Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ РАДІОЛОКАЦІЙНИЙ СКАНЕР НА БАЗІ ARDUINO

ULTRASONIC RADAR SCANNER BASED ON ARDUINO

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-42
Дідовець Максим Олександрович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Гринюк Сергій Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« 19 » червня 2024 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *комп'ютерних та інформаційних технологій*
Кафедра *комп'ютерної інженерії та кібербезпеки*
Ступінь вищої освіти: *бакалавр*
Галузь знань: *12 Інформаційні технології*
Спеціальність: *123 Комп'ютерна інженерія*
Освітня програма: *«Комп'ютерна інженерія»*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ проф. Н.Чернящук
« 10 » 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дідовцю Максиму Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Ультразвуковий радіолокаційний сканер на базі Arduino*

Керівник роботи *к.т.н., доцент Гринюк Сергій Васильович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 року № 459/01-02
2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 11.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи *Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ
Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань, дослідження існуючих методів та засоби проведення дослідження, розробка радіаційної системи на базі мікроконтролера

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань дослідження	*Гринюк С.В., доцент*		
Теоретичне дослідження та практична реалізація	*Гринюк С.В., доцент*		
Практична реалізація радіолокаційної системи	*Гринюк С.В., доцент*		
Нормоконтроль	*Багнюк Н.В., доцент*		
Гарант ОП	*Лавренчук С.В., доцент*		
Показник запозичень тексту	***___%***		
Академічна доброчесність	*Міскевич О.І.,асистент*		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Проведення огляду літератури із досліджуваної проблеми*	до 15.02.2024 р.	Виконано
2.	*Проведення аналізу огляд сучасних радіолокаційних станцій*	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	*Розробка системи радіолокації на базі Arduino Uno*	до 04.05.2024 р.	Виконано
4.	*Висновки та пропозиції*	до 07.05.2025 р.	Виконано
5.	*Формування списку використаних джерел*	до 10.05.2024 р.	Виконано
6.	*Формування додатків*	до 15.05.2024 р.	Виконано
7.	*Оформлення ілюстративного матеріалу*	до 20.05.2024 р.	Виконано
8.	*Нормоконтроль*	до 01.06.2024 р.	Виконано
9.	*Інструментальна перевірка на академічний плагіат*	до 04.06.2024 р	Виконано
10.	*Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту*	до 11.06.2024 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Дідовець М.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гринюк С.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дідовець М. О. Ультразвуковий радіолокаційний сканер на базі Arduino. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 46 с.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

Перший розділ присвячено огляду сучасних радіолокаційних систем в Україні та їх характеристик.

В другому розділі здійснено вибір апаратної платформи та програмного забезпечення для ультразвукового радіолокаційного сканера.

Третій розділ присвячено опису розробки радіолокаційного сканера, який побудований на базі Arduino та створена відповідна програма

Ключові слова: радіолокація, радіолокаційна система, ультразвуковий сенсор, виявлення, спостереження, алгоритм, об'єкт.

ANNOTATION

Didovets M. O. Ultrasonic radar scanner based on Arduino. Manuscript.

Bachelor's qualifying thesis of the OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024. 46 p.

The qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, and a list of used sources.

The first section is devoted to the review of modern radar systems in Ukraine and their characteristics.

In the second section, the hardware platform and software for the ultrasonic radar scanner are selected.

The third chapter is devoted to the description of the development of the radar scanner, which is built on the basis of Arduino and the corresponding program is created

Key words: radar, radar system, ultrasonic sensor, detection, observation, algorithm, object.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА 9
1.1 Способи отримання радіолокаційного сигналу 9
1.2 Сучасні радіолокаційні системи в Україні та їх характеристики 12
РОЗДІЛ 2 АПАРАТНА ПЛАТФОРМА ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СКАНЕРА 25
2.1 Архітектура мікроконтролера Arduino UNO 25
2.2 Ультразвуковий модуль HC-SR04 27
2.4 Мова програмування Python 29
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА 32
3.1 Принцип роботи радіолокаційної системи з ультразвуковим датчиком 32
3.2 Апаратне забезпечення системи 33
3.3 Програмування Arduino 34
3.4 Програмне забезпечення для системи 37
3.5 Тестування системи 41
ВИСНОВКИ 44
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 46

ВСТУП

Актуальність. Ідея радіолокації з’явилася набагато раніше її технічної реалізації. Вона з’явилися з розвитком теорії електромагнітних коливань Фарадеєм, Максвеллом і Герцем і особливо з винаходом радіо. Останнє привело до ідеї використання радіохвиль для виявлення об’єктів і визначення їх напрямку.

На основі експериментів було запропоновано використовувати радіохвилі для вказівки напрямку в ситуаціях поганої видимості та складного виявлення, а також сформовано суть вторинного випромінювання радіохвиль.

Однак через низький на той час рівень розвитку радіотехніки ідеї вчених не були реалізовані.

Основним джерелом інформації про повітряну ситуацію є радіолокаційне спостереження, яке здійснюється українськими радіотехнічними засобами. Радіолокаційне спостереження здійснюється штатними радіотехнічними підрозділами. Залежно від характеру завдання радіолокаційне спостереження повинно відповідати вимогам активності, швидкості та безперервності.

Діяльність радіолокаційного спостереження забезпечується правильним вибором радіолокаційних комплексів і станцій для ведення спостереження, своєчасним і точним встановленням режиму їх роботи в залежності від авіаційної ситуації, що склалася.

Одним із способів забезпечення необхідної ефективності роботи РЛС є своєчасне і точне виявлення рухомих цілей у повітрі, а також правильний вибір і установка відповідного режиму роботи РЛС. Безперервність супроводу повітряного об'єкта забезпечується також своєчасним застосуванням режимів і дій повітряного судна.

Тому радіолокаційна станція повинна не тільки виявляти ціль, а й супроводжувати ціль протягом усього часу руху, якщо ціль знаходиться в радіусі дії РЛС.

Це дуже актуальна проблема, оскільки радіолокаційні станції з такими можливостями є дорогими, а персонал, який обслуговує радіолокаційні станції, потребує спеціальної кваліфікації.

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення можливостей сучасних радіолокаційних станцій, розташованих на території України, та розробка системи виявлення та моніторингу об’єктів на базі мікроконтролера.

Об’єкт дослідження є радіолокаційна система, яка здатна виявляти об’єкти.

Предметом дослідження є апаратно-програмні засоби радіолокаційних систем.

Завдання, які необхідно виконати :

– визначити характеристики радіолокації як науки та проаналізувати її види та методи;

– здійснити огляд сучасних радіолокаційних станцій, що використовуються в Україні, оцінити ефективність їх використання при аналізі характеристик та параметрів РЛС різних типів;

– розробити систему виявлення та спостереження за об’єктами з реалізацією на базі мікроконтролера Arduino UNO.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Способи отримання радіолокаційного сигналу

Радар – це завдання радіолокаційного моніторингу різних об’єктів, їх виявлення, визначення положення і параметрів руху, а також виявлення деяких характеристик за допомогою радіохвиль, відбитих об'єктом, або власного радіовипромінювання об’єкта (тобто це гілка бездротового зв'язку).

Пристрої і системи радіолокаційного спостереження називаються радіолокаційними станціями (РЛС) або РЛС. Фактичний об’єкт радіолокаційного спостереження називається радіолокаційною ціллю або просто ціллю. При використанні відбитих радіохвиль радіолокаційною метою є неоднорідність електричних параметрів (діелектричної проникності, магнітної проникності, провідності) середовища, через яке поширюються первинні радіохвилі. До них відносяться літальні апарати (літаки, гелікоптери, метеозонди тощо), гідрометеорологічні явища (дощ, сніг, град, хмари тощо), річки та кораблі, наземні об’єкти (дерева, будинки, автомобілі тощо), військові об’єкти [1].

Джерелом радіолокаційної інформації є радіолокаційні сигнали. Залежно від способу прийому радіолокаційних сигналів розрізняють наступні види радіолокаційного спостереження.

Радар з пасивним реагуванням (рис. 1.1) заснований на тому факті, що випромінювані радіолокаційними коливаннями (зондовий сигнал) відбиваються від цілі та потрапляють на радіолокаційний приймач у вигляді відбитого сигналу або також називаються ехо-сигналу.

Такий вид спостереження називають також активною радіолокацією з пасивною відповіддю, вона є найбільш поширеною. Важливою вимогою до цілей у цьому випадку є відмінність їх властивостей, інформацію про які містить відбитий сигнал, від властивостей навколишнього середовища (радіолокаційний контраст).

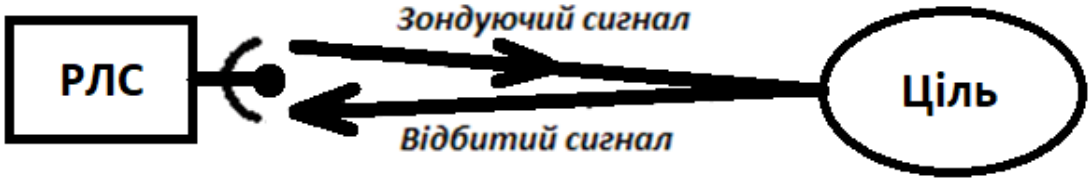


Рисунок 1.1 – Радіолокація з пасивною відповіддю [1]

РЛС активного реагування (рис. 1.2) називається РЛС активного реагування. Простий активний або вторинний радар, характеризується тим, що відповідний сигнал не відбивається, а перевипромінюється за допомогою спеціального транспондера – ретранслятора. Водночас значно розширився діапазон спостереження РЛС, і тепер він може використовуватися для спостережень за штучними супутниками Землі. Це використовується для визначення державної власності на літак (за спеціальним кодом). Метод активного реагування, оскільки відповідний сигнал може містити багато додаткової корисної інформації (висота польоту, інформація про літак, яка визначається більш точно бортовим висотоміром, ніж наземним радаром) популярний в цивільній авіації.

Рисунок 1.2 – Радіолокація з активною відповіддю [1]

Пасивний радар (рис. 1.3) заснований на прийомі власних радіовипромінювань цілі. Якщо в попередніх двох випадках зондуючий сигнал може бути використаний як еталонний і забезпечує базову можливість вимірювання відстані та швидкості, то в цьому випадку така можливість не існує. За допомогою теплового радіовипромінювання в діапазоні міліметрів, сантиметрів і дециметрів, крім економічних завдань, таких як моніторинг стану рослин,

вимірювання вологості ґрунту, виявлення лісових і підземних пожеж, виконуються деякі навігаційні завдання (наприклад, вимірювання швидкості).

Відомі також військові застосування, пов'язані з виявленням штучних об'єктів. Крім того, спостереження за грозами (довгохвильовий діапазон) також є типом пасивного радара.

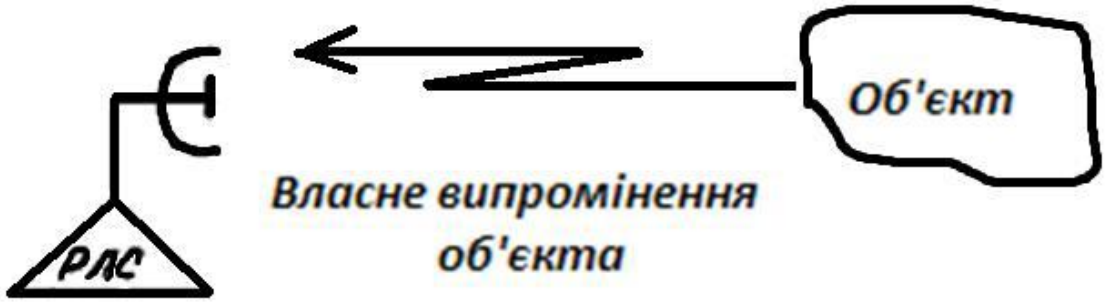


Рисунок 1.3 – Пасивна радіолокація [1]

Виконання регулярних і безпечних польотів в умовах зростаючої інтенсивності повітряного руху вимагає застосування великої кількості радіотехнічних засобів, зокрема радіолокаційних. роль радіолокації зростає ще більше у зв’язку з переходом до автоматизації літаководіння та управління повітряним рухом.

Основним джерелом інформації про повітряну обстановку в системах УПР є імпульсні РЛС. При цьому для КПР по трасах застосовуються РЛС з дальністю 350...450 км, а в районі аеропортів з дальністю 100...200 км. так як використовувані РЛС, як правило, двокоординатні (дальність, азимут), то третя координата транслюється по «вторинному» каналу (РЛС з активною відповіддю). Система, що включає РЛС з пасивним і активним відповідями і пристрій трансляції радіолокаційної інформації по радіоканалу або по кабелю на пульт управління, іменується радіолокаційним комплексом.

Вводяться автоматизовані системи — АС КПР, в котрих процеси збору, обробки і відображення інформації, а також аналізу повітряної обстановки реалізуються за допомогою ЕОМ. Рішення про необхідність зміни параметрів руху

окремих ЛА приймається диспетчером, який може безпосередньо взаємодіяти з комплексом обчислювальних системи.

Великого значення набувають метеорологічні РЛС. Вони застосовуються для виявлення хмар і опадів, можуть бути використані для штормового попередження. крім того, з їх допомогою вимірюють метеорологічні параметри.

У цивільній авіації використовують ряд бортових радіолокаційних пристроїв. до них відноситься бортова РЛС для виявлення небезпечних метеоутворень і перешкод. Зазвичай вона ж використовується для огляду землі з метою автономної навігації за характерними наземним радіолокаційними орієнтирами. Для забезпечення дії згаданого вище активного каналу на борту є спеціальні відповідачі.

Радіолокаційні принципи використовуються і в таких навігаційних приладах, як бортовий радіовисотомір і допплерівський (використовує ефект Доплера) вимірювач шляхової швидкості і кута зносу [2].

1.2 Сучасні радіолокаційні системи в Україні та їх характеристики

Радіолокаційні станції розвідки рухомих цілей активно використовуються як в інтересах ведення бою, так і при організації систем протидії злочинності і тероризму. Ці РЛС станції призначені для стеження за переміщенням військ та бойової техніки, забезпечення коригування стрільби засобів ураження, охорони рубежів і об'єктів, розпізнавання «свій-чужий».

«Барсук»– портативна РЛС розвідки цілей малої дальності (рис. 1.4).

Рисунок 1.4 – РЛС «Барсук» [3]

Являє собою портативний варіант радіолокаційної станції. Режим розпізнавання дозволяє визначити відстань до цілі, а за характерним звуковим забарвленням спектра сигналу класифікувати об’єкт. Мала вага РЛС дає можливість оператору носити її на грудях. «Барсук» незамінний в умовах патрулювання або переслідування порушників в умовах відсутності оптичної видимості [3].

79К6 «Пелікан» (рис. 1.5). Трикоординатна радіолокаційна станція кругового огляду виробництва НВК «Іскра». Призначена для роботи в умовах наявності перешкод природного та навмисного типу. Може бути використана в протиповітряній обороні, для видачі даних про ціль на зенітно-ракетний комплекс, а також як інформаційна ланка з військово-повітряними цілями і підрозділами ППО щодо забезпечення безпеки польотів.

Рисунок 1.5 – 79К6 «Пелікан» [4]

РЛС побудована на базі цифрової фазованої активної решітки. Однією з особливостей даної РЛС є висока середня потужність випромінюваного сигналу, що досягається за рахунок застосування сучасного багатопроменевого клістронного передавача.

Таке значення в понад три рази перевершує значення середньої потужності сучасної транзисторної РЛС. Висока стабільність передавальної системи в поєднанні з високою частотою повторення зондувальних імпульсів дозволяють ефективно гасити пасивні перешкоди і виявляти цілі з малими радіальними швидкостями.

«Пелікан» – радіолокаційна станція кругового огляду з координатним і трасовим виходами, яка працює автономно або у складі регіональних і національних автоматизованих систем управління (АСУ). Уся апаратура цієї РЛС розміщується в одній транспортній одиниці. «Пелікан» використовується як інформаційна ланка в підрозділах Збройних Сил для контролю та управління повітряним рухом. Станція виявляє і супроводжує повітряні об'єкти, визначає їх швидкість без перешкод і за наявності активних і пасивних перешкод, а також при їх комбінованому впливі; визначає державну належність повітряних об'єктів, отримує від своїх літаків індивідуальну та польотну інформацію, виконує інші завдання.

РЛС також можна використовувати для взаємодії з командними пунктами регіональних та національних АСУ, і що особливо важливо – у складі зенітно-ракетних військ для видачі цілевказівок зенітно-ракетним комплексам. Поява в українській армії РЛС 79К6 дозволила автономно застосовувати зенітні ракетні дивізіони С-300ПТ (ПС). Окрім того, можливе застосування цієї РЛС у бригадній структурі (6 дивізіонів).

За основними тактико-технічними характеристиками РЛС 79К6 не поступається зарубіжним аналогам, а її вартість щонайменше вдвічі менша за відомі зразки, наприклад, РЛС AN/TPS-117 виробництва компанії Northrop Grumman[4].

Мобільний трикоординатний радіолокатор 36Д6-М (рис. 1.6). Рухома трьох координатна радіолокаційна станція кругового огляду малих і середніх висот, із координатним і трасовими виходами, що працює автономно або в складі регіональних і національних автоматизованих систем управління (АСУ) призначена для використання:

– у складі зенітно-ракетних військ для видачі цілевказань зенітно-ракетним комплексам;

– в якості інформаційного ланки в підрозділах військово-повітряних сил і ППО для контролю та управління повітряним рухом.

Рисунок 1.6 – РЛС 36Д6-М [5]

РЛС забезпечує:

– виявлення, супровід і вимір трьох координат повітряних об'єктів та їх шляхової швидкості в умовах без завад і при впливі природних і організованих активних і пасивних завад, а також в умовах їх комбінованого впливу;

– визначення державної належності повітряних об'єктів, отримання від своїх літаків індивідуальної та польотної інформації, її відображення і видачу споживачам;

– визначення з кута місця та і азимутальних пеленгів на постановники активних завад; видачу інформації на автономні засоби відображення і взаємодію з командними пунктами регіональних і національних АСУ.

РЛС 36Д6 складається з наступних основних частин:

– формувача зондуючих імпульсів;

– клістронного підсилювача потужності (передавача);

– антенної системи з коаксиально-хвилеводним трактом;

– чотириканальної приймальної системи;

– чотириканальної системи придушення пасивних завад і автоматичного виявлення;

– радіолокаційного процесора даних і робочих місць персоналу на основі кольорових TFT моніторів;

– вбудованого запитувача системи розпізнавання.

Огляд простору по азимуту здійснюється механічним обертанням антенної системи. Огляд простору по куту місця здійснюється формуванням чотирьох парціальних променів у вертикальній площині.

Формування чотирьох променів здійснюється методом частотного сканування. для цього формувач зондуючих імпульсів формує зондуючий імпульс, що складається з чотирьох імпульсів на чотирьох різних частотах. Залежно від частоти в антенній системі формується один з чотирьох фіксованих променів.

Конструкція антенної системи дозволяє формувати чотири промені в зоні кутів 0° – 6° протягом одного обороту антени і чотири промені в зоні кутів 6° – 30° впродовж іншого повороту антени.

Таким чином, огляд 30° зони по куту місця виконується протягом двох обертів антени по азимуту.

Відбиті сигнали, прийняті антеною системою за допомогою частотних фільтрів, розподіляються між каналами приймальної системи.

У приймальних каналах здійснюється придушення активних завад.

У кожному каналі системи обробки здійснюється:

– аналого-цифрове перетворення;

– стабілізація рівня хибних тривог;

– придушення відображень від пасивних завад;

– автоматичне виявлення [5].

Мобільна двокоординатна когерентно-імпульсна РЛС кругового огляду «Дельта» (рис. 1.7).

Рисунок 1.7 – РЛС «Дельта» [6]

Основне призначення:

– спостереження за повітряною і наземною обстановкою в зоні розташування особливо важливих об'єктів;

– контроль економічних і митних зон з метою запобігання контрабандним та терористичним діям.

Забезпечує:

– автоматичне виявлення та супроводження літаків, вертольотів, дельтапланів, наземних і надводних цілей;

– реєстрацію відібраних траєкторій цілей і передачу даних по ним поліцейським, прикордонним і митним службам та службі безпеки, а також формування сигналу тривоги.

Встановлюється на будівлях, вишках або на транспортних засобах (автомобілях, БТР, БМП тощо), які при роботі розташовуються на пагорбах або на височинах для забезпечення необхідних умов огляду.

Основні особливості:

– твердотільний прийомо-передавач;

– цифрове формування складномодульованих зондуючих сигналів;

– цифрова обробка сигналів та траєкторної інформації;

– висока ефективність виявлення рухомих цілей на фоні інтенсивних пасивних завад;

– застосування сучасних алгоритмів автоматичного виявлення, що дозволяють позбутися хибних відміток цілей незалежно від існуючої завадової обстановки;

– автоматичне вимірювання координат і формування трас рухомих цілей;

– наочне відображення радіолокаційної обстановки на рідкокристалічному дисплеї;

– автоматизоване керування режимами роботи від панельного комп'ютера;

– документування результатів роботи [6].

Радіолокаційна станція П-190У (рис. 1.8).

Рисунок 1.8 – РЛС П–190У [7]

Оглядова 2-х координатна РЛС виявлення маловисотних цілей П-190У є новою розробкою в якій реалізовані всі сучасні технічні ідеї та багаторічний досвід роботи.

РЛС П-190У виконує наступні функції:

– виявлення, відображення і автоматичне визначення координат (азимут, дальність) повітряних об'єктів (ПО);

– автоматична зав'язка і супровід трас ПО, розрахунок параметрів їх руху;

– автоматичне і напівавтоматичне керування наземним радіолокаційним запитувачем (НРЗ) і привласнення ознаки впізнання;

– прийом, відображення і обробка РЛІ від аналогічної РЛС або від РЛС, оснащеної екстрактором А-1000М, і формування трас;

– автоматичне керування радіовисотомірами (ПРВ), оснащеними екстракторами А-1000Н, розрахунок і прив'язка висоти до площинних координатах ПО;

– автоматична видача радіолокаційної інформації (РЛІ) по телефонному каналу споживачеві;

– можливість неавтоматизованого («ручного») знімання РЛІ за цифровим даними формулярів ПО в координатах «азимут-дальність» або в квадратах єдиної сітки ППО в неавтоматизованих угрупованнях;

– документування радіолокаційної інформації;

– контроль технічного стану та діагностика стану основних пристроїв РЛС [7].

Мобільна станція дальньої радіотехнічної розвідки «Кольчуга» (рис. 1.9).

Мобільна станція дальньої радіотехнічної розвідки «Кольчуга» здатна виявляти і розпізнавати практично всі відомі на цей час активні радіотехнічні засоби, які встановлюються на наземних, морських і повітряних об’єктах, включаючи і ті, що створені на базі «стелс-технологій»

В основу роботи пасивної, наземної, мобільної станції покладений принцип «пасивної» радіолокації. Він полягає в тому, що «Кольчуга» вловлює і аналізує електросигнали, які випускають різні об’єкти, незалежно від того, де вони

знаходяться – на землі, на воді або в повітрі. Будь-який зенітно-ракетний комплекс, корабель чи літак-невидимка «Стелз» схожі тим, що всі вони оснащені власними традиційними РЛС. Їх сигналом і «живиться» «Кольчуга», сама залишаючись непомітною, без ризику потрапити під вогонь засобів ураження.

Рисунок 1.9 – РЛС «Кольчуга» [8]

У «кольчужний» комплект входять три станції. Рознесення на значне віддалення одна від іншої, у процесі синхронної роботи всі разом вони і визначають точні координати цілі. Ці дані можна передавати засобам протиповітряної оборони. Комплекс з трьох станцій дозволяє визначати координати наземних і надводних цілей та маршрути їх руху на території до 600 км в глибину (для повітряних цілей на висоті 10 км - до 800 км) і до 1000 км по фронту, що дозволяє реалізувати, зокрема, раннє попередження систем протиповітряної оборони країни. У станції є п’ять антенних систем метрового, дециметрового і сантиметрового діапазонів, що забезпечують чутливість радіо-тракту в смузі панорамного огляду від -110 до - 155 дБ/Вт, залежно від частоти. Паралельний 36-канальний приймач виявлення дозволяє миттєво здійснювати безпошукове за частотою виявлення, аналіз та класифікацію сигналів джерел радіовипромінювання без обмеження щільності вхідного потоку у всьому діапазоні частот від 130 до 18 000 МГц.

Мобільна станція дальньої радіотехнічної розвідки «Кольчуга» здатна виявляти і розпізнавати практично всі відомі на цей час активні радіотехнічні засоби, які встановлюються на наземних, морських і повітряних об’єктах, включаючи і ті, що створені на базі «стелс-технологій»

В основу роботи пасивної, наземної, мобільної станції покладений принцип «пасивної» радіолокації. Він полягає в тому, що «Кольчуга» вловлює і аналізує електросигнали, які випускають різні об'єкти, незалежно від того, де вони знаходяться – на землі, на воді або в повітрі. Будь-який зенітно-ракетний комплекс, корабель чи літак-невидимка «Стелз» схожі тим, що всі вони оснащені власними традиційними РЛС. Їх сигналом і «живиться» «Кольчуга», сама залишаючись непомітною, без ризику потрапити під вогонь засобів ураження. У «кольчужний» комплект входять три станції. Рознесення на значне віддалення одна від іншої, у процесі синхронної роботи всі разом вони і визначають точні координати цілі. Ці дані можна передавати засобам протиповітряної оборони. Комплекс з трьох станцій дозволяє визначати координати наземних і надводних цілей та маршрути їх руху на території до 600 км в глибину (для повітряних цілей на висоті 10 км – до 800 км) і до 1000 км по фронту, що дозволяє реалізувати, зокрема, раннє попередження систем протиповітряної оборони країни. У станції є п'ять антенних систем метрового, дециметрового і сантиметрового діапазонів, що забезпечують чутливість радіо-тракту в смузі панорамного огляду від -110 до - 155 дБ / Вт, залежно від частоти. Паралельний 36-канальний приймач виявлення дозволяє миттєво здійснювати безпошукове за частотою виявлення, аналіз та класифікацію сигналів джерел радіовипромінювання без обмеження щільності вхідного потоку у всьому діапазоні частот від 130 до 18 000 МГц.

Всі операції з виявлення та розпізнавання джерел радіовипромінювання станція виконує повністю автоматично, при цьому потужний бортовий комп'ютер здійснює аналіз та числову обробку, а також розпізнавання виявлених цілей шляхом порівняння їх параметрів з банком даних, а результати виводяться на монітор з картою місцевості. Спеціальні перешкоджаючі селектори дозволяють виключати із відповідної обробки до 24 заважаючих сигналів, а селектори супроводження дозволяють одночасно виділяти й супроводжувати сигнали від 32

цілей. Для виконання станцією всіх основних завдань штатного режиму потрібен лише один оператор (два інших включені до складу екіпажу для забезпечення режиму цілодобової роботи), який керує роботою станції в діалоговому режимі з персональним комп'ютером. Станції «Кольчуга» розміщуються на автомобілях підвищеної прохідності (в українському варіанті - КраАЗи), оснащені автономними джерелами живлення, кондиціонування, вентиляції і можуть працювати в діапазоні температур від -50 до +50 градусів за Цельсієм [8].

Рухомий радіовисотомір ПРВ-16МА (рис. 1.10).

Рисунок 1.10 – Рухомий радіовисотомір ПРВ-16МА [9]

Рухомий радіовисотомір ПРВ-16МА є рухомою завадо захищеної імпульсної РЛС сантиметрового діапазону. Радіовисотомір призначений для виявлення, визначення координат (азимут, дальність, висота) при автономній роботі або через екстрактор «А1000-Н» забезпечується автоматичне або напівавтоматичне вимірювання висоти цілей, координати яких задані радіолокаційними станціями П-140МА, П-180у, П-190У.

Обмін інформацією між РЛС і ПРВ здійснюється по інтерфейсу PS-232C. ПРВ-16МА захищений від впливу різних перешкод: від місцевих предметів і

пасивних перешкод – системою СРЦ; від активних перешкод (шумових, імпульсних) і несинхронних перешкод - перебудовою частоти.

РВ-16МА у своєму складі має:

– антенно-щогловий пристрій;
– радіоелектронне обладнання з екстрактором;
– електростанція 1Е9.

Все обладнання змонтовано на шасі автомобіля КРАЗ-6322. Апаратура ПРВ-16МА забезпечує безперервну роботу протягом 24 годин з подальшою перервою на 1 годину. Компоненти, панелі, субблоки, блоки систем комплексу виконані за модульним принципом, що дозволяє проводити їх стандартну заміну, на аналогічні зі складу ЗІП.

Конструктивно апаратура виконана таким чином, що забезпечений зручний доступ до основних вузлів, блоків для їх технічного обслуговування і ремонту. Для технічного обслуговування і ремонту апаратури поставляється комплект одиночного ЗІП.

Активна система радіовисотоміра забезпечує формування в просторі характеристики спрямованості антени у вигляді вузького у вертикальній площині (1º) і більш широкого (3º) в горизонтальній площині променя. Формування такої характеристики спрямованості антени забезпечується параболічним відбивачем, у фокусі якого поміщений рупорний випромінювач.

Для огляду простору таким вузьким променем антена здатна переміщатися по обох кутових координатах – куту місця і азимуту.

Вимірювання похилій дальності до цілі автоматично забезпечується застосуванням імпульсного методу радіолокації.

Переміщення антени за куту місця здійснюється механічним гойданням дзеркала антени разом з випромінювачем. При цьому характеристика спрямованості антени гойдається у вертикальній площині в заданих межах, що дає можливість здійснити пеленг цілі за куту місця. Синхронно з гойданням антени в індикаторі формується вертикальна розгортка променя ЕПТ. Для отримання вертикальної розгортки на індикатор подається постійна напруга, пропорційна синусу кута нахилу антени. Ця напруга виробляється в потенціометричному

датчику кута місця, вісь якого жорстко з’єднана з віссю гойдання антени. Таким чином, кожному положенню антени відповідає певне положення розгортки на екрані.

Математичний вираз, що пов’язує висоту цілі над місцем стояння висотоміра з похилою дальністю і кутом місця цілі, з урахуванням кривизни землі і поправки на рефракцію вирішується електричною схемою індикатора висоти. На екрані індикатора періодично висвічуються лінії різних висот або рухома відмітка висоти. Висота цілі визначається або за положенню середини відмітки від цілі відносно ліній рівних висот, або наведенням рухомої відмітки висоти на середину відмітки від цілі. У другому випадку висота визначається за шкалою блоку запусків і дистанційних відміток Н-301М і видається на сполучену з радіовисотоміром апаратуру у вигляді кута повороту осі сельсина-датчика або у вигляді постійної напруги при натисканні тумблера «ЗНІМАННЯ ВИСОТИ».

Переміщення антени за азимуту для спостереження і вимірювання висоти будь-якої заданої цілі здійснюється системою азимутального привода шляхом обертання за азимуту, тобто навколо своєї вертикальної осі, всієї антенної колонки разом з антеною. Поворот антени за азимуту і її зупинка на заданому азимуті можуть здійснюватися в різних режимах як оператором радіовисотоміра, так і за командами цілевказань з далекоміра [9].

РОЗДІЛ 2
АПАРАТНА ПЛАТФОРМА ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СКАНЕРА

2.1 Архітектура мікроконтролера Arduino UNO

Arduino Uno у модифікації Arduino Uno Rev3, як найбільш раціональний варіант для побудови радіолокаційної системи (рис. 2.1).

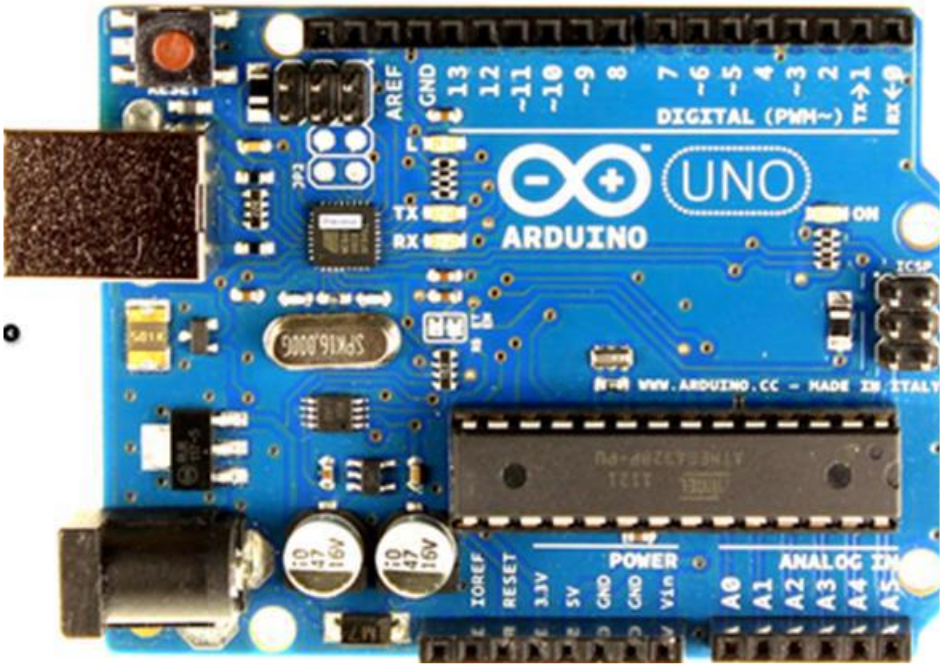


Рисунок 2.1 – Плата Arduino UNO Rev3 [10]

Пристрій використовують у багатьох областях, найпопулярніші з них: система «розумний дім», робототехніка, охоронні системи, квадрокоптер, міні метеостанції та багато інших.

У порівнянні з іншими розповсюдженими платами сімейства Arduino, Arduino Uno є більш збалансованою. Arduino Uno має більший обсяг пам’яті у обсязі 32 Кб в порівнянні з Arduino Nano яка має обсяг пам’яті рівний 16 Кб, що необхідно для систем безпеки, які часто складаються з великої кількості компонентів, однак має більші розміри: 6.9 см довжини, та 5.3 см ширини у порівнянні з 4.2 см довжини, та 1.85 см ширини у Arduino Nano.

У той самий час плата Arduino Uno має менші розміри ніж інші розповсюджені плати Arduino Mega, її більш нова версія Arduino Mega 2560 та її модифікація із підтримкою USB-інтерфейсу Arduino Mega ADK, що мають довжину у 10.2 см, та ширину у 5.3 см, більшу кількість вводів/виводів, та значно більший обсяг пам’яті у 128 Кб.

Однак зазвичай такий розмір та потужності є зайвими та використовуються тільки у великих системах зі значною кількістю компонентів.

Схема плати Arduino Uno Rev3 (рис. 2.2).

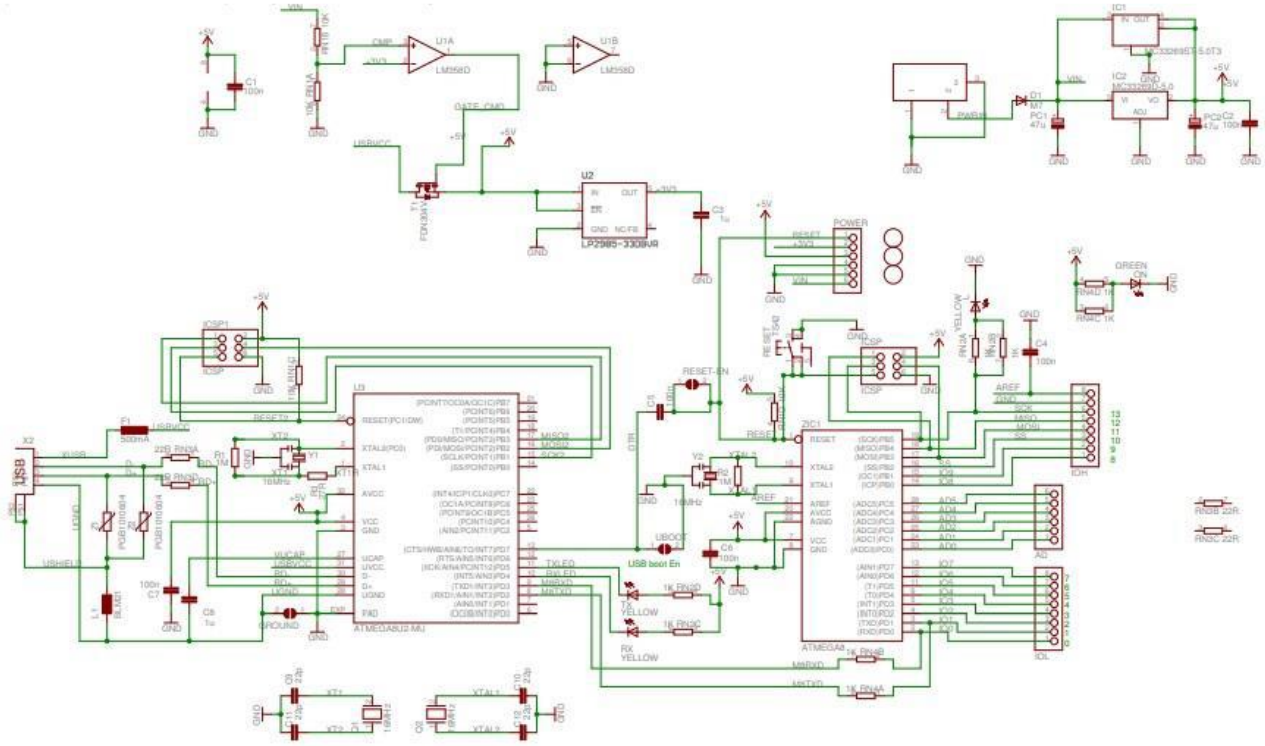


Рисунок 2.2 – Схема плати Arduino Uno Rev3 [10]

Загальні характеристики плат Arduino Uno у порівнянні з Arduino MEGA 2560 вказані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця характеристик плат Arduino UNO Rev3 та Arduino MEGA 2560

Компонент	UNO	MEGA
Мікроконтролер	ATmega328P	ATmega2560

Продвження таблиці 2.1

Компонент	UNO	MEGA
Кількість цифрових входів/виходів	14	54
Виходи ШИМ	6	15
Кількість аналогових входів	6	16
Кількість контактів для апаратного переривання	2	6
Тактова частота (МГц)	16	16
Кількість апаратних serial-портів	1	4

Джерело: [10]

2.2 Ультразвуковий модуль HC-SR04

Датчик відстані є приладом безконтактного типу, і забезпечує високоточне вимірювання і стабільність. Діапазон дальності його вимірювання складає від 2 до 400 см. На його роботу майже не впливають електромагнітні випромінювання і сонячна енергія. У комплект модуля з HC SR04 (рис. 2.3) також входять приймач та передавач.

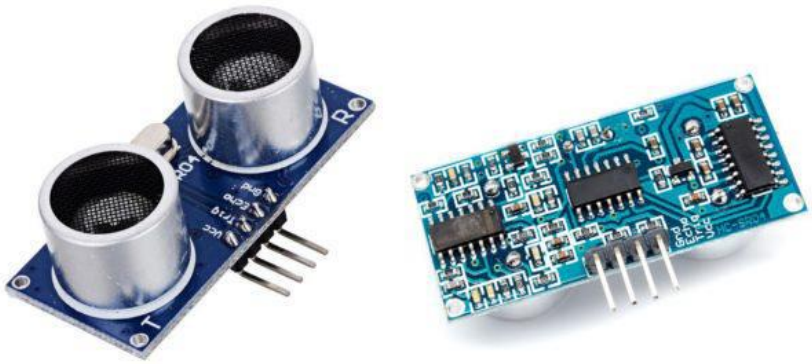


Рисунок 2.3 –Ультразвуковий модуль HC-SR04 [11]

Ультразвуковий далекомір HC SR04 має такі технічні параметри:

– Напруга живлення: 5В.
– Робочий струм: 15 мА.
– Сила струму в пасивному стані: <2 мА.
– Оглядовий кут: 45°.
– Похибка вимірювання: 0,3 см.
– Вимірювальний кут: 30°.
– Ширина імпульсу: 10-6 с.

Датчик має чотири контакти (стандарт 2, 54 мм):

– Контакт живлення позитивного типу: +5 В.
– Trig (T) – контакт сигналу входу.
– Echo (R) – контакт сигналу виходу.
– GND – контакт «Земля»[11].

2.3 Сервопривід MG995

Поворотним пристроєм в макеті буде слугувати сервопривід MG995. В макеті використовується сервопривід для повороту в горизонтальній площині, бо кут розсіяння ультразвуку з датчиків компенсує наявність об’єктів у вертикальній площині. Цього досить для макету.

Сервопривід – це пристрій, який забезпечує перетворення сигналу в суворо відповідне цим сигналом переміщення (поворот) виконавчого пристрою. Являє собою прямокутну коробку з мотором, схемою і редуктором всередині і вихідним валом, який може повертатися на суворо фіксований кут, який визначається вхідним сигналом. Існує дуже багато видів сервоприводів, які розрізняються габаритами, матеріалом шестерень (пластмаса, метал), способом управління (аналогові і цифрові), швидкістю обертання валу, діапазоном повороту (120°, 180°, безперервного обертання). Сервопривід MG995 (рис. 2.4) має гарний момент до 13кг/см, металеві шестерні і тому часто використовується в робототехніці (наприклад, поворот голови або руки робота).

Рисунок 2.4 – Сервопривід MG995 [12]

Технічні характеристики MG995

– Робоча напруга: 4.8-7.2 В.
– Кут повороту: 120°.
– Момент: 8,5 кг / см (при 4.8 В), 10 кг / см (при 6 В).
– Швидкість: 0,20 сек / 60° (при 4,8 В), 0,16 сек / 60° (при 6 В).
– Матеріал шестерень: метал.
– Вага: 55 г.
– Розмір: 40x20x42 мм [12].

2.4 Мова програмування Python

Python являє собою потужну об’єктно-орієнтовану мову програмування для загального призначення. Вона була розроблена нідерландським програмістом Гвідо ван Россумом і випущена в 1990 році. До 2018 року він активно брав участь у її розвитку та оптимізації.

Назва мови була запозичена в серіалу «Літаючий цирк Монті Пайтона», переглядати який полюбляв Гвідо ван Россум.

На сьогоднішній час, Python легко конкурує з іншими мовами програмування, адже активно розвивається і з кожним роком стає все більш популярнішою мовою. Це обумовлено тим, що це універсальна мова і може використовується для вирішення великої кількісті різноманітних задач.

За допомогою Python можуть бути написані скріпти по автоматизації, ігри, вебресурси, мобільні додатки та інше. Активно використовується при автоматизації тестування і для створення вбудованих систем для великої кількісті різноманітних пристроїв, таких як банкомати, термінали. Також великої популярності має в галузі математики, адже може використовуватися для обробки великого об'єму даних та виконання складних математичних обрахунків.

Такі компанії як Spotify і Amazon використовують Python для аналізу даних і створення рекомендацій, Disney для створення анімацій, а NASA для проведення наукових обрахунків.

Однією з переваг Python є те, що він має простий і логічний синтаксис, в якому було прибрано все зайве. Це робить його дуже подібним до англійської мови, що збільшує читабельність і сприйняття коду. Цей синтаксис дозволяє програмісту написати програму з меншою кількість вихідного коду ніж на інших мовах програмування.

Python – мова програмування з строгою динамічною типізацією, тобто тип змінної буде визначатися в момент надання значення, але при зміні значення може змінюватися і тип даних, що спрощує написання коду новачку і в подальшому дає змогу уникнути безліч помилок і багів.

Ще однією перевагою Python є те, що існує велика кількість фреймворків і бібліотек, що спрощують вирішення складних задач.

Також перевагою Python є те, що вона інтерпретована, тобто написаний код буде виконуватися рядок за рядком і якщо буде знайдена помилка – виконання зупиниться і буде повідомлено про неї.

Python показує лише одну помилку, тобто першу, яка була виявлена, навіть якщо програма має декілька помилок. Це набагато економить час при розробці і полегшує подальше налагодження програми.

Інтерпретатор мови існує для багатьох популярних платформ, що дозволяє написаний код на одній платформі запустити цей же код на іншій [13].

Оскільки Python підтримує модульність, то написаний код може бути розділений на модулі, які потім можна використовувати заново вже в інших програмах. Також існує велика кількість колекцій стандартних модулів, які надають різну функціональність: від введення-виведення даних до створення графічного інтерфейсу користувача.

Перевагами Python можна виділити:

– легкий для читання та вивчення;

– Python має бібліотеки які дозволяють інтегрувати з іншими мовами програмування, як C/C++ та Java;

– широке застосування в різних галузях;

– стандарт для написання коду PEP, що забезпечує читабельність коду при

– переході від одного розробника до іншого;

– активно розвивається і розширюється новими колекціями бібліотек і фреймворків;

– кросплатформна мова;

– Open Source, що дозволяє будь-кому взяти участь в розвитку і покращенню мови.

Недоліки:

– через те, що код виконується рядок за рядком це призводить до зменшення продуктивності;

– погана реалізація багатопоточності;

– велике споживання пам’яті і ресурсів;

– залежний від системних бібліотек.

РОЗДІЛ 3
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Принцип роботи радіолокаційної системи з ультразвуковим датчиком

Про аналізувавши методи та способи радіолокації, а також їх реалізацію у військовій промисловості України, я вирішив реалізувати електронну систему для виявлення та супроводження об’єктів. Система буде відноситись до активної радіолокації, так як вона має знаходити об’єкти, як із локаційними приладами розпізнання, так і без них. Виявлення об’єктів буде відбуватися за принципом зондуючого сигналу, тобто випромінююче коливання відбивається від цілі і потрапляє в приймач системи у вигляді відбитого сигналу або, як його ще називають, ехо-сигналу. Головною вимогою до об’єктів є відмінність їх властивостей, інформацію про які буде містити відбитий сигнал та від властивостей навколишнього середовища (радіолокаційного контрасту).

Для реалізації супроводження знайдених об’єктів я створив алгоритм, котрий не містить складних математичних розрахунків, а отже не потребуватиме обчислювальної потужності для мікроконтролера.

Алгоритм працює так. Спочатку система сканує простір та запам’ятовує кут і відстань на яких знаходиться ціль – це буде першим проходом радару. Тепер при наступних проходах алгоритм буде знаходити різницю для кожного кута і таким чином зможемо фіксувати нові об’єкти. Для слідкуванням за виявленим об’єктом, потрібно рахувати кількість точок, що знаходяться поруч, на графіку це буде деяка область, яку сканує локаційний пристрій. За ціль можна брати область більшу за певний розмір - це одразу відфільтрує всі шуми та перешкоди.

Отже пристрій може розпізнавати велику область, тобто він знає кут початку області і кут кінця, залишається розрахувати середину області і направити радар в дану область, після цього радар фіксує положення об’єкта – це буде точкою спостереження. Система неперервно продовжує вимірювати відстань від радара до об’єкта і якщо точка спостереження зміниться, то система знову переходить в режим пошуку цілі.

Так як в РЛС, зазвичай, використовують електромагнітні коливання в якості випромінюючого сигналу, що веде за собою розрахунок складних антен та ліній узгодження. Для реалізації макету я вирішив використовувати ультразвук. Це значно здешевить проект макету, а на функціональність і швидкодію не вплине. Адже ультразвук – це акустичні коливання, частота яких більша, ніж високочастотна межа чутного звуку (понад 20 000 Гц). Тому ультразвукові хвилі ідеально підходять для реалізації макету електронної системи виявлення та супроводження об’єктів.

3.2 Апаратне забезпечення системи

Схема системи складається з одного ультразвукового модуля; пристрою повороту, для обертання ультразвукових модулів та визначення кута, мікроконтролера, який займається всіма необхідними (рис. 3.1).

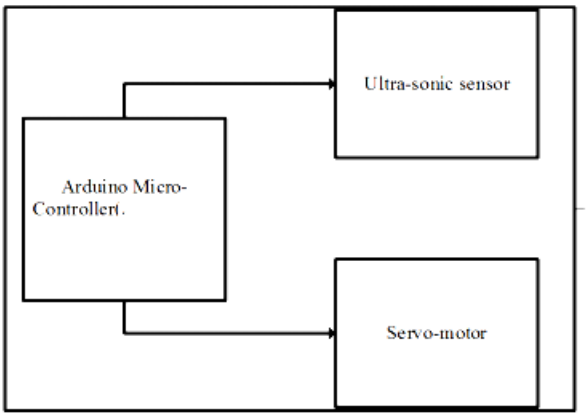


Рисунок 3.1 – Опис апаратного забезпечення системи

На рисунку 3.1 наведено короткий огляд радіолокаційної системи. Тут, як показано, контролер, який ми використовуємо, – це Arduino, з ультразвуковим датчиком на вході, а на виході – сервомотором, який обертається на 180 градусів. Мікроконтролер контролює всі операції цієї системи, від обертання двигунів до виявлення перешкод ультразвуком і відображення результату на екрані.

На рисунку 3.2 можна побачити, як відбувається робота в цій радіолокаційній системі. Датчик збирається відчути перешкоду та визначити кут падіння та відстань

до радара. Серводвигун постійно обертається туди-сюди, отже змушуючи датчик рухатися. Отримані дані кодуються та передаються в IDE обробки, яка представляє їх на екрані. Результати відображаються далі в цій статті. Усі ці операції виконуються мікроконтролером Arduino від обертання сервоприводу, збору даних від датчика, подачі даних на кодер до передачі їх на дисплей.

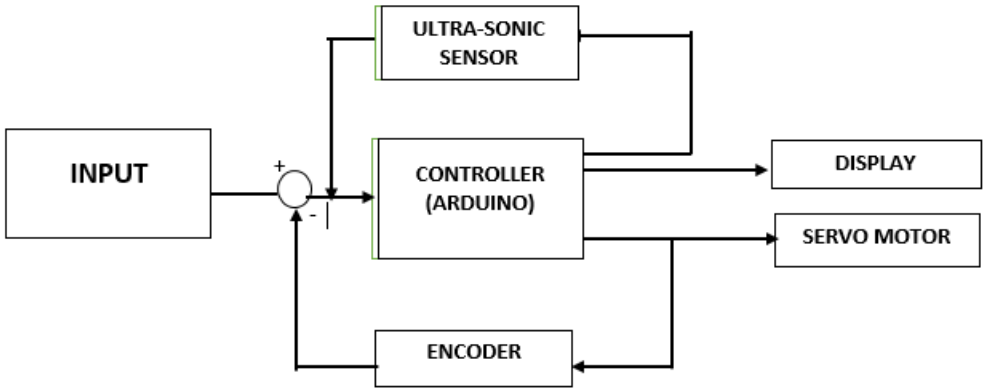


Рисунок 3.2 – Структурна схема радіолокаційної системи

На рисунку 3.3 показана макетна схема підключення компонентів системи.

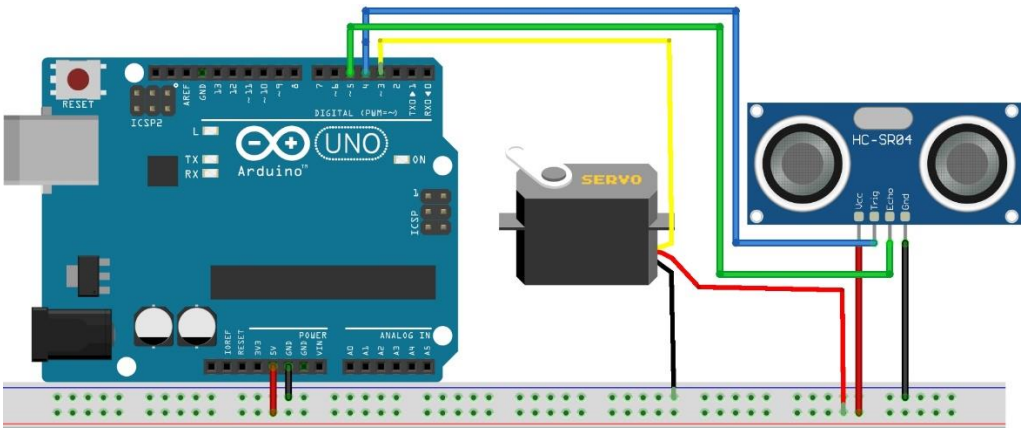


Рисунок 3.3 – Макетна схема підключення компонентів системи

3.3 Програмування Arduino

Код Arduino використовує бібліотеку сервоприводів для обміну даними за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) через один зі своїх контактів.

Спеціальний алгоритм використовується для отримання даних про дальність із HC-SR04, використовуючи ефект часу прольоту для звукових хвиль. Як кут серводвигуна MG90S (0° – 180°), так і відстань, наближена від HC-SR04 (2 см - 400 см), виводяться на послідовний порт для зчитування програмою Python. Таким чином, код Arduino наведено на лістингу 3.1.

Лістинг 3.1 – Radar

```
{
#include <Servo.h>

Серво servo_1; // сервоконтролер (може бути декілька)

int trig = 4 ; // тригонометричний висновок для HC-SR04
int echo = 5 ; // ехо-пін для HC-SR04
int servo_pin = 3 ; // Вивід ШІМ для керування сервоприводом

int pos = 0 ;    // початкова позиція сервоприводу
float duration,distance;

void setup() {
  Serial.begin( 115200 );
  Serial.println( "Запуск радара" );
void loop() {
   for (pos = 0 ; pos <= 180 ; pos += 1 ) { // переходить від 0 градусів до 180 градусів
    // з кроком 1 градус
    servo_1.write(pos);             // вказуємо сервоприводу перейти в позицію в змінній 'pos'
    delay( 60 ); // затримка, щоб дозволити сервоприводу досягти потрібного положення
    dist_calc(pos);
  }

  for (pos = 180 ; pos >= 0 ; pos -= 1 ) { // переходить від 180 градусів до 0 градусів
    servo_1.write(pos);             // вказуємо сервоприводу перейти в позицію в змінній 'pos'
    delay( 60 );
    dist_calc(pos);
  }
}
```

Продовження лістингу 3.1

```
float dist_calc( int pos){
  // запускає імпульс 40 кГц для визначення діапазону
  digitalWrite(trig,LOW);
  delayMicroseconds( 2 );
  digitalWrite(trig,HIGH);
  delayMicroseconds( 10 );
  digitalWrite(trig,LOW);
  // конвертувати тривалість датчика досягнення імпульсу (мікросекунди) у діапазон (у см)
  duration = pulseIn(echo,HIGH); // тривалість імпульсу до детектора (у мікросекундах)
  distance = 100.0 *( 343.0 *(duration/ 2.0 ))/ 1000000.0 ; // 100,0*(швидкість звуку*трива-
лість/2)/мікросекундне перетворення

  Serial.print(pos); // положення сервомотора
  Serial.print( "," ); // розділені комами змінні
  Serial.println(distance); // відстань друку в см
}
```

Кінець лістингу 3.1

Рівняння часу польоту, подане у функції «dist_calc()», використовує такий принцип (рис. 3.4).

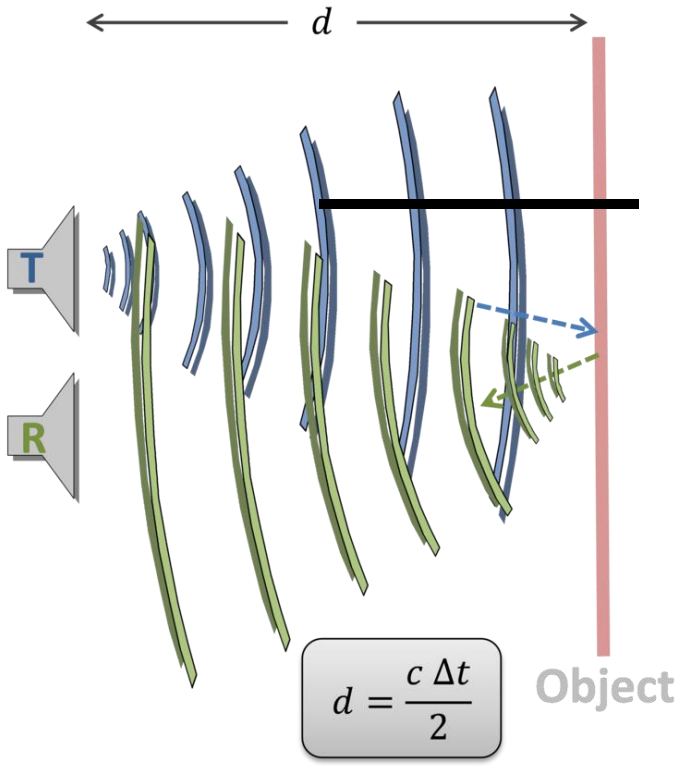


Рисунок 3.4 – Графік рівняння часу польоту

Після відкриття послідовного порту на Arduino має бути наступний вигляд (рис. 3.5).

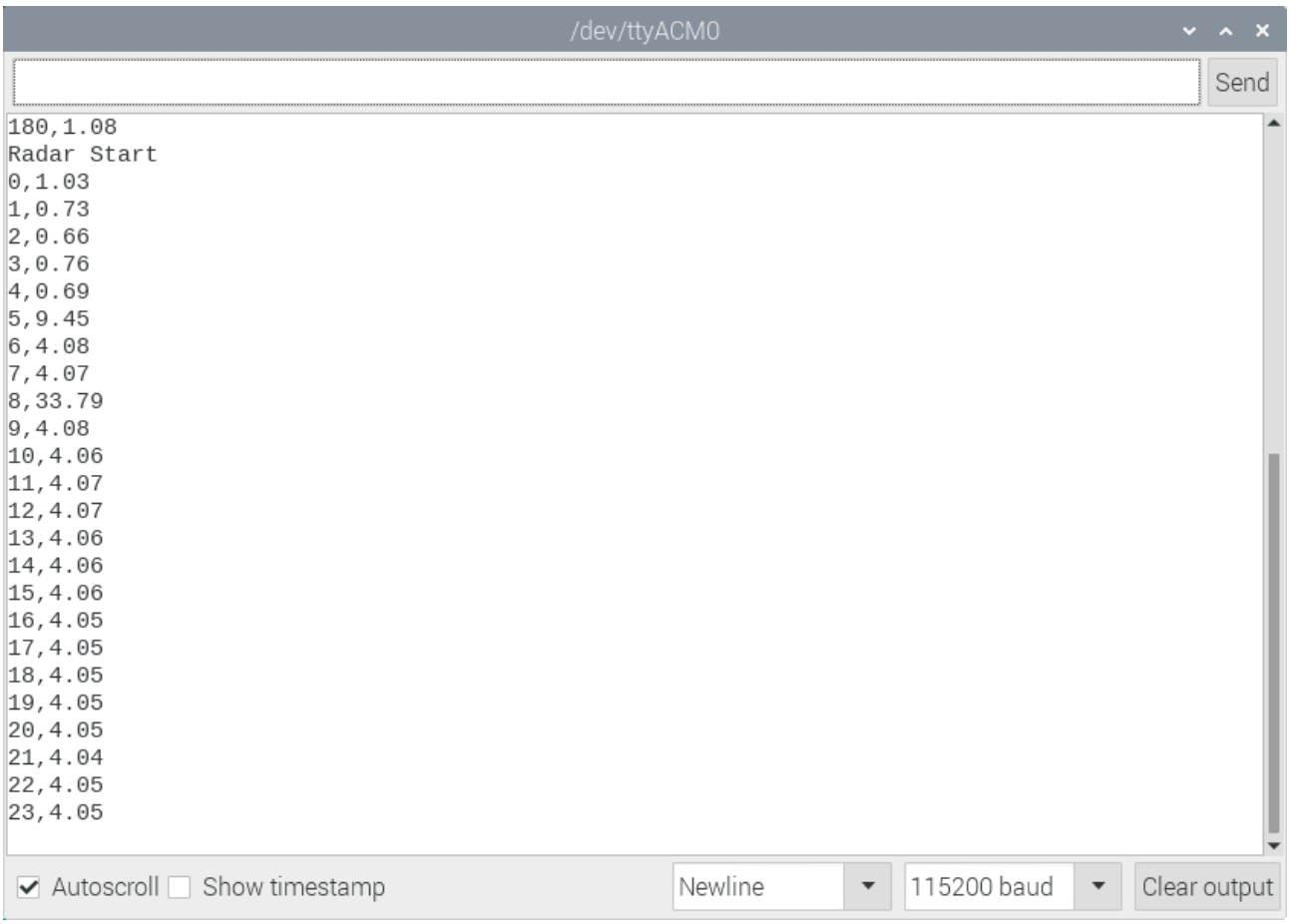


Рисунок 3.5 – Дані послідовного порту

3.4 Програмне забезпечення системи

У Python цей проект стає експоненціально складнішим. Причина полягає в тому, як зазначено у вступі до цього підручника, індикатор положення плану (PPI) використовуватиметься для візуалізації карти точок, коли двигун MG90S обертається на 180° вперед і назад навколо своєї осі. Причина, чому це стає складним, полягає в тому, що тепер нам потрібно взяти полярний графік і заповнити його виходами плати Arduino. Отже, наш процес стає таким:

Розпочніть зв’язок із платою Arduino

1. Створіть полярний графік для емулятора радара.

2. Почніть циклічний перегляд вхідних даних Arduino.

3. Зачекайте, поки «Радар Пуск» почне креслення..

4. Оновіть точки розсіювання та PPI

І якби це було зроблено саме так, як зазначено вище, це займе чимало ресурсів, щоб зробити це в режимі реального часу. Таким чином, реалізовано кілька обхідних шляхів для забезпечення ефективності побудови та читання даних. Нижче наведено спрощення та реалізацію ефективних методів для оновлення та побудови точок розсіювання кута та діапазону, отриманих Arduino:

1. Оновлюйте лише дані, а не графік (restore_region(), drawartist() і blit() фрагменти коду нижче).

2. Робіть графік лише кожні 5 градусів обертання

Усі наведені вище процедури та реалізації наведено нижче в лістингу 3.2.

Лістинг 3.1 – Програма Radar.py

```
# Радарний плоттер на основі Python + Arduino
# ** Працює з будь-яким двигуном, який видає кутове обертання
# ** і з будь-яким датчиком відстані (HC-SR04, VL53L0x, LIDAR)
#
import numpy as np
import matplotlib
matplotlib . use( 'TkAgg' )
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.widgets import Button
import serial , sys , glob
import serial.tools.list_ports as COMs
#
################## ############################
# Знайдіть порти Arudino, виберіть один і почніть з ним спілкуватися
######### ####################################
#
def port_search ():
  if sys . платформа . startswith( 'win' ): # Windows
ports = [ 'COM{0:1.0f}' . format(ii) для ii в діапазоні( 1 , 256 )]
  elif sys . платформа . startswith( 'linux' ) або sys . платформа . startswith( 'cygwin' ):
    ports = glob . glob( '/dev/tty[A-Za-z]*' )
  elif sys . платформа . startswith( 'darwin' ): #
    порти MAC = glob . glob( '/dev/tty.*' )
  else :
    підвищити EnvironmentError ( 'Машина не сумісна з pyserial' )
```

Продовження лістингу 3.2

```
arduinos = []
  для порту в портах: # прокрутити, щоб визначити, чи доступний
    якщо len(port . split( 'Bluetooth' )) > 1 :
      продовжити
    спробу :
      ser = serial . Послідовний (порт)
      сер . close()
      arduinos . append(port) # якщо ми можемо відкрити його, вважати його arduino,
    за винятком ( OSError , serial . SerialException):
      pass
  return arduinos

arduino_ports = port_search()
ser = serial . Serial(arduino_ports[ 0 ],baudrate = 115200 ) # відповідність бодам на Arduino
ser . flush() # очистити порт
#
############################################## ##
# Запустіть інтерактивний інструмент побудови та
# побудуйте графік на 180 градусів із фіктивними даними, щоб почати
################################### ############
#
fig = plt . figure(facecolor = 'k' )
win = fig . полотно . менеджер . вікно # фігура вікно
screen_res = перемога . wm_maxsize() # використовується для форматування вікна пізніше
dpi = 150.0 # роздільна здатність фігури
рис . set_dpi(dpi) # встановити роздільну здатність фігури

# атрибути полярного графіка та початкові умови
ax = рис . add_subplot( 111 ,polar = True ,facecolor = '#006d70' )
ax . set_position([ - 0.05 , - 0.05 , 1.1 , 1.05 ])
r_max = 100.0 # можна змінити це на основі діапазону датчика
ax . set_ylim([ 0.0 ,r_max]) # діапазон відстаней для показу
ax . set_xlim([ 0.0 ,np . pi]) # обмежено діапазоном сервоприводу (0-180 градусів)
ax . tick_params(axis = 'both' ,colors = 'w' )
ax . grid(color = 'w' ,alpha = 0.5 ) # колір сітки
ax . set_rticks(np . linspace( 0.0 ,r_max, 5 )) # показати 5 різних відстаней
ax . set_thetagrids(np . linspace( 0.0 , 180.0 , 10 )) # показати 10 кутів
angles = np . arange( 0 , 181 , 1 ) # 0 - 180 градусів
тета = кути * (np . pi / 180,0 ) # у радіанах
dists = np . ones((len(angles),)) # фіктивні відстані, доки реальні дані не надійдуть у
pols, = ax . plot([],linestyle = '' ,marker = 'o' ,markerfacecolor = 'w' ,
          markeredgecolor = '#EFEFEF' ,markeredgewidth = 1.0 ,
          markersize = 10.0 ,alpha = 0.9 ) # точки для точок радара
line1, = ax . plot([],color = 'w' ,
           linewidth = 4.0 ) # графік розгортання плеча

# коригування представлення фігури
рис . set_size_inches( 0,96 * (screen_res[ 0 ] / dpi), 0,96 * (screen_res [ 1 ] / dpi))
plot_res = рис . get_window_extent() . bounds # екстент вікна для центрування
win . wm_geometry( '+{0:1.0f}+{1:1.0f}' . \
```

Продовження лістингу 3.2

```
format((screen_res[ 0 ] / 2.0 ) - (plot_res[ 2 ] / 2.0 ),
                (screen_res[ 1 ] / 2.0 ) - ( plot_res[ 3 ] / 2.0 )))  # центрування графіка
рис . полотно . панель інструментів . pack_forget()  # видалити панель інструментів для чистої
презентації
рис . полотно . set_window_title( 'Arduino Radar' )

фіг . полотно . draw()  # малювання перед циклом
axbackground  =  рис . полотно . copy_from_bbox(ax . bbox)  # фон для збереження під час циклу

################################################
# подія кнопки для зупинки програми
################################################

def  stop_event (подія):
   глобальний  stop_bool
   stop_bool  =  1
prog_stop_ax  =  рис . add_axes([ 0.85 , 0.025 , 0.125 , 0.05 ])
pstop  =  Button(prog_stop_ax, 'Зупинити програму' ,color = '#FCFCFC' ,hovercolor = 'w' )
pstop . on_clicked(stop_event)
# кнопка для закриття вікна
def  close_event (event):
   global  stop_bool,close_bool
   if  stop_bool:
      plt . close( 'все' )
   stop_bool  =  1
   close_bool  =  1
close_ax  =  рис . add_axes([ 0.025 , 0.025 , 0.125 , 0.05 ])
close_but  =  Кнопка (close_ax, 'Закрити графік' ,color = '#FCFCFC' ,hovercolor = 'w' )
close_but . on_clicked(close_event)

фіг . показати()

################################################
# нескінченний цикл, постійно оновлюється радар
# 180deg з вхідними даними Arduino
############################################### ##
#
start_word,stop_bool,close_bool  =  False , False , False
while  True :
   try :
      if  stop_bool:  # зупиняє програму
         fig . полотно . панель інструментів . pack_configure()  # показує панель інструментів
         , якщо  close_bool:  # закриває вікно радара
            plt . close( 'все' )
         розрив
      ser_bytes  =  ser . readline()  # читання послідовних даних Arduino
      decoded_bytes  =  ser_bytes . decode( 'utf-8' )  # декодувати дані в utf-8
      data  =  (decoded_bytes . replace( ' \r ' , '' )) . replace( ' \n ' , '' )
      if  start_word:
         vals  =  [float(ii)  for  ii  in  data . split( ',' )]
```

Продовження лістингу 3.2

```
        if  len(vals) < 2 :
            continue
        angle,dist  =  vals  # розділити на кут і відстань
        if  dist > r_max:
            dist  =  0.0  # вимірювання більше ніж r_max, ймовірно неточне
        dists[int(angle) ]  =  dist
        if  angle  %  5  == 0 :  # оновлювати кожні 5 градусів
            pols . set_data(theta,dists)
            рис . полотно . recover_region(axbackground)
            ax . draw_artist(pols)

            рядок1 . set_data(np . repeat((angle * (np . pi / 180,0 )), 2 ),
              np . linspace( 0,0 ,r_max, 2 ))
            ax . draw_artist(рядок1)

            фіг . полотно . blit(ax . bbox)  # відтворити лише дані
            fig . полотно . flush_events()  # змивання для наступного графіка
    else :
        if  data == 'Радарний запуск' :  # зірочне слово на Arduno
            start_word  =  True  # чекати, поки Arduino виведе початкове слово
            print( 'Радар запущено...' )
        else :
            продовжити

крім  KeyboardInterrupt :
    plt . close( 'все' )
    print( 'Переривання клавіатури' )
    перерва
```

Кінець лістингу 3.2

3.5 Тестування системи

Радіолокаційна система на базі мікроконтролера Arduino Uno (рис. 3.6).

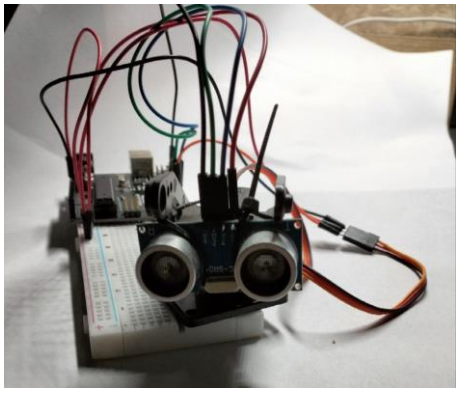
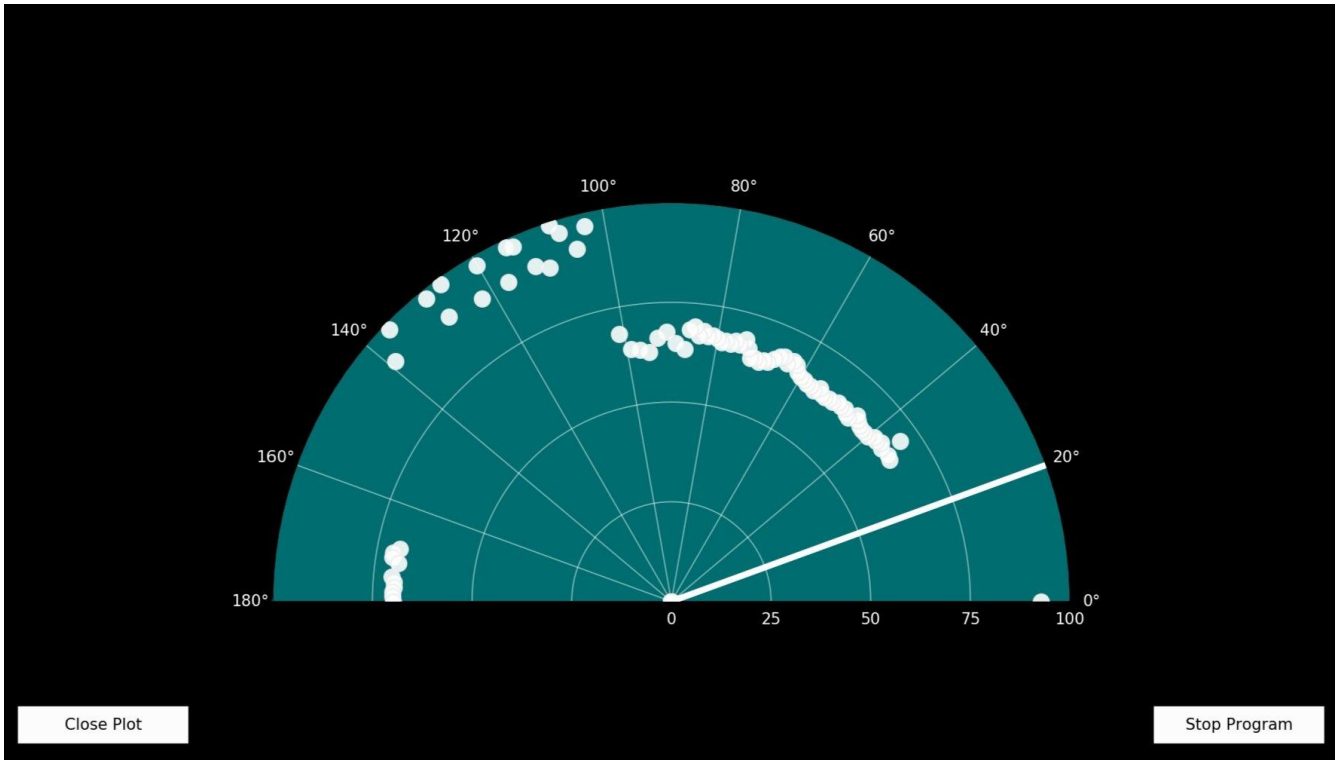


Рисунок 3.6 – Радіолокаційна система

Після виконання наведеного вище коду має з’явитися такий графік (рис. 3.7).



Рисуногк 3.8 – Графічний інтерфейс користувача

Графічний інтерфейс користувача (GUI) дозволяє користувачам зупинити програму або закрити графік і вийти з програми. Тим часом графік має оновлюватися кожні 5 градусів (приблизно кожні 300 мс), розміщуючи точки розсіювання там, де HC-SR04 виявляє об’єкти. Також є рукоятка для підмітання, яка є частиною індикатора положення в плані, яка сповіщає користувача про приблизне місцезнаходження двигуна або зони, що контролюється.

Слід зазначити, що HC-SR04 не створює ідеальних точок у просторі. Його конус виявлення становить приблизно 15°, що означає, що він може точно передбачити відстані на короткій відстані, але на великих відстанях йому важко розрізнити об’єкти невеликої площі від об’єктів більшої площі. Конус напрямку 15° приблизно дорівнює площі об’єкта 13% від відстані, на якій він може бути. Наприклад, об’єкт, який знаходиться на відстані 1 м, повинен бути на відстані 130 см, щоб HC-SR04 міг його правильно виявити. Якщо площа менша, він може неправильно витлумачити розмір об’єкта і, отже, здатність його розпізнати. Якщо розмір об’єкта перевищує 130 см, він може реєструватися під різними кутами, доки

не вийде з поля зору датчика. Якщо ми припустимо, що ширина людини становить близько 50 см, це означає, що на відстані близько 400 см HC-SR04 правильно розпізнає її. Якщо людина знаходиться на відстані більше 400 см, датчик може не зареєструвати особу, тоді як якщо людина знаходиться в межах 400 см, він розпізнає її під різними кутами.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі було вивчено особливості сучасних радіолокаційних станцій, що використовуються в Україні та розроблено систему виявлення об’єктів за допомогою ультразвукового сенсора.

Для того щоб повністю дослідити тему системи виявлення та спостереження за об’єктом, значна увага в кваліфікаційній роботі приділена радіолокаційним станціям, що виробляються та використовуються в Україні. В умовах великої кількості спеціалізованого обладнання для задач радіолокації, що виробляється концерном «УкрОборонПром», основним завданням було віднайти РЛС, яка б мала високу ефективність при здійсненні аналізу радіолокаційної обстановки.

Під час проведення досліджень з цього питання було детально розглянуто, види та методи радіолокації, як науки. Дослідження здійснювалось на основі структурних схем та тактико-технічних характеристик РЛС, що дало можливість побачити всю тенденцію розвитку застосовуваних схемотехнічних рішень. Таким чином визначено, що РЛС, які відносяться до активної радіолокації, мають складні структури та алгоритми роботи, а також дорого коштують і на їх основі важко відтворити макет для лабораторних та практичних робіт в навчальних закладах України.

Ультразвуковий радіолокаційна система на базі Arduino була реалізована в за допомогою Arduino Uno, ультразвукового датчика відстані HC-SR04, мікросервомотора MG90S і коду Python, запущеного на Windows11. В результаті роботи представлено нову концепцію, пов’язану з технологіями реального світу, але реалізовану за допомогою недорогих інструментів, доступних для виробника та інженера-початківця. HC-SR04 використовує звукові хвилі, щоб приблизно визначити відстань між приймачем і об’єктом на відстані, тоді як сервопривід MG90S обертається заданим способом відповідно до сигналів широтно-імпульсної модуляції, керованих платою Arduino. Щоб візуалізувати виведене кутове положення та приблизний діапазон HC-SR04, на Windows11 і було реалізовано код Python для створення індикатора положення в плані на полярній діаграмі. Цей PPI дає користувачеві можливість візуалізувати об’єкти, які оточують двигун і

ультразвуковий датчик, подібно до того, як радар наближає об’єкти, що оточують його базову станцію.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Радіолокація. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki (дата звернення: 20.02.2024).

2. Ефект Доплера. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki (дата звернення: 21.02.2024).

3. РЛС «Барсук – А». URL: http://ust.com.ua/uk/item/rls-barsuk-a-2/ (дата звернення: 21.02.2024).

4. Радіолокаційні станції розвідки рухомих цілей міліметрового діапазону. URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnika-pvo/rls/104- (дата звернення: 21.02.2024).

5. Мобільний трикоординатний радіолокатор 36Д-6. URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnika-pvo/rls/98-- (дата звернення: 21.02.2024).

6. Мобільно двокоординатна когерентно-імпульсна РЛС кругового огляду «Дельта». URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnika-pvo/rls/102- (дата звернення: 21.02.2024).

7. Радіолокаційна станція П-190У. URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnika-pvo/rls/108-radiolokatsionnayastantsiya-p-190u (дата звернення: 21.02.2024).

8. Мобільна станція дальньої радіотехнічної розвідки «Кольчуга». URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnika-pvo/rls/111- (дата звернення: 21.02.2024).

9. Модернізований рухомий радіовисотомір ПРВ-16МА. URL: https://uos.ua/produktsiya/tehnikapvo/rls/110- (дата звернення: 25.02.2024).

10. Arduino. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino (дата звернення: 25.03.2024).

11. Ультразвуковий датчик вимірювання відстані HC-SR04. URL: https://arduinomaster.ru/datchikiarduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/ (дата звернення: 25.03.2024).

12. Сервопривід MG995. URL: https://3d-diy.ru/wiki/arduino-mechanics/servo-mg995// (дата звернення: 25.03.2024).

13. Python. URL: https://foxminded.ua/seredovyshche-rozrobky-python/ (дата звернення: 25.03.2024).