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ТА ПОБУДОВА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Принципова схема – візуальне зображення електричної схеми на якому графічно зображено з'єднання між різними компонентами та вузлами електричного пристрою. Завдяки даної схеми можна зрозуміти як елементи поєднуються один з одним. Для побудови потрібно розуміти які елементи будуть використані.

4.2. Мікроконтролер

Мікроконтролер – мікросхема, яка призначена для керування електричними пристроями, відправляючи, отримуючи та обробляючи електричний сигнал. Типова будова приладу є те, що на одному кристалі об'єднано функції процесора та периферійних приладів. Таким чином, мікроконтролер називають SoC (System on a Chip) для виконання простих задач, а саме: управління побутовими приладами, іграшками, навчанню електроніці, тощо. Їх використовують у медицині, промисловості та просто для створення домашніх проєктів.

Зараз на ринку представлено багато компаній які виробляють мікроконтролери. При цьому, кожен має не по одній версії, а деякі мають десятки, в який відрізняють складові, вбудовані чипи, стабілізатори. Розглянемо декілька найпопулярніших.

4.1.1. Arduino

Arduino – це платформа для створення електронних проєктів, що базується на легкому для використання апаратному та програмному забезпеченні. Arduino використовує чип серії AVR від компанії Atmel (тепер Microchip Technology). Найпопулярнішими моделями є Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Nano.

Платформа пропонує зручну для початківців IDE (середовище розробки) та величезну кількість бібліотек для різних сенсорів і модулів. Існує багато

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

різновидів плат та модулів, які підходять для різних завдань, а створити свої не є важким завданням, так як Arduino надає можливості спрощувати електроніку за рахунок шилдів. Також платформа має одну з найбільших спільнот, що забезпечує підтримку та численні приклади проектів. Розглянемо Arduino Nano. [21]



Рис.4.1.1. Arduino Nano

Мікроконтролер призначена для роботи в умовах обмеженого простору та є однією з найпопулярніших плат Arduino завдяки своїм невеликим розмірам та повній функціональності.

Табл.4.1. Основні характеристики мікроконтролера Arduino Nano.

№	Параметр	Характеристика
1	Мікроконтролер	ATmega328P
2	Тип корпусу	TQFP-32
3	Робоча напруга	5В
4	Вхідна напруга (рекомендована)	7-12В
5	Цифрових входів / виходів:	14 (6 використані як ШІМ)

6	Аналогових входів	8
7	Сила струму	40 мА
8	Пам'ять	32 кБ
9	Сила струму для 3.3В	50 мА
10	SRAM (static random-access memory)	2 кБ
11	EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)	1 кБ
12	Частота	16 МГц

4.1.2. STM (STMicroelectronics)

STM – це серія мікроконтролерів, що випускаються компанією STMicroelectronics. Найпопулярнішою є серія STM32, яка базується на архітектурі ARM Cortex-M.

STM32 пропонує широкий вибір мікроконтролерів з різними можливостями, від низького споживання енергії до високої обчислювальної потужності. Для розробки на STM32 використовується STM32CubeIDE, яка пропонує інструменти для налаштування та генерації коду. Мікроконтролери оснащені багатим набором периферійних пристроїв. Розглянемо STM32F042K6. [22]

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

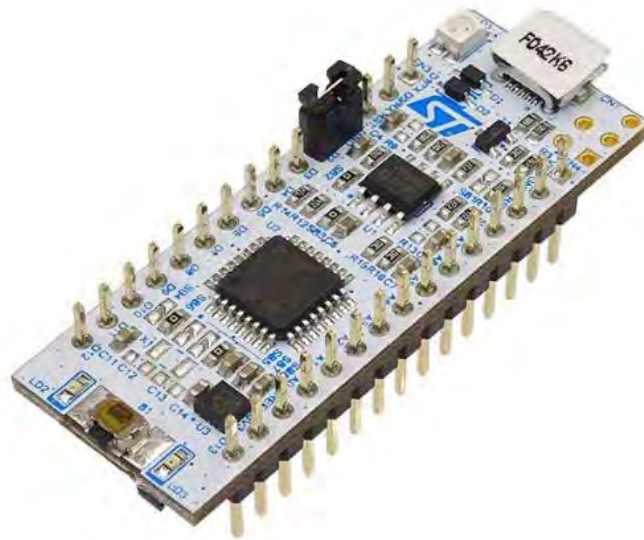


Рис.4.1.2. STM32F042K6

STM32F042K6 є потужним і універсальним мікроконтролером, який пропонує високу продуктивність, багатий набір периферійних можливостей та енергозберігаючі функції в компактному корпусі, що робить його ідеальним вибором для різноманітних вбудованих систем. По виводам плата повністю сумісна з контролером Arduino Nano, що дозволяє переходити від Arduino до STM32 з мінімальними зусиллями.

Табл.4.2. Основні характеристики мікроконтролера STM32F042K6.

№	Параметр	Характеристика
1	Ядро	ARM Cortex-M0
2	Тактова частота	До 48 МГц
3	Flash-пам'ять	32 КБ
4	SRAM (static random access memory)	6 КБ
5	Цифрові входи/виходи	До 37
6	Аналогові входи	6
7	Основні таймери	4
8	Напруга живлення	2.0 - 3.6 В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ

Арк.

34

9	Режими енергозбереження	Підтримка декількох режимів низького енергоспоживання
---	-------------------------	---

4.1.3. ESP (Espressif Systems)

ESP – це серія мікроконтролерів з вбудованими можливостями Wi-Fi та Bluetooth, вироблених компанією Espressif Systems. Найвідоміші моделі – ESP8266 і ESP32.

ESP відомі своїми можливостями бездротового зв'язку, що робить їх ідеальними для IoT (Інтернет речей) проектів. Мікроконтролери пропонують високу продуктивність за невисоку ціну, що робить їх популярними серед розробників та студентів. Розглянемо DevKit V1 з ESP-32. [23]



Рис.4.1.3. DevKit V1 з ESP-32

DevKit V1 з ESP-32 є потужною і гнучкою платформою для розробки проектів IoT, надаючи розробникам необхідні інструменти для створення високопродуктивних і багатофункціональних пристроїв.

Табл.4.3. Основні характеристики мікроконтролера DevKit V1 з ESP-32

№	Параметр	Характеристика
1	Ядра	Два ядра Xtensa LX6
2	Тактова частота	до 240 МГц
3	Flash-пам'ять	4 МБ
4	SRAM (static random access memory)	520 КБ
5	Wi-Fi	802.11 b/g/n
6	Bluetooth	v4.2 BR/EDR та BLE
7	Цифрові входи/виходи	34
8	Аналогові входи	16
9	DAC(Digital-to-Analog Convertor)	2
10	PWM(pulse-width modulation)	до 16 каналів
11	Напруга живлення	5 В або 3.3 В
12	Розміри плати	25.4 мм x 51 мм

4.1.4. Raspberry Pi Pico

Raspberry Pi Pico – це мікроконтролер, розроблена компанією Raspberry Pi Foundation. Вона базується на чіпі RP2040.

RP2040 – це перший власний мікроконтролер від Raspberry Pi, який має два ядра ARM Cortex-M0+. Raspberry Pi Pico підтримує програмування на C/C++ та MicroPython, що дозволяє легко інтегрувати його в різні проекти. Розглянемо детальніше. [24]



Рис.4.1.4. Raspberry Pi Pico

Табл.4.4. Основні характеристики мікроконтролера Raspberry Pi Pico

№	Параметр	Характеристика
1	Ядра	Два ядра ARM Cortex-M0+
2	Тактова частота	до 133 МГц
3	Flash-пам'ять	2 МБ
4	SRAM (static random access memory)	264 КБ
5	PIO (Programmable I/O)	2 блока по 8 станків
6	Напруга живлення	1.8-5.5 В
7	Цифрові входи/виходи	26
8	Аналогові входи	3
9	Розміри плати	51 мм x 21 мм
10	PWM(pulse-width modulation)	до 16 каналів

Мікроконтролери – це основні компоненти для створення вбудованих систем. Платформи, такі як Arduino, STM, ESP та Raspberry Pi Pico,

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

пропонують широкий вибір інструментів для розробки, кожна з яких має свої унікальні характеристики і переваги, що дозволяє задовольнити різні потреби розробників, від простих DIY проектів до складних комерційних застосувань.

У своїй роботі я буду використовувати DevKit V1 з ESP-32, оскільки мені потрібна платформа яка на відмінно впорається з роботою WI-FI модулем, а у випадку з даним мікроконтролером, він інтегрований у чип і це дозволяє пришвидшити та спростити роботу.

4.3. Міні-драйвер двигунів MX1508

Драйвер керування двигунами – це електричний модуль, який забезпечує керування електродвигунами шляхом перетворення сигналів управління з мікроконтролера або іншого керуючого пристрою в електричні сигнали, які безпосередньо приводять у рух двигун.

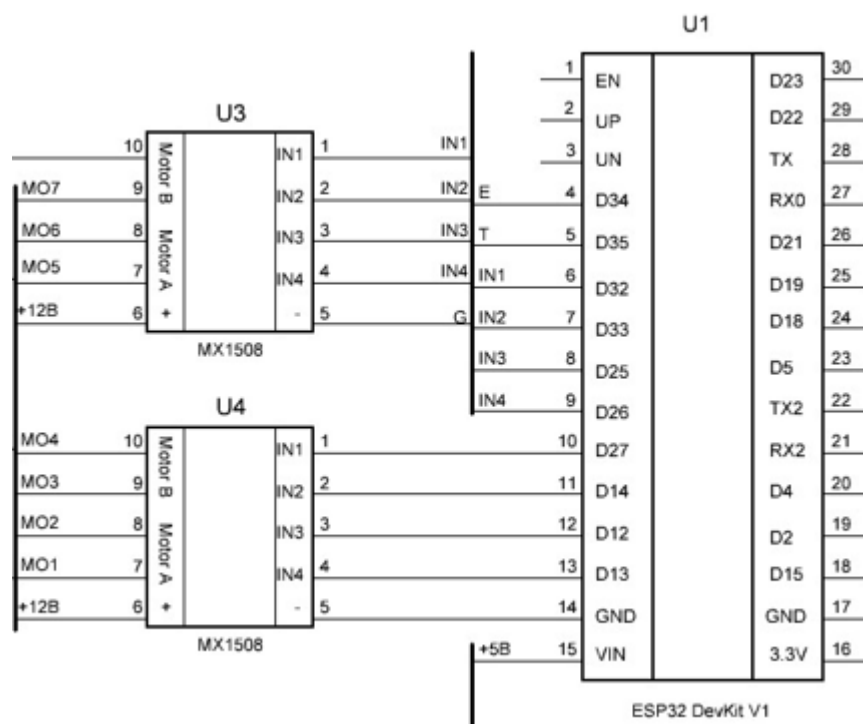
Мікроконтролери та інші керуючі пристрої зазвичай працюють з низьковольтними логічними сигналами. Драйвери перетворюють ці сигнали у високовольтні та високо амперні сигнали, які необхідні для роботи електродвигунів. Вони забезпечують захист мікроконтролера від зворотних струмів та інших електричних перешкод, що можуть виникати під час роботи двигуна. Також дозволяють просто регулювати швидкість обертання двигуна шляхом зміни широтно-імпульсної модуляції (PWM) або інших методів. Драйвери забезпечують можливість змінювати напрямок обертання двигуна, що є важливим для багатьох застосувань. Вони покращують загальну ефективність системи, забезпечуючи оптимальну подачу струму до двигуна та знижуючи втрати енергії. Драйвери можуть контролювати момент обертання двигуна, що є важливим для точного позиціонування та стабільної роботи в різних умовах. Оскільки наша робота є на платформі машини, для керування чотирьох двигунів знадобиться два драйвера. Розглянемо Міні-драйвер MX1508. [25]

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.4.2.1. Міні-драйвер MX1508

MX1508 – компактний електронний модуль, призначений для управління двома двигунами постійного струму з силою струму до 2А на кожен. Він ідеально підходить для застосування у моделюванні, робототехніці та інших проектах, де використовуються малопотужні двигуни. Завдяки широкому діапазону напруги живлення (2,5 - 10 В), MX1508 може працювати від різних джерел енергії, включаючи батареї, акумулятори та сонячні панелі.



4.2.2. Підключення драйверів до ESP32

Табл.4.5. Основні характеристики драйвера МХ1508

№	Параметр	Характеристика
1	Робоча напруга	2.5 - 10 В
2	Напруга логіки управління	2.5 - 7 В
3	Максимальний струм	до 2.5 А
4	Робочий струм	1.5 А на канал
5	Розміри	24.6 x 21 x 5 мм

Драйвери керування двигунами є критичними компонентами в системах автоматизації, робототехніки, побутової техніки та багатьох інших застосуваннях, де необхідний точний та ефективний контроль над електродвигунами.

4.4. Електродвигун DC (постійного струму)

Електродвигуни постійного струму є одними з найпоширеніших видів електродвигунів і використовуються у багатьох галузях промисловості та побуту. Основна принципова робота полягає в залежності обертового моменту від потоку струму в обмотках ротора та потоку магнітного поля статора.

1. Статор: Це стаціонарна частина електродвигуна, в якій розміщені обмотки, що створюють магнітне поле. Статор може бути намагнічений або збуджений електромагнітною силою.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рис. 4.3.1. Статор [26]

2. Ротор: Це обертаюча частина електродвигуна, яка також містить обмотки. Обмотки ротора з'єднуються з комутатором або колектором.

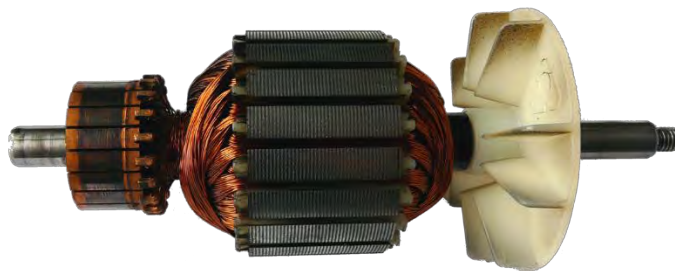


Рис.4.3.2. Ротор [27]

3. Комутатор або колектор: Це пристрій, який забезпечує з'єднанням електричних контактів з обмотками ротора.



Рис.4.3.3. Колектор електродвигуна [28]

4. Щітки: Вони забезпечують електричний контакт між стаціонарною та рухомою частинами, тобто між статором і ротором.



Рис.4.3.4. Щітки для електродвигуна [29]

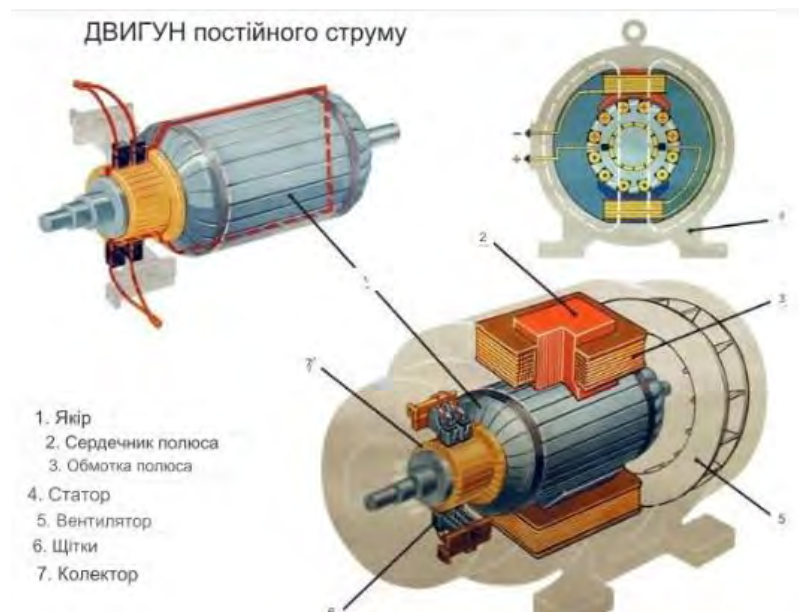


Рис.4.3.5.Будова електродвигуна постійного струму

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для нашого проекту розглянемо DC електродвигун Міні мотор Hobby-130 [30]. Цей тип двигуна часто використовується в невеликих електронних пристроях, іграшках, моделях, робототехніці та інших проектах, де потрібна невелика потужність та можливість роботи з різними рівнями напруги.

Табл.4.6. Міні мотор Hobby-130

№	Параметр	Характеристика
1	Діапазон напруги живлення	3 - 6 В
2	Діаметр валу	2мм
3	Швидкість	від 16500 обертів / хв



Рис.4.3.6. Міні мотор Hobby-130

Давайте побудуємо принципову схему приєднання двигунів Hobby-130 до драйверів двигунів:

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

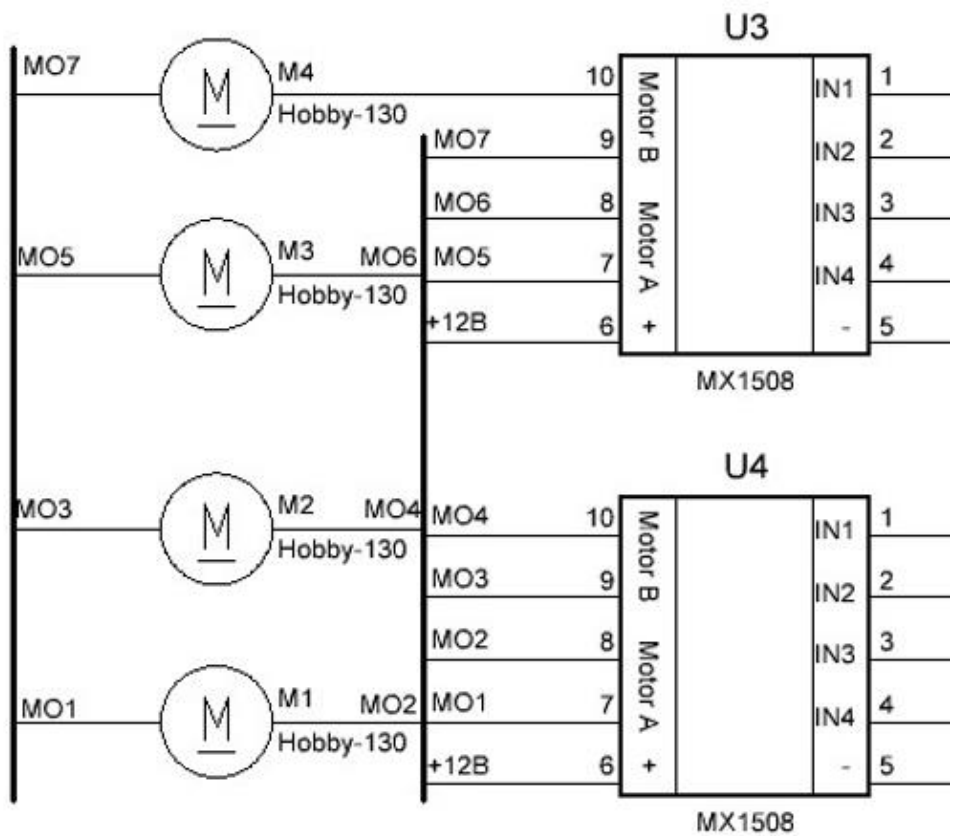


Рис.4.3.7. Підключення двигунів до драйверів

Узагальнюючи, електродвигуни постійного струму є важливою технологією в промисловості та побуті, забезпечуючи надійну та ефективну роботу в різних застосуваннях, від машинобудування до транспортних систем. Міні мотор Hobby-130 є гарним прикладом електромотора для малогабаритних роботів. Тому подібні двигуни зустрічаються часто.

4.5. Ublox NEO-6M GPS -модуль з антеною

Global Positioning System (GPS) – це система для знаходження точного місця знаходження об’єктів на Землі за допомогою супутників. Складається з мережі орбітальних супутників, наземних станцій та приймачів. Система використовує сигнали для обчислення координат у будь-який час та за будь-якою погодою. Є велика кількість сучасних приладів для порушення сигналу, а також велике скупчення людей може привести до перевантаження системи. Система стала незамінною у ряді професій, такі як: картограф, навігатора, рятувальної служби, тощо.

GPS-модуль – це пристрій, який використовується для отримання даних про місцезнаходження за допомогою системи глобального позиціонування (Global Positioning System).

Основне призначення GPS-модуля – це визначення точного місцезнаходження об'єкта на Землі. Це досягається шляхом обробки сигналів від кількох GPS-супутників. Вони широко використовуються в автомобільних та авіаційних навігаторах для прокладання маршрутів та допомоги у досягненні пунктів призначення. Використовуються для створення точних карт та проведення геодезичних вимірювань. У багатьох спортивних годинниках та фітнес-трекерах є GPS-модулі для відстеження пробіжок, велосипедних поїздок та інших дій на відкритому повітрі.

Система глобального позиціонування надає точні дані про місцезнаходження з похибкою в декілька метрів. Використання GPS безкоштовне, оскільки система фінансується урядом США. GPS-модулі можуть бути встановлені на різних пристроях, такі як: смартфони, автомобілі, дрони, іграшки, тощо.

GPS-модуль приймає сигнали від мінімум чотирьох GPS-супутників. Кожен супутник передає дані про час та своє місцезнаходження. На основі різниці у часі прийому цих сигналів модуль обчислює свою позицію на Землі за допомогою методу тріангуляції.

Тріангуляція – це метод створення карти, діленням території на трикутники.

Давайте розглянемо Ublox NEO-6M GPS-модуль з антеною. [31]

Ublox NEO-6M GPS-модуль забезпечує високу чутливість і точність завдяки використанню сучасного Ublox NEO-6M. Він підтримує роботу з декількома супутниковими системами одночасно, що забезпечує надійний прийом сигналу навіть у складних умовах. Модуль має низьке

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоспоживання, що робить його спроможним для використання у портативних та мобільних пристроях.



Рис.4.4.1. Ublox NEO-6M GPS-модуль з антеною

Він оснащений вбудованою пасивною антеною, що забезпечує компактність і простоту використання. Крім того, модуль має інтерфейс UART(universal asynchronous receiver/transmitter) для легкої інтеграції з мікроконтролерами, такими як Arduino, STM32, Raspberry Pi та іншими.

Табл.4.7. Основні характеристики Ublox NEO-6M

№	Параметр	Характеристика
1	Інтерфейс	RS232 TTL
2	Напруга живлення	3-5 В
3	Швидкість передачі даних	9600 біт/с
4	Розмір модуля	30 x 23 мм
5	Розмір антени	12 x 12 мм

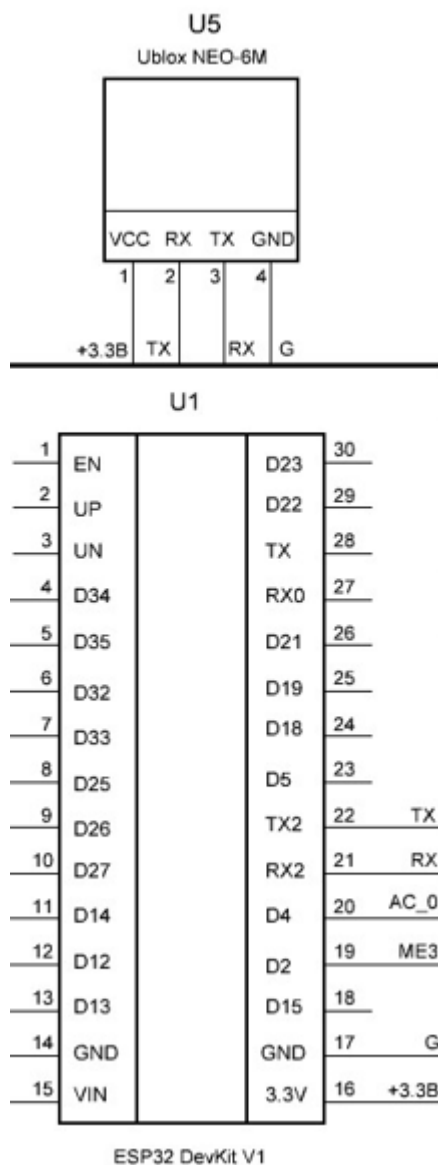


Рис.4.4.2. Схема підключення Ublox NEO-6M до мікроконтролера

GPS-модуль – це важливий компонент у багатьох сучасних технологіях, що забезпечує точне визначення місцезнаходження для навігації, відстеження та інших застосувань. Він є невід’ємною частиною нашого повсякденного життя, допомагаючи орієнтуватися в просторі, забезпечувати безпеку та оптимізувати різні процеси.

4.6. Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик – це електронний пристрій, який використовується для вимірювання відстані до об’єктів за допомогою ультразвукових хвиль. Він працює за принципом ехолокації: випромінює

ультразвуковий сигнал і вимірює час, за який цей сигнал відбивається від об'єкта і повертається до датчика. За цим часом обчислюється відстань до об'єкта. Конструкція датчика: передавач, для випромінення ультразвукових хвиль, приймач для отримання відбитих хвиль, контролер, для оброблення сигналів і обчислення відстані.

Відстань рахується по формулі:

$$l = \frac{t * 0,0343}{2} \quad (4.1)$$

Де l – відстань до об'єкта у сантиметрах, t – час у мікросекундах за який хвиля проходить від моменту випромінювання ультразвукового сигналу до моменту приймання сигналу приймачем, 0,0343 – швидкість звуку у см за мікросекунду.

Розглянемо датчик HC-SR04: [33]



Рис 4.5.1. Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик HC-SR04 – це один із найпопулярніших ультразвукових датчиків, що використовується для вимірювання відстані. Він

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Ультразвуковий датчик – це універсальний інструмент для безконтактного вимірювання відстаней, який знаходить широке застосування у різних галузях завдяки своїй точності, надійності та простоті використання.

4.7. Підсилювач слабого сигналу LM358

Підсилювач слабого сигналу використовується для збільшення рівня сигналу, який має недостатню потужність для ефективної обробки або передачі, що покращує якість зв'язку, збільшує дальність передачі, знижує вплив шуму та підтримує роботу інших пристроїв.

LM358 [34] – це двоканальний операційний підсилювач, призначений для роботи з низьковольтними джерелами живлення.

Табл.4.9. Основні характеристики LM358

№	Параметр	Характеристика
1	Напруга живлення	3,5-24 В постійного струму
2	Вихідний струм	Максимум 15-20 МА (нелінійний)
3	Розмір дошки	Довжина 45,3 мм, ширина 16,2 мм



Рис.4.6. LM358

LM358 часто застосовується у різних електронних пристроях завдяки своїй універсальності, енергоефективності та низькій вартості.

4.8. Транзистор STP65NF06

Транзистор – це напівпровідниковий пристрій, який використовується для підсилення або перемикання електричних сигналів.

STP65NF06 [35] – це N-канальний MOSFET транзистор. Основні характеристики включають:



Рис.4.7. Транзистор STP65NF06

Табл.1.10. Основні характеристики STP65NF06

№	Параметр	Характеристика
1	Тип транзистора	N-канальний MOSFET
2	Максимальна напруга	60 В
3	Максимальний струм	80 А
4	Низький опір у відкритому стані	близько 0.009Ом
5	Корпус	ТО-220

MOSFET транзистори, такі як STP65NF06, часто використовуються в джерелах живлення, підсилювачах, інверторах і інших електронних пристроях, де потрібне керування великими струмами і напругами з високою ефективністю. У нашому випадку, даним приладом є металошукач.

4.9. Конденсатори та резистори

Конденсатор – це пасивний електронний компонент, який зберігає електричну енергію у вигляді електростатичного поля. Він складається з двох провідних пластин, розділених діелектриком.

Основні функції : зберігання енергії, фільтрація, блокування постійного струму.



Рис.4.8.1. ССТ-1N/50V, Конденсатор керамічний [36]

У нас конденсатори були використані при створенні металошукача. Також, для захисту елементів, додаймо конденсатор паралельно до двигунів.

Резистор – це пасивний електронний компонент, який обмежує або регулює потік електричного струму у колі. Він складається з матеріалу з відомим опором і має два виводи.

Основні функції : обмеження струму, розподіл напруги, захист компонентів, регулювання сигналів.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.4.8.1. Резистор 220Ом

У нас резистори використовуються у металошукачі для збереження транзистора.

Обидва компоненти є базовими елементами в електронних схемах і мають широке застосування в різних пристроях, забезпечуючи стабільну та надійну роботу електроніки.

4.10. Загальний вигляд принципової схеми

Принципова схема — це графічне зображення, яке демонструє взаємозв'язок і взаємодію основних компонентів системи або пристрою, таких як електронні або електричні схеми, де кожен елемент представлений стандартним символом і чітко вказані всі з'єднання між ними, що забезпечує загальне розуміння структури і функціонування системи.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

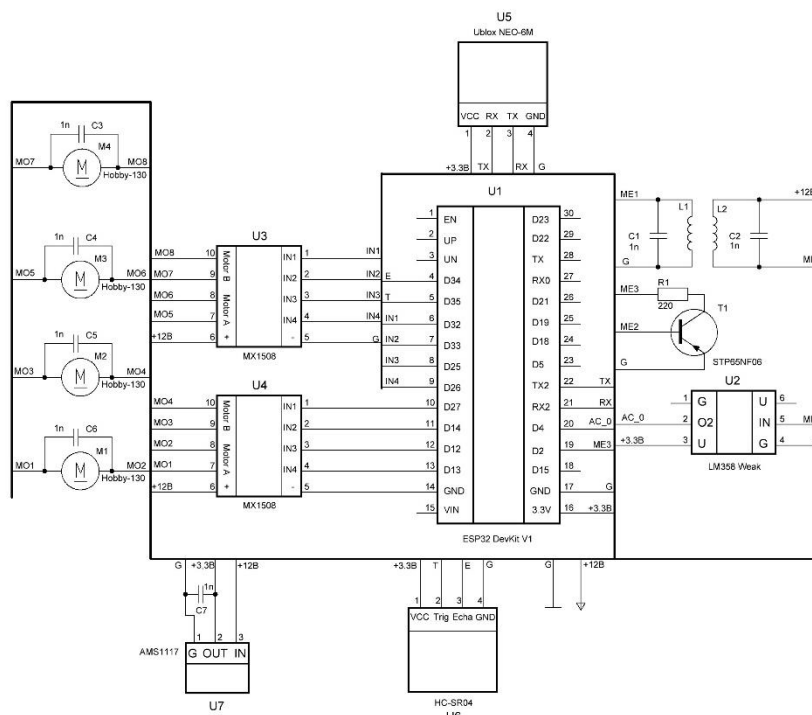


Рис.4.9. Принципова схема

4.11. Акумулятор INR18650-30Q

Літійовий акумулятор — це тип акумулятора, який використовує літій або його сполуки як анодний матеріал. Ці акумулятори відомі своєю високою енергоємністю, тривалим терміном служби та низькою вагою.

Основні типи літійових акумуляторів:

Літій-іонні (Li-ion): Найбільш поширений тип, використовуються в ноутбуках, смартфонах, електромобілях тощо.

Літій-полімерні (Li-Po): Відрізняються більш гнучкою формою і меншою вагою, часто використовуються в дронах та інших компактних пристроях.

Переваги літійових акумуляторів: висока енергоємність, тривалий термін служби, низький рівень саморозряду, висока ефективність.

Недоліки: вартість, чутливість до температури, потреба в контролері заряду.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Розглянемо акумулятор INR18650-30Q:



Рис.4.10.1. INR18650-30Q [38]

Табл.4.11. Основні характеристики HC-SR04

№	Параметр	Характеристика
1	Типорозмір	18650
2	Тип хімії	IMR
3	Параметри геометричні	65×18
4	Ємність	3000mAh
5	Максимальний струм заряду	3 А
6	Напруга	2.5-4.2 В

В середньому даний акумулятор має 3.7 В та максимальний струм 3А. Цього не вистачить для роботи системи. При паралельному з'єднанні отримаємо збільшення сили струму, а саме: якщо взяти 2 батарейки – отримаємо максимальний струм 6А. При послідовному з'єднанні акумуляторів, отримаємо зміну по напрузі, а саме: якщо ми візьмемо 2 паралельні батарейки

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

та послідовно приєднаємо 3-и рази, отримаємо напругу 7.5-12.6 В, якщо брати середнє значення, отримаємо 11.1В на виході. [39]

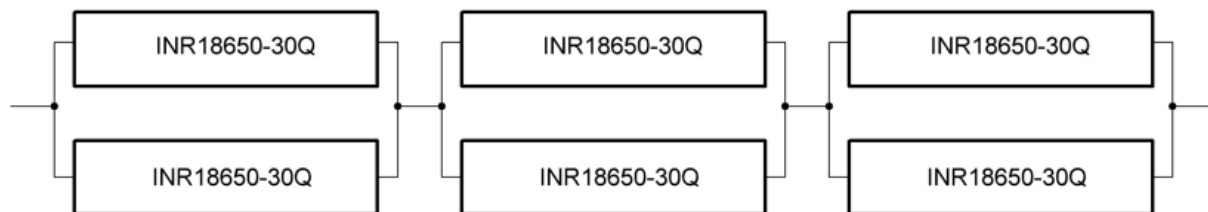


Рис.4.10.2. З'єднання шести акумуляторів

Така конфігурація акумуляторів дозволить системі мати 1,5, а то і більше, годин автономної роботи.

При приєднанні такого джерела, в теорії мікроконтролер зможе мати коректну роботу деякий час. Давайте порахуємо, яка потужність піде на нагрівання:

$$P = (U_{\text{ж}} - U_{\text{м}}) * I \quad (4.2)$$

Де P – потужність, $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, $U_{\text{м}}$ – споживча напруга мікроконтролера, I – споживчий струм мікроконтролера.

Струм який споживає ESP32 з активно працюючим Wi-Fi може досягти 0,26А. Давайте розрахуємо потужність при напрузі живлення 5 та 12В.

$$P = (12 - 3,3) * 0,26 = 2,26 \text{ Вт}$$

Тобто більше ніж 2Вт потрібно щоб мікроконтролер розсіяв у навколишнє середовище, у вигляді тепла. Для SOT-223, який є стабілізатором у ESP 32 – це занадто велика величина. Тобто стабілізатор вийде з ладу, при частому взаємодії з таким вольтажем. Давайте розрахуємо для 5В

$$P = (5 - 3,3) * 0,26 = 0,442 \text{ Вт}$$

Дана величина є оптимальною. Тобто нам потрібно використати зовнішній стабілізатор для живлення мікроконтролера. Давайте використаємо AMS1117[40]. Він часто використовується в електронних пристроях для

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабілізації напруги живлення мікроконтролерів, датчиків та інших компонентів, забезпечуючи надійну і стабільну роботу.

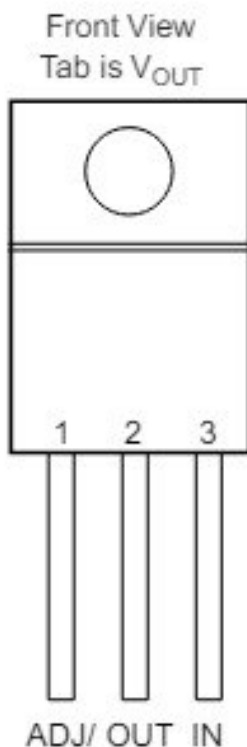


Рис.4.10.3. Стабілізатор AMS1117

Літієві акумулятори є ключовим компонентом у сучасній електроніці та технологіях завдяки своїм перевагам у енергоємності, ефективності та довговічності.

4.12. Висновок по розділу

В даному розділу було закінчено аналіз всіх електронних компонентів автоматизованої системи розмінування. Було побудовано принципову схему та детально розглянуто конструкцію та характеристики деяких компонентів.

5. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМ

Блок-схема алгоритму – це графічне представлення послідовності дій або кроків, які виконуються для вирішення певної задачі або виконання процесу. Вона використовує стандартні графічні символи для позначення

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різних типів операцій і з'єднання лініями, які показують порядок виконання цих операцій.

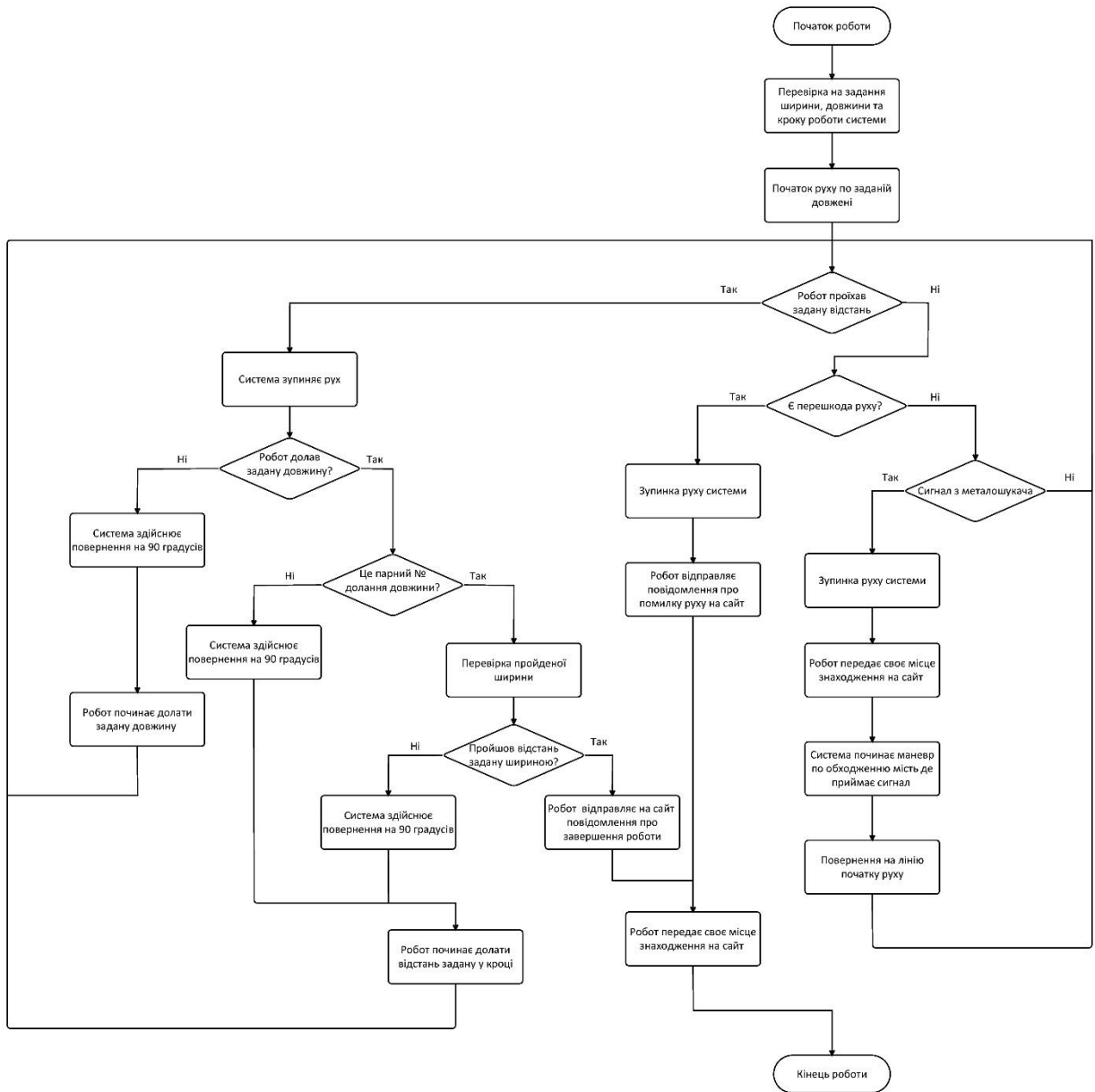


Рис.5.1. Блок схема алгоритм роботи автоматизованої системи розмінування

6. ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК

Для зворотного зв'язку було використано веб-сайт. Веб-сайт – це сукупність взаємопов'язаних веб-сторінок, доступних в Інтернеті під одним

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ

Арк.

58

доменним ім'ям, які містять інформацію або сервіси для користувачів. Давайте використаємо Home Assistant, дя цього[41].

Home Assistant – це система для керування датчиками на відстані, отримання від них даних та аналізу даних. Має приємний інтерфейс, який просто змінювати.

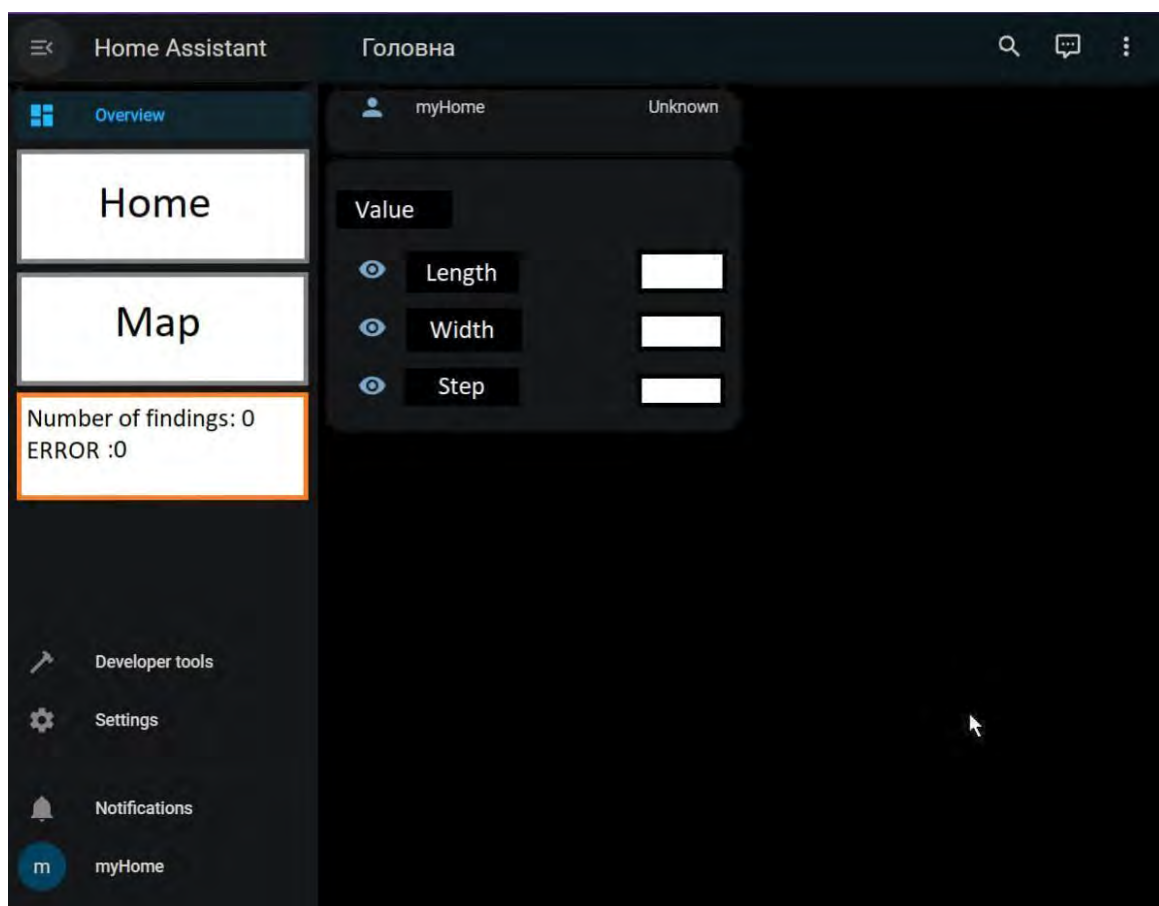


Рис.6.1. Головна сторінка веб-сайту (Home)

Принцип роботи: Після введення паролю та логіну користувача переадресує на сторінку Home. Після того, як користувач введе параметри роботи системи, потрібно натиснути кнопку Map, для початку руху робота.

Після початку руху третє вікно стає активним. На ньому з'являється інформація про помилки та про знаходження мін у вигляді чисел, які змінюються. У випадку коли робот працює – контур вікна помаранчевий, коли

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

система не може продовжувати рух – контур набуває червоний колір, коли робот закінчив задану роботу успішно – колір стає зеленим.

При натисканні потворно кнопки MAP, система переносить користувача у нове вікно , на якому зображено карту місцевості (рисунок 6.2.). Також на карті автоматично відмічаються місця на яких мікроконтролер відправляв сигнал. Мітки на карті можна хостити локально офлайн та завантажувати значення вже коли з’явиться інтернет зв’язок.

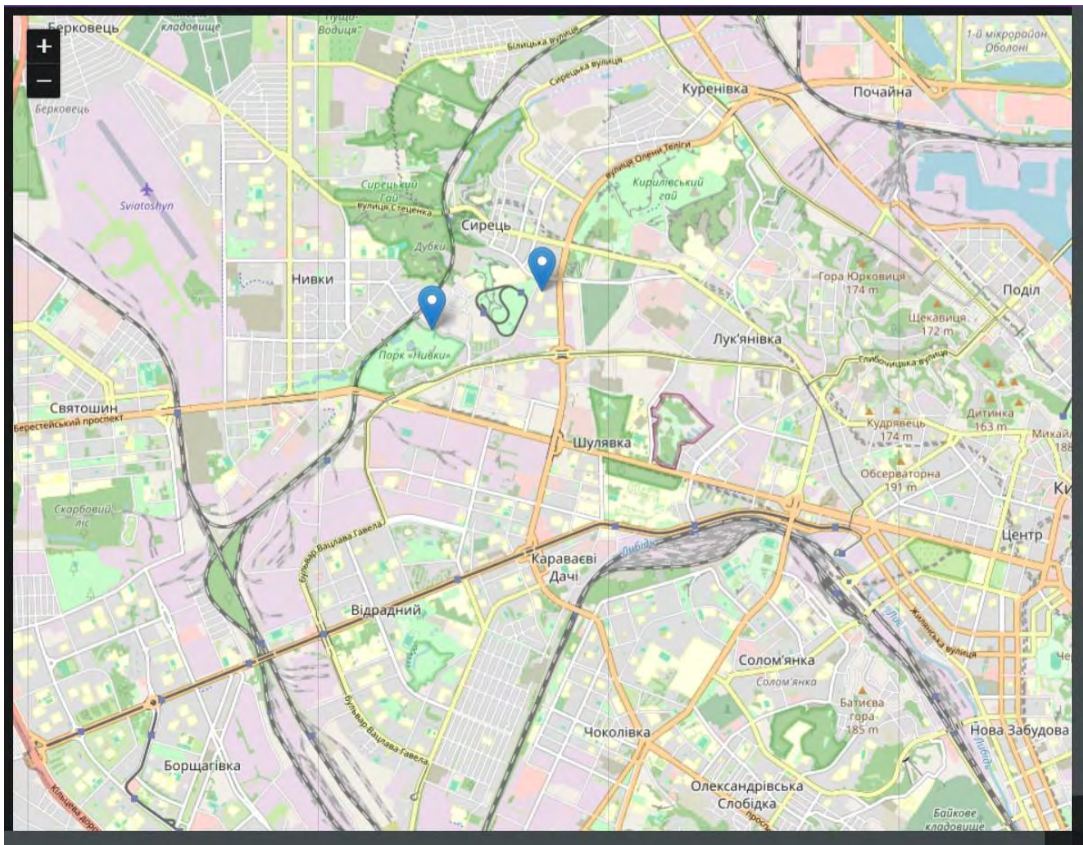


Рис.6.2. Карта з сайту

В цілому , використання сайтів для автоматизації отримання інформації з датчиків, зворотного зв’язку з мікроконтролерами є цікавим рішенням. Зараз дану роль виконує Bluetooth у робототехніці, оскільки він більш простий та доступніший, але оскільки сайт можна відкрити як на комп’ютері , так і на телефоні у будь-якій точці світу, без суттєвих змін, це робить контроль та діагностику простішим.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВОК

Під час розробки автоматизованої системи розмінування було проведено аналіз розробок на тему автоматизації у розмінуванні. Було розроблено та побудовано структурну схему робота, що спростило подальший підбір елементів. Далі було знайдено та побудовано різні електричні схеми металошукача. Після розрахунків котушки було обрано тип який підходить більше всього. Далі було виділено елементи які підходять для виконання поставленої роботи. Із обраних елементів було побудовано принципову схему приладу. Далі було підібрано живлення по потребам робота. Також було розроблено блок-схему алгоритм роботи системи. Після чого створено простий сайт, для отримання інформації від робота. На завершення, були побудовані креслення, які занесені до додатків.

Розробки систем автоматизованого розмінування сприятимуть подальшому розвитку даної сфери та допоможе забезпечити безпеку людей, збільшення сільськогосподарських ділянок, що є надзвичайно важливо у наш час.

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] Pedro Santana, J. Barata, Unmanned helicopters applied that humanitarian demining, представлена на конференції: Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/4232302_Unmanned_helicopters_applied_to_humanitarian_demining (дата звернення: 09.05.2024)
- [2] Juan Pablo Rodríguez Gómez, Iván Fernando Mondragón, Carlos Parra, Air Drones for Explosive Landmines Detection, представлена на конференції: First Iberian Robotics Conference, 2014. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/261471990_Air_Drones_for_Explosive_Landmines_Detection (дата звернення: 14.05.2024)
- [3] N.A. Aliev, T.V. Suleymanov, Universal mine detector drone based on a small blimp, Politechnical student journal, 2022. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/365418399_Universal_mine_detector_drone_based_on_a_small_blimp (дата звернення: 14.05.2024)
- [4] Дрон для розмінування, сканування на наявність вибухонебезпечних приладів. [Електронний ресурс] URL: <https://euromag.biz/ua/p1651722039-dron-dlya-razminirovaniya.html> (дата звернення: 14.05.2024)
- [5] Першу вітчизняну машину розмінування передано ДСНС, 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://bus-truck.com.ua/noviny/pershu-vitchyznyanu-mashynu-rozminuvannya-vzhe-peredano-dsns/> (дата звернення: 15.05.2024)
- [6] Олександр Козацький, Подолання мінних полів: виклик для українського наступу, 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/podolannya-minnyh-poliv-vyklyk-dlya-ukrayinskogo-nastupu/> (дата звернення: 15.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

[7] Молотилка для розмінування, 2024. [Електронний ресурс] URL: <https://debaty.sumy.ua/news/molotilka-dlya-rozminovuvannya-yak-viglyadaye-narodnij-rozminovuvach-zavodu-kobzarenka> (дата звернення: 15.05.2024)

[8] Legged Wheeled Robot. [Електронний ресурс] URL: <http://www.robotic.diees.unict.it/robots/wheelleg/wheelleg.htm> (дата звернення: 15.05.2024)

[9] Ioan Doroftei, Romain Maiherbe, Remote Controlled Wheeled Mobile Robot for Humanitarian Demining Purposes, 2014. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/266558823_Remote_Controlled_Wheeled_Mobile_Robot_for_Humanitarian_Demining_Purposes (дата звернення: 15.05.2024)

[10] В Україні розробили роботизованого міношукача, 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://mil.in.ua/uk/news/v-ukrayini-rozrobyly-robotyzovanogo-minoshukacha/> (дата звернення: 18.05.2024)

[11] Multi-winding round bundle loop for metal detector, 2015. [Електронний ресурс] URL: <https://coil32.net/multi-winding-round-loop.html> (дата звернення: 18.05.2024)

[12] By Steve Herschbach, Metal Detector Advice & Comparisons, So What Is Inside That DD Coil?, 2014. [Електронний ресурс] URL: <https://www.detectorprospector.com/topic/464-so-what-is-inside-that-dd-coil/> (дата звернення: 18.05.2024)

[13] Ad hoc metal detector using the VNWA, 2014. [Електронний ресурс] URL: <https://axotron.se/blog/ad-hoc-metal-detector-using-the-vnwa/> (дата звернення: 18.05.2024)

[14] Simple calculation formulas of coil inductance, 2014. [Електронний ресурс] URL: <https://coil32.net/theory/faq.html> (дата звернення: 18.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- [15] MetallDetector-Arduino. [Електронний ресурс] URL: <https://github.com/AlexGyver/MetallDetector-Arduino/tree/master> (дата звернення: 20.05.2024)
- [16] IB металошукач на ARDUINO DUE, 2020. [Електронний ресурс] URL: <https://radioman.com.ua/viewtopic.php?t=23> (дата звернення: 20.05.2024)
- [17] Yin Min Theint, Metal Detector By Using PIC Microcontroller Interfacing With PC, International Journal of Scientific, 2015. [Електронний ресурс] URL: https://www.academia.edu/90566182/Metal_Detector_By_Using_PIC_Microcontroller_Interfacing_With_PC (дата звернення: 20.05.2024)
- [18] Fisher F75, 2020. [Електронний ресурс] URL: <https://radioman.com.ua/viewtopic.php?t=7> (дата звернення: 20.05.2024)
- [19] Bourdillon Odianonsen Omijeh, Microcontroller-Based Metal Detection System with GSM Technology, 2015. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/282576101_Microcontroller-Based_Metal_Detection_System_with_GSM_Technology (дата звернення: 20.05.2024)
- [20] DIY Sensitive Arduino IB METAL DETECTOR, 2022. [Електронний ресурс] URL: <https://hackaday.io/project/186798-diy-sensitive-arduino-ib-metal-detector/details> (дата звернення: 20.05.2024)
- [21] Arduino Nano. [Електронний ресурс] URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano> (дата звернення: 22.05.2024)
- [22] Плата розробника STM32F042K6. [Електронний ресурс] URL: <https://arduino.ua/prod2845-plata-razrabotchika-stm32f042k6> (дата звернення: 22.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[23] Wi-Fi модуль DevKit V1 з ESP-32. [Електронний ресурс] URL: <https://arduino.ua/prod3990-wi-fi-modyl-devkit-v1-s-esp-32> (дата звернення: 22.05.2024)

[24] Raspberry Pi Pico. [Електронний ресурс] URL: <https://arduino.ua/ru/prod4358-raspberry-pi-pico> (дата звернення: 22.05.2024)

[25] Міні-драйвер двигунів MX1508. [Електронний ресурс] URL: <https://myproject.com.ua/mini-drajver-dviguniv-mx1508-ua.html> (дата звернення: 22.05.2024)

[26] Статор [Електронний ресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Статор> (дата звернення: 19.05.2024)

[27] Ротор [Електронний ресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ротор> (дата звернення: 19.05.2024)

[28] Щітки для електродвигуна [Електронний ресурс] URL: <https://zapchasty.com.ua/goods/00000002437> (дата звернення: 20.05.2024)

[29] Колектор якоря [Електронний ресурс] URL: <https://benzograd.com.ua/shop-ua/kollektor-yakorya-12-lam-8-23-h20-us-vtulka-3/> (дата звернення: 20.05.2024)

[30] Міні мотор Hobby-130. [Електронний ресурс] URL: <https://detalipro.in.ua/mini-motor-hobby-130-dc-3-6v-diymore-diymore> (дата звернення: 22.05.2024)

[31] Ublox NEO-6M GPS-модуль з антеною. [Електронний ресурс] URL: <https://techfactory.com.ua/ua/p1524255840-ublox-neo-gps.html> (дата звернення: 22.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

[32] How Does a NEO-6M GPS Module Work and How to Interface it with ESP32, 2022. [Електронний ресурс] URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-neo6m-gps-module-with-esp32>

(дата звернення: 22.05.2024)

[33] Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. [Електронний ресурс] URL: <https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04> (дата

звернення: 22.05.2024)

[34] 1-10PCS LM358 DC Weak Signal Amplifier Voltage Amplifier Two-Stage Operational. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ebay.com/itm/185797876510> (дата звернення: 22.05.2024)

[35] Транзистор STP65NF06. [Електронний ресурс] URL: <https://wintexservice.kiev.ua/ua/p1110683140-tranzistor-stp65nf06.html> (дата

звернення: 23.05.2024)

[36] ССТ-1N/50V, Конденсатор: керамический. [Електронний ресурс] URL: <https://eltis.ua/catalog/kondensatory-keramicheskie-tht-50v5foj/cct-1n-50v-kondensator-keramicheskiy-1nf-50v-x7r-10-tht-5mm/> (дата

звернення: 23.05.2024)

[37] Резистор 220 Ом. [Електронний ресурс] URL: <https://prom.ua/p2123269011-rezistor-220-shtuk.html> (дата

звернення: 23.05.2024)

[38] АКУМУЛЯТОР 18650 LI-ION SAMSUNG 3000MAH 30Q 30A ВИСОКОСТРУМОВИЙ. [Електронний ресурс] URL: <https://ultradrive.com.ua/ua/p1150054357-akkumulyator-18650-ion.html> (дата

звернення: 23.05.2024)

[39] Паралельне та послідовне з'єднання АКБ, 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://logicpower.ua/ua/blog/kak-podklyuchit-neskolko-akkumulyatorov-k-IBP> (дата

звернення: 23.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

[40] FAN1117A 1A Adjustable/Fixed. [Електронний ресурс] URL: <https://radiolux.com.ua/files/pdf/AMS1117.pdf> (дата звернення: 23.05.2024)

[41] Богдан Свердлюк, Home Assistant 101. Посібник для початківців, 2022. [Електронний ресурс] URL: <https://dou.ua/forums/topic/38947/> (дата звернення: 23.05.2024)

					ДП.ПМ-01.06.21.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67