

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система дистанційного керування нахилом
зовнішньої антени

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Кондратюк Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Варавін А.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Ясній О.П.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 25 » 04 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кондратюк Роман Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени.

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

Затверджені наказом ректора від « 25 » 04 2024 року № 4/7-408

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Розділ 1 аналіз вимог та особливостей побудови системи

Дистанційного керування нахилом зовнішньої антени. Розділ 2

Проектування апаратного забезпечення систем. Розділ 3 реалізація

Програмного забезпечення та тестування системи дистанційного

Керування нахилом зовнішньої антени. Розділ 4 безпека

Життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Блок-схема алгоритму роботи системи

2. Структурна схема комп'ютеризованої системи

3. Схема електрично-принципова спроектованої системи

4. Фізична реалізація готової комп'ютеризованої системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н. проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 25.04.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	01.02 – 09.02	
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>	05.02 – 11.02	
3.	<i>Аналіз вимог та особливостей побудови системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антен</i>	25.04 – 06.05	
4.	<i>Проектування апаратного забезпечення систем</i>	07.05 – 20.05	
5.	<i>Реалізація програмного забезпечення та тестування системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антен</i>	21.05 – 08.06	
6.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	10.06 – 15.06	
7.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	16.06 – 20.06	
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	14.06	
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	24.06 – 28.06	

Студент

_____ (підпис)

Кондратюк Роман Богданович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Варавін Антон Валерійович

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Кондратюк Роман Богданович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, Кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІ-41 // Тернопіль, 2024 // с. – 65, рис. – 25, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 13.

Ключові слова: система, передавач, мікроконтролер, бездротовий зв'язок, приймач, дистанційне керування.

Під час проєктування кваліфікаційної роботи виконано зазначеної мети щодо реалізації комп'ютеризованої система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени за допомогою крокових двигунів.

Апаратне забезпечення проєкту містить радіо модуль на частоті 2400 - 2524 МГц, крокові двигуни, OLED дисплей з роздільною здатністю дисплея 128*32, джойстик X/Y, мікроконтролер ESP32-WROOM-32D. Програмне забезпечення розроблено для функціонування системи в цілому за допомогою мови програмування C/C++ та бібліотек, які знаходяться у відкритому доступі.

ANNOTATION

Computerized system for remote control of the tilt of an external antenna // Qualification work for obtaining a bachelor's degree // Kondratyuk Roman Bogdanovych // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Systems and networks, group SI-41 // Ternopil, 2024 // p. – 65, fig. – 25, sheets A1 – 4, bibliography. - 13.

Key words: system, transmitter, microcontroller, wireless communication, receiver, remote control.

During the design of the qualification work, the stated goal of implementing a computerized system for remote control of the tilt of the external antenna using stepper motors was fulfilled.

The hardware of the project includes a radio module at a frequency of 2400 - 2524 MHz, stepper motors, an OLED display with a display resolution of 128*32, an X/Y joystick, an ESP32-WROOM-32D microcontroller. The software is developed for the functioning of the system as a whole using the C/C++ programming language and libraries that are in the public domain.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ ЗОВНІШНЬОЇ АНТЕН	10
1.1 Аналіз існуючих систем дистанційного керування нахилом зовнішніх антен	10
1.2 Аналіз технічного завдання	13
1.3 Вимоги до розробки системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ.....	17
2.1 Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен	17
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення	19
2.2.1 Мікроконтролер ESP32-WROOM-32D	19
2.2.2 OLED дисплей SSD1306	21
2.2.3 Крокові двигуни 28BYJ-48	22
2.2.4 Модуль бездротового зв'язку nrf24l01 E01-ML01DP5	23
2.3 Реалізація алгоритму комп'ютеризованої системи	24
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ ЗОВНІШНЬОЇ АНТЕН	32
3.1 Обґрунтування середовища розробки	32
3.2 Розробка програми для системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен	34
3.3 Макетування та тестування спроектованої комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен	41

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Кондратюк Р.Б.			Комп'ютерна система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Варавін А.В.					6	2
<i>Реценз.</i>		Ясній О.П.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
<i>Н. контр.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Затверд.</i>		Осухвіська Г.						

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	48
4.1 Забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах роботи з антенними системами	48
4.2 Основи охорони праці під час роботи з електронними компонентами та системами управління	50
ВИСНОВОК.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
Додаток А.....	57
Додаток Б	63
Додаток В	65
Додаток Д.....	67
Додаток Е	69
Додаток Ж.....	71
Додаток З	74

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

У сучасному світі інформаційні технології відіграють ключову роль у забезпеченні комунікації та зв'язку між різними об'єктами та системами. З розвитком телекомунікаційних технологій зростає потреба у високоякісному та надійному зв'язку, особливо у віддалених та важкодоступних місцях. У цьому контексті системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен набувають все більшого значення.

Зовнішні антени є невід'ємною частиною багатьох комунікаційних систем, включаючи супутниковий зв'язок, військові комунікації, астрономічні дослідження та інші галузі, де необхідний стабільний та якісний зв'язок. Проте ефективність роботи антен значною мірою залежить від точного налаштування їхнього положення, що може бути складним завданням у польових умовах або при необхідності частих коригувань.

Для програміста розробка системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени представляє цікаве і складне завдання, яке вимагає інтеграції апаратного та програмного забезпечення. Вибір мікроконтролера ESP32 як основного елементу управління забезпечує високий рівень гнучкості та функціональності завдяки своїм потужним обчислювальним можливостям і підтримці бездротового зв'язку. Програмування ESP32 дозволяє реалізувати різні алгоритми керування та оптимізації, використовуючи середовище розробки Arduino IDE, що забезпечує зручний інтерфейс для написання коду та тестування.

Створення такої системи дозволяє вирішити проблему точного налаштування антен без фізичної присутності оператора. Програмісти можуть реалізувати інтерфейси для віддаленого управління, використовуючи технології Wi-Fi або Bluetooth, що дозволяє здійснювати налаштування з будь-якої точки світу. Це значно підвищує ефективність роботи антен, знижує витрати на технічне обслуговування, підвищує безпеку обслуговуючого персоналу та забезпечує гнучкість і адаптивність у різних умовах експлуатації.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розробка таких систем також включає врахування питань безпеки даних та надійності зв'язку, що є критично важливими для забезпечення стабільної роботи. Для цього використовуються сучасні криптографічні протоколи та методи шифрування даних, що забезпечують захист інформації від несанкціонованого доступу.

Результати цієї роботи можуть бути корисними для інженерів та розробників, що працюють у сфері телекомунікацій та автоматизації, а також для науковців, які досліджують нові підходи до віддаленого керування та моніторингу технічних систем. Програмісти, що спеціалізуються на вбудованих системах, знайдуть у цьому проекті цікавий виклик та можливість застосувати свої знання для створення високотехнологічного рішення, яке може змінити підхід до управління антенами у телекомунікаційній індустрії.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ ЗОВНІШНЬОЇ АНТЕН.

1.1 Аналіз існуючих систем дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Ми живемо в час, коли телекомунікації та зв'язок є дуже важливими, і дистанційне керування нахилом зовнішніх антен стало критично важливим. Це необхідно для точного налаштування антен, щоб забезпечити стабільний сигнал та мінімізувати інтерференцію. Є різні системи дистанційного керування антенами, кожна з яких має свої плюси та мінуси.

Однією з найпопулярніших систем є Yaesu G-5500 її ви можете розглянути на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Система керування нахилом зовнішніх антен Yaesu G-5500

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Кондратюк Р.Б.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Варавін А.В.				10	7
<i>Реценз.</i>		Ясній О.П.			ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
<i>Н. контр.</i>		Тиш Є.В.					
<i>Затверд.</i>		Осухвіська Г.					
Комп'ютерна система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени							

Вона використовується в аматорських радіомережах та супутниковому зв'язку. Ця система дозволяє точно керувати антеною у двох осях – азимуті та підйомі. Її головні переваги – надійність та довговічність. Завдяки потужним сервоприводам та можливості програмувати декілька положень антени, ця система забезпечує стабільний та якісний зв'язок.

Інша система яку ми розглянемо буде M2 RC2800PX. Вона також дозволяє керувати антеною по двох осях та підходить для великих антен, таких як параболічні відбивачі. M2 RC2800PX має високу потужність та здатна витримувати важкі антени. У неї зручний інтерфейс для управління, що дозволяє легко налаштовувати різні параметри, приклад повороткої системи та модуля керування зображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Система керування нахилом зовнішніх антен M2 RC2800PX

Однак, висока ціна може стати перешкодою для деяких користувачів. Але для професійного використання, де надійність і потужність є важливими, ця система є чудово відійде.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Система Green Heron RT-21 виділяється сучасним підходом до керування антенами. Вона підтримує дистанційне керування через мережу, що дозволяє налаштовувати антену в незалежності від місця знаходження. Green Heron RT-21 також сумісна з іншими системами автоматизації, що робить її дуже зручною у використанні зовнішній вигляд системи зображено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Система керування нахилом зовнішніх антен Green Heron RT-21

Однак, для її встановлення та налаштування потрібні додаткові технічні знання. Для тих, хто цінує сучасні технології та можливість віддаленого керування, ця система є ідеальним вибором.

Керувати антенами можна різними способами: вручну, автоматично та дистанційно. Ручне управління означає, що оператор сам фізично налаштовує антену, що не дуже зручно та точно, особливо якщо положення антени потрібно часто змінювати. Автоматичне управління використовує програмовані контролери, які автоматично змінюють положення антени відповідно до заданих параметрів або сигналів. Дистанційне управління дозволяє оператору керувати антеною з будь-якого місця через інтернет або інші комунікаційні мережі. Це забезпечує високу

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

гнучкість та ефективність роботи, оскільки оператор може швидко реагувати на зміни сигналу без необхідності бути поруч з антеною.

Кожна з систем має свої унікальні особливості та переваги. Вибір залежить від конкретних потреб користувача, умов експлуатації та фінансових можливостей. Yaesu G-5500 підійде для тих, хто шукає надійне та довговічне рішення за помірною ціною. M2 RC2800PX – для великих антен, де важливі потужність та зручність управління. Green Heron RT-21 – для користувачів, які потребують сучасних функцій дистанційного управління через інтернет та інтеграції з іншими системами.

1.2 Аналіз технічного завдання

Радіочастотна (RF) технологія є дуже важливою для дистанційного керування і широко використовується в різних сферах завдяки своїм перевагам. Однією з найпоширеніших частот є 2.4 ГГц, яка використовується для бездротових комунікацій через свої унікальні властивості.

Технологія 2.4 ГГц використовує електромагнітні хвилі для передачі даних між передавачем і приймачем. Ця частота належить до вільного ISM-діапазону (Industrial, Scientific and Medical), що означає, що її можна використовувати без ліцензії у багатьох країнах. Передавач генерує радіосигнал, який передається через антену і приймається приймачем. Приймач декодує сигнал і передає його кінцевому пристрою для виконання певної дії.

Технологія 2.4 ГГц забезпечує стабільний зв'язок на відстанях до 100 метрів при прямій видимості. Це дозволяє використовувати її для керування пристроями на значних відстанях без проводів. Радіочастотна технологія стійка до електромагнітних перешкод, що робить її надійною навіть у складних умовах. Частота 2.4 ГГц дозволяє досягати високих швидкостей передачі даних, що важливо для систем, де потрібно передавати великі обсяги інформації або забезпечувати низьку затримку в управлінні. Завдяки своїй популярності, 2.4 ГГц використовується у багатьох пристроях і системах, таких як Wi-Fi, Bluetooth, бездротові телефони тощо.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

У системах дистанційного керування нахилом зовнішньої антени технологія 2.4 ГГц забезпечує надійний зв'язок між контролером і виконавчими механізмами. Наприклад, модуль nrf24l01 E01-ML01DP5, який працює на частоті 2.4 ГГц, дозволяє створювати бездротові мережі з низьким енергоспоживанням і високою швидкістю передачі даних.

Цей модуль можна використовувати для передачі команд від контролера до крокових двигунів, які регулюють кут нахилу антени. Це забезпечує точне і швидке налаштування антени для досягнення оптимальної якості сигналу. Система також може використовувати зворотний зв'язок для моніторингу стану антени та її компонентів. Дані про поточний кут нахилу, стан механізмів та рівень сигналу можуть передаватися назад до контролера для аналізу та коригування налаштувань.

Радіочастотна технологія дозволяє легко масштабувати систему, додаючи нові антени або контролери без значних змін в існуючій інфраструктурі. Це особливо корисно для великих систем, де потрібно керувати кількома антенами одночасно. Використання бездротових модулів спрощує процес встановлення та налаштування системи, оскільки немає потреби прокладати кабелі між компонентами. Це знижує витрати на монтаж і технічне обслуговування.

Технологія 2.4 ГГц є ефективним рішенням для дистанційного керування, завдяки більш довгим діапазонам та передачі через стіни та тверді об'єкти. Її застосування в системах дистанційного керування нахилом зовнішньої антени дозволяє досягти точного і швидкого керування, забезпечуючи оптимальну якість зв'язку та знижуючи витрати на обслуговування.

1.3 Вимоги до розробки системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Створення системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени має кілька важливих цілей. Це покращує якість зв'язку, підвищує ефективність роботи антен і забезпечує зручність для користувачів. У сучасному світі, де інформація і

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

комунікації відіграють ключову роль, така система стає дуже корисною у багатьох галузях.

Однією з головних цілей є забезпечення стабільного і якісного зв'язку. Завдяки точному регулюванню кута нахилу антени, система допомагає знизити втрати сигналу та зменшити перешкоди. Це особливо важливо для надійного зв'язку в умовах великої конкуренції на радіочастотах.

Для забезпечення високої ефективності та надійності системи, потрібно враховувати певні вимоги до технічних компонентів. Використання сучасних мікроконтролерів, модулів бездротового зв'язку та індикаторів забезпечує необхідний рівень продуктивності та функціональності.

Система повинна бути стійкою до зовнішніх перешкод і працювати стабільно навіть за нестабільного живлення або зміни умов середовища. Використання ESP32 та nRF24L01 E01-ML01DP5 забезпечує надійний бездротовий зв'язок і резервування каналів передачі даних.

Модуль бездротового зв'язку nRF24L01 E01-ML01DP5 працює в ISM діапазоні 2.4 ГГц з швидкістю передачі даних до 2 Мбіт/с і має інтерфейс підключення SPI, що добре адаптований під ESP32. Ось основні технічні характеристики ESP32-WROOM-32D:

- Процесор: Двоядерний 32-бітний Tensilica Xtensa LX6 з частотою до 240 МГц.
- Пам'ять: 520 КБ SRAM, до 16 МБ зовнішньої флеш-пам'яті.
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n, підтримка Wi-Fi Direct.
- Bluetooth: BLE (Bluetooth Low Energy) та класичний Bluetooth.
- Входи/виходи: До 34 GPIO, підтримка I2C, SPI, UART, PWM, ADC, DAC.

Всі компоненти системи повинні мати низьке енергоспоживання для тривалої автономної роботи. ESP32 та SSD1306 відомі своїм низьким енергоспоживанням, що дозволяє значно знизити витрати на живлення.

Кроковий двигун 28BYJ-48 забезпечує високоточне позиціонування антени, що є критично важливим для досягнення оптимальної якості сигналу. Його

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

редукторний механізм дозволяє точно контролювати кут нахилу. Двигун 28BYJ-48 ідеально підходить для цього проекту завдяки своїм характеристикам:

- Напруга живлення: 5 В.
- Кроковий кут: 5.625 градусів/крок (64 кроки на оберт).
- Редуктор: 1/64 редуктор, що забезпечує високий крутний момент.
- Максимальний струм: 240 мА на фазу.
- Тип двигуна: Уніполярний, 4-фазний.

Ці характеристики роблять 28BYJ-48 оптимальним вибором для системи дистанційного керування нахилом антени, забезпечуючи точність, надійність і ефективність.

Використання двоосьового джойстика KY-023 та OLED дисплея SSD1306 забезпечує зручний та зрозумілий інтерфейс для оператора, що спрощує процес керування системою та моніторингу її стану.

Всі компоненти системи повинні легко інтегруватися один з одним та з існуючими системами управління. Інтерфейси ESP32 та nRF24L01 E01-ML01DP5 дозволяють легко підключати додаткові модулі та датчики для розширення функціональності системи.

Вимоги до системи дистанційного керування нахилом антени включають надійність, ефективність енергоспоживання, точність керування, зручність користувацького інтерфейсу та сумісність з існуючими системами. Використання сучасних технічних компонентів, таких як ESP32, nRF24L01 E01-ML01DP5, 28BYJ-48, SSD1306 та двохосьовий джойстик KY-023, забезпечує високу продуктивність та надійність роботи системи в різних умовах експлуатації. Якщо використовувати кілька антен, система забезпечує їх синхронізовану роботу для досягнення максимального ефекту та якості зв'язку.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ ЗОВНІШНІХ АНТЕН

2.1 Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Розробка структурної схеми є важливим етапом у створенні комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени. Структурна схема дозволяє візуалізувати компоненти системи та їх взаємодію, що сприяє кращому розумінню функціонування системи та полегшує її подальшу розробку і налагодження. Для реалізації системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени використовуються наступні основні компоненти:

- Мікроконтролер ESP32.
- Модуль бездротового зв'язку nrf24l01 E01-ML01DP5.
- Крокові двигуни 28BYJ-48 з драйверами.
- OLED дисплей SSD1306.
- Двохосьовий ХУ джойстик KY-023.

На основі описаних компонентів розроблена структурна схема комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени, що включає такі етапи з'єднання:

- Крокові двигуни 28BYJ-48 підключити до цифрових портів мікроконтролера ESP32 через драйвери двигунів. Це забезпечить точне керування кроковими двигунами, необхідне для зміни кута нахилу антени.
- OLED дисплей SSD1306 під'єднати до інтерфейсу I2C мікроконтролера ESP32. Вибір інтерфейсу залежить від конфігурації дисплея.
- Двохосьовий ХУ джойстик KY-023 підключити до аналогових портів мікроконтролера ESP32.

					КС КРБ 123.119.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Кондратюк Р.Б.			Комп'ютерна система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Варавін А.В.					17	15
<i>Реценз.</i>		Ясній О.П.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
<i>Н. контр.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Затверд.</i>		Осухвіська Г.						

- Модуль бездротового зв'язку nrf24l01 E01-ML01DP5 підключити до SPI портів мікроконтролера ESP32. SPI інтерфейс забезпечить швидку та надійну передачу даних між мікроконтролером та модулем бездротового зв'язку для віддаленого керування системою [1].

Розглянемо як виглядає готова спроектована схема комп'ютеризованої системи на рис. 2.1.

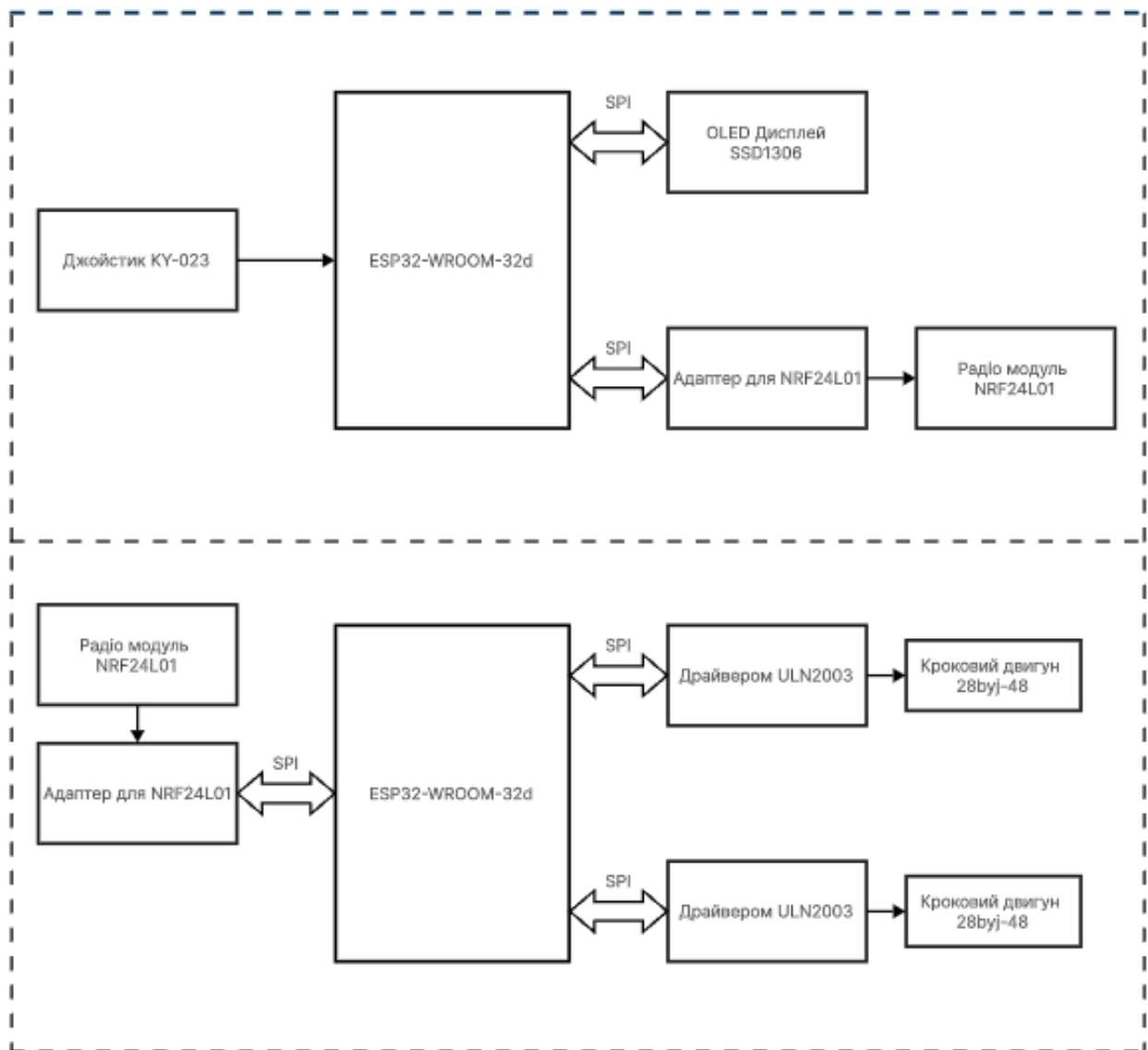


Рисунок 2.1 – Структурна схема спроектованої системи

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

2.2.1 Мікроконтролер ESP32-WROOM-32D

Мікроконтролер ESP32-WROOM-32D є одним з найпотужніших і універсальним рішенням для побудови систем дистанційного керування завдяки своїм унікальним характеристикам. Вигляд плати ESP32-WROOM-32D зображено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Вигляд мікроконтролера ESP32-WROOM-32D

Основні переваги цього мікроконтролера та чому ми його вибрали для нашої системи:

- Велика кількість GPIO та підтримка різних інтерфейсів дозволяють легко підключати додаткові сенсори, дисплеї та інші компоненти. Це означає, що ми можемо легко розширювати можливості системи за потреби, роблячи її більш універсальною.

- Потужний процесор і велика пам'ять дозволяють виконувати складні обчислення, які потрібні для обробки сигналів та точного керування кроковими двигунами. Це забезпечує ефективне та точне налаштування кута нахилу антени, що покращує якість прийому та передачі сигналу.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Низьке енергоспоживання робить ESP32-WROOM-32D ідеальним для автономних систем, які працюють від акумуляторів або в умовах обмеженого живлення. Це особливо важливо для систем, які встановлені у важкодоступних або віддалених місцях, де важко дістатися до джерел живлення.

Ці характеристики роблять ESP32-WROOM-32D чудовим вибором для нашої системи дистанційного керування нахилом антени. Технічні характеристики:

- Wi-Fi Стандарти: FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC.
- Протоколи: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n до 150 Мбіт/с).
- A-MPDU та A-MSDU підтримка та підтримка захисного інтервалу в 0.4 сек.

- Частотний діапазон: 2.4 ~ 2.5 ГГц.
- Bluetooth Протоколи: Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE specification.
- Радіо NZIF приймач із чутливістю: -98 dBm.
- Передавач: Class-1, Class-2 та Class-3 AFH.
- Аудіо: CVSD та SBC.
- Апаратні засоби та інтерфейси: SD, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, I2C, IR.

- GPIO, сенсорний датчик, ADC, DAC, LNA підсилювач.
- Датчики на борту: Hall sensor, температурний датчик.
- Генератори: кварцовий 26 МГц та 32 кГц.
- Харчування: 5 В.
- Робочий струм (середній): 80 мА.
- Діапазон робочих температур: -40 ° С ~ 85 ° С.
- Програмне забезпечення: Режими Wi-Fi Station/softAP/SoftAP+station/P2P.

- Захист: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS.
- Шифрування: AES/RSA/ECC/SHA.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- Оновлення ПЗ: UART / OTA (по мережі) / завантаження та запис прошивки через хост.
- Розробка програм: Розробка хмарних серверів/SDK для розробки кастомних прошивок.
- Мережеві протоколи: IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT.
- Налаштування користувача: Набір інструкцій АТ, хмарний сервер, додаток для Android / iOS.

Мікроконтролер ESP32 забезпечує надійну та ефективну роботу системи, відповідаючи всім технічним вимогам та умовам експлуатації. Це робить його оптимальним вибором для реалізації цього проекту.

2.2.2 OLED дисплей SSD1306

OLED дисплей SSD1306 є важливим компонентом в системі дистанційного керування нахилом зовнішньої антени. Цей дисплей вирізняється високою якістю зображення та низьким енергоспоживанням, що робить його ідеальним для таких систем. Він може відображати текст та графіку різних розмірів і стилів, що дозволяє легко виводити корисну інформацію для користувача.

В системі дистанційного керування нахилом антени OLED дисплей використовується для показу поточного кута нахилу антени, стану системи та інших параметрів. Це допомагає оператору легко контролювати роботу системи і швидко реагувати на будь-які зміни або проблеми. Дисплей підключений до мікроконтролера ESP32 через інтерфейс I2C або SPI, що забезпечує швидкий та надійний обмін даними між компонентами системи. Характеристики:

- Драйвер дисплея: SSD1306.
- Інтерфейс: I2C (адреси пристрою 0x3C).
- Робоча напруга: 3,3В.
- Роздільна здатність: 128x64.
- Розмір дисплея: 0.96-дюйма.
- Колір синій.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Кут огляду: $>160^\circ$.
- Розміри: 2.7 см x 2.9 см.
- Робоча температура: від 20°C до 70°C .

Завдяки своїм характеристикам та функціональності, OLED дисплей SSD1306 додає до системи зручність та ефективність у відображенні важливої інформації для користувача. Цей компонент є невід'ємною частиною сучасних систем управління та контролю, дозволяючи забезпечити зручність та точність у відображенні даних.

2.2.3 Крокові двигуни 28BYJ-48

Крокові двигуни 28BYJ-48 зображено на рис. 2.3 ідіграють важливу роль у системі дистанційного керування нахилом зовнішньої антени. Вони відзначаються високою точністю позиціонування та низьким рівнем вібрацій, що робить їх ідеальними для точного керування антеною. Крокові двигуни забезпечують механічне переміщення антени, змінюючи її кут нахилу з високою точністю та стабільністю.



Рисунок 2.3 – Кроковий двигун 28BYJ-48

У системі дистанційного керування крокові двигуни підключені до мікроконтролера ESP32 через спеціальні драйвери, що забезпечують точне керування та керування напругою. Це дозволяє реалізувати плавні та стабільні рухи антени з високою точністю. Крокові двигуни 28BYJ-48 забезпечують надійну та

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

ефективну роботу системи, що дозволяє забезпечити високу якість зв'язку та стабільність управління антеною.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 5V.
- Номінальна швидкість: 15 об/хв.
- Максимальна швидкість: 25 об/хв.
- Кількість кроків ротора: 64.
- Струм: кожна обмотка 160 mA, в 4-кроковому режимі - 320 mA, при швидкому обертанні - 200 mA.
- Опір фаз при вимірюванні від дроту живлення: 41 Ом.
- Коефіцієнт редукції 1/64.
- Кут кроку двигуна без урахування редуктора: при 4-ступінчастій послідовності 11,25° (32 кроки на оборот), при 8-ступінчастій послідовності 5,625° (64 кроки на оборот).
- Кількість кроків валу мотора за один оборот: у 4-ступінчастій послідовності $32 \times 64 = 2048$, у 8-ступінчастій послідовності $64 \times 64 = 4096$.
- Крутний момент: не менше 34,3 Nm (120 Hz).
- Крутний момент 600–1200 г/см.
- Тяга 300 гр/см.
- Ізоляція класу А.
- Вага 33g.

2.2.4 Модуль бездротового зв'язку nrf24l01 E01-ML01DP5

Модуль бездротового зв'язку nRF24L01 E01-ML01DP5 – це маленький, ефективний та потужний пристрій, який використовується для бездротового зв'язку у системах з дистанційним контролем та зв'язком. Він працює на частоті 2.4 ГГц, що дозволяє використовувати його в багатьох країнах без ліцензії.

Цей модуль має вбудовану антену, яка забезпечує надійний зв'язок на відстані до кількох сотень метрів у відкритому просторі. Він також має високу швидкість

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

передачі даних до 2 Мбіт/с, що дозволяє швидко обмінюватися інформацією з іншими пристроями у реальному часі.

Модуль nRF24L01 E01-ML01DP5 підтримує різні режими роботи, такі як передача даних, прийом даних та режими енергозбереження для економії енергії. Він має вбудований контроль передачі та прийому даних, що забезпечує надійний зв'язок навіть у шумному середовищі.

У системі дистанційного керування нахилом зовнішньої антени модуль nRF24L01 E01-ML01DP5 використовується для встановлення бездротового зв'язку між користувачем (через джойстик або інші пристрої управління) та мікроконтролером ESP32. Це дозволяє оператору віддалено керувати нахилом антени для оптимального зв'язку та отримувати зворотний зв'язок про стан системи.

Модуль nRF24L01 E01-ML01DP5 забезпечує швидкий та надійний обмін даними між оператором та мікроконтролером ESP32, дозволяючи дистанційно керувати нахилом антени та отримувати зворотний зв'язок про стан системи.

2.3 Розробка електронно принципової схеми та моделювання схеми з'єднань компонентів системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Розробка електронної схеми для системи дистанційного керування антеною починається з вибору компонентів. Наша система використовує мікроконтролер ESP32, крокові двигуни 28BYJ-48, драйвери ULN2003 та модуль nrf24l01 E01-ML01DP5.

ESP32 був обраний через його потужність та енергоефективність. Він керує роботою інших компонентів. Підключення ESP32 до драйверів крокових двигунів важливо виконати правильно через GPIO-піни. Крокові двигуни підключаються до драйвера ULN2003, а піни драйвера - до портів ESP32. Розробимо електронно принципову схему в програмі EasyEDA, результат розробки зображено на рис. 2.4 та на рис. 2.5.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

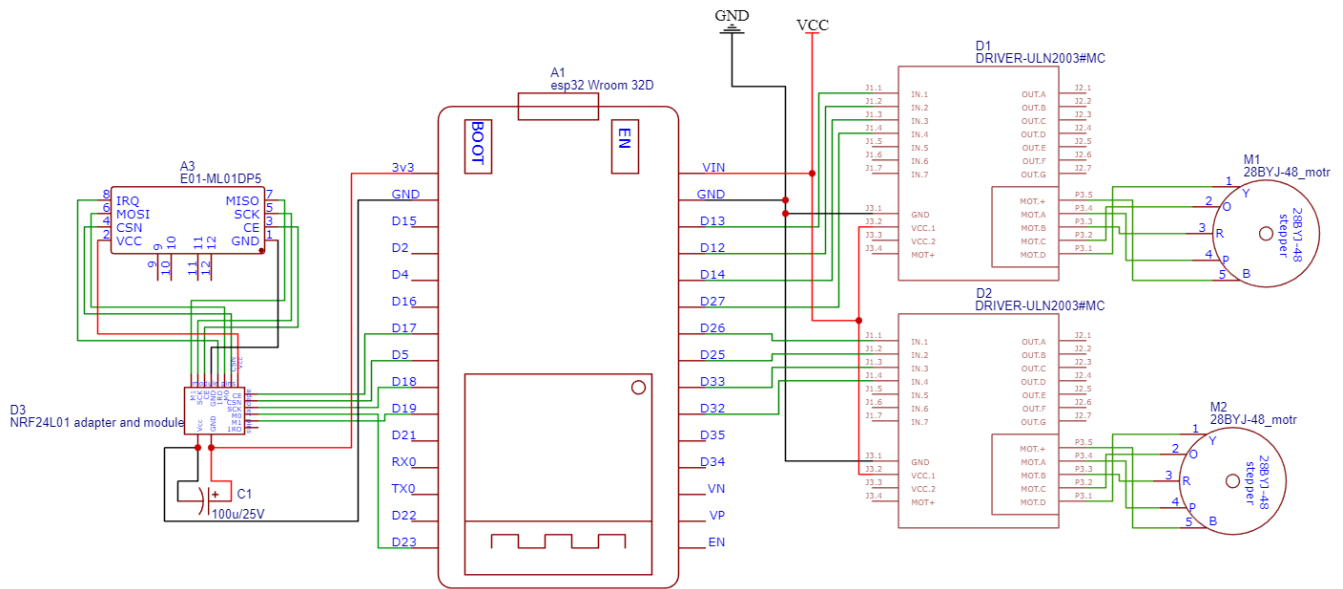


Рисунок 2.4 – Електронно принципова схема приймача

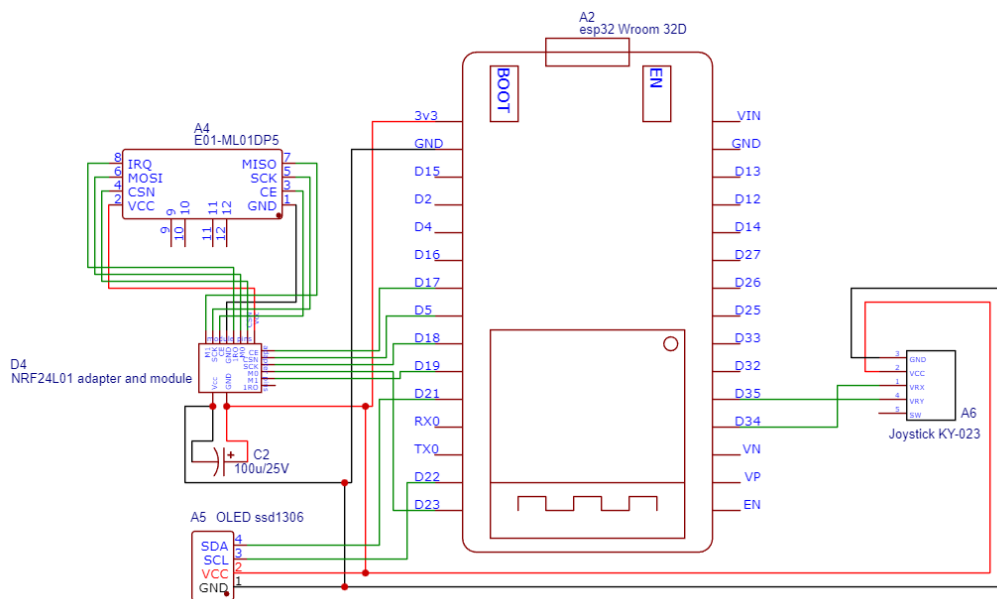


Рисунок 2.4 – Електронно принципова схема передавача

Користування спеціальними програмами для моделювання допомагає виявляти та виправляти проблеми на початкових етапах, що зменшує ризик помилок у реальних умовах. Після успішного створення електронної схеми наступним кроком є розробка схеми з'єднань компонентів. Цей етап включає детальне планування та реалізацію фізичних з'єднань між всіма компонентами системи. Основною метою розробки схеми з'єднань є забезпечення правильного і надійного взаємодії всіх

компонентів системи. Підключення крокових двигунів 28BYJ-48 до драйверів ULN2003, а потім до мікроконтролера ESP32 повинно бути виконане з урахуванням всіх електричних характеристик компонентів. Це включає правильне підключення живлення, заземлення та сигнальних ліній, що забезпечує стабільну роботу системи.

Дуже важливо правильно розташувати всі компоненти на платі, щоб мінімізувати електромагнітні перешкоди та забезпечити оптимальну маршрутизацію сигналів. Високовольтні лінії живлення повинні бути ізольовані від сигнальних ліній, щоб уникнути можливих завад. Для цього піни від 28BYJ-48 ми розташуємо з протилежної сторони від пінів модуля nrf24l01/E01-ML01DP5 в приймачі. В ту ж чергу в передавачі сигнальні проводи від модуль nrf24l01 E01-ML01DP5 перетинатимуться лише з сигнальними проводами OLED SSD1306 [5]. Розглянемо результат моделювання на зображені на рис. 2.5 та на рис. 2.6.

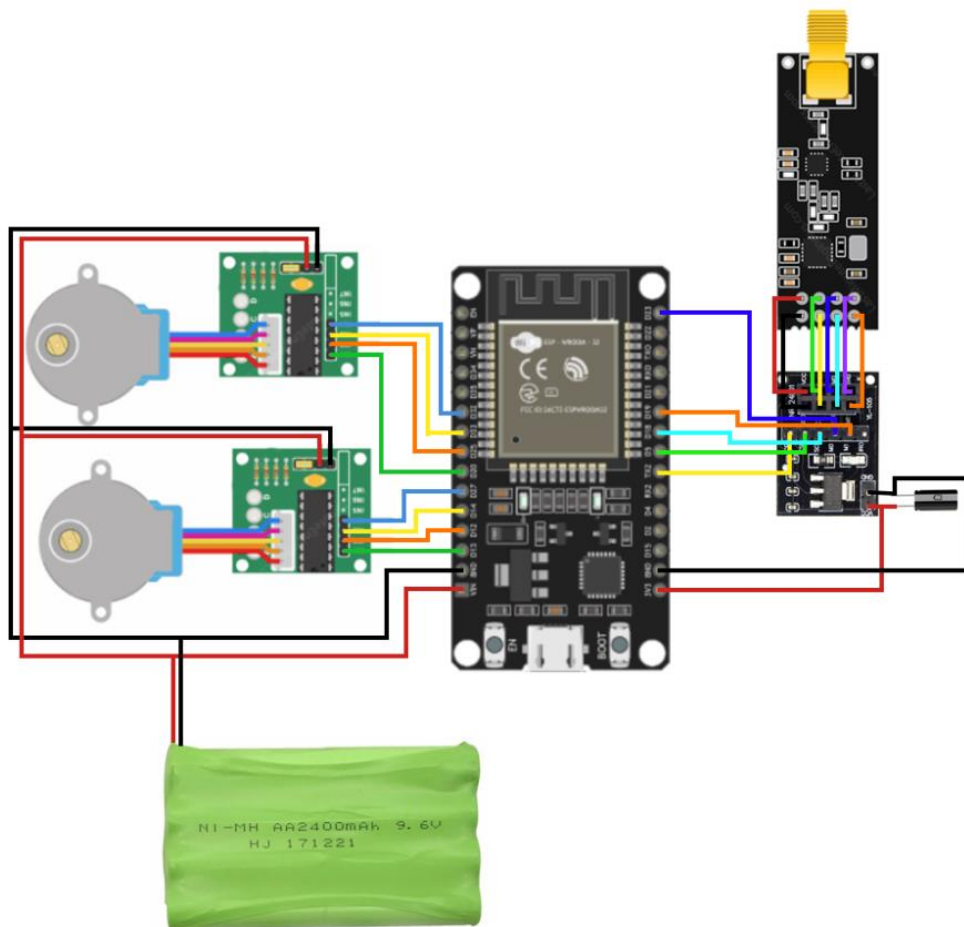


Рисунок 2.5 – Схема з'єднань компонентів приймача

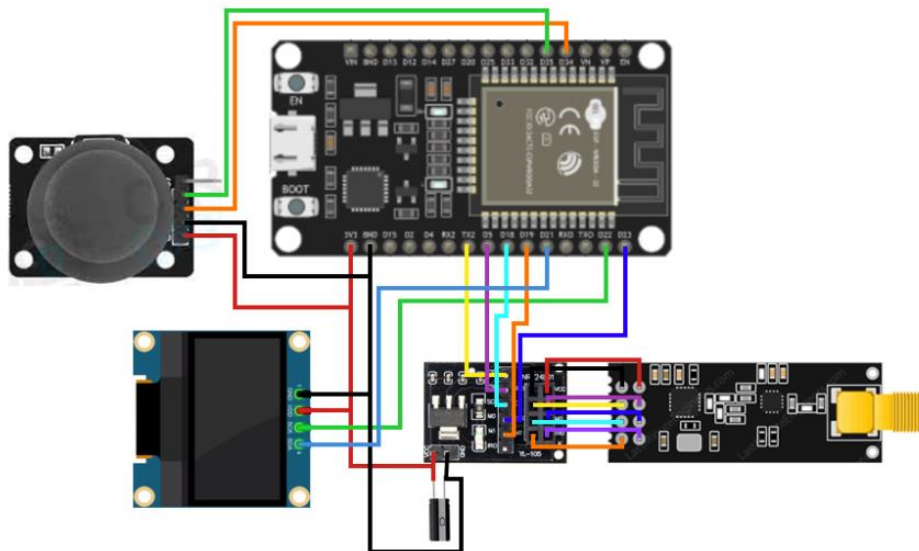


Рисунок 2.6 – схема з'єднань компонентів передавача

На етапі розробки схеми з'єднань також враховуються механічні аспекти монтажу компонентів. Це включає розташування компонентів на платі таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до них для обслуговування і ремонту. Крім того, враховується необхідність забезпечення ефективного охолодження компонентів, що запобігає їх перегріванню та продовжує термін служби системи [3].

Після завершення розробки схеми з'єднань важливо провести її моделювання для перевірки правильності роботи всіх компонентів. На цьому етапі виявляються можливі проблеми та недоліки, які можуть бути усунені до початку виробництва.

2.4 Реалізація алгоритму комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Після відповідного налаштування апаратної частини, наступним етапом проектування системи є створення алгоритму. Цей алгоритм є ключовим для забезпечення правильної роботи системи та виконання всіх необхідних функцій.

Алгоритм комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішньої антени базується на кількох важливих компонентах та технологіях, які спільно працюють для забезпечення ефективності та надійності системи.

На початковому етапі реалізації встановлюється мікроконтролер ESP32 як центральний блок керування системою. ESP32 приймає сигнали від джойстика KY-023, що дозволяє оператору вручну визначати напрямок та швидкість руху антени. Ці дані обробляються мікроконтролером для подальшого керування кроковими двигунами 28BYJ-48, які відповідають за переміщення антени та зміну її кута нахилу.

Одночасно, модуль бездротового зв'язку nRF24L01 E01-ML01DP5 використовується для віддаленого керування антеною. Цей модуль дозволяє передавати команди від оператора до мікроконтролера ESP32 через бездротовий зв'язок на частоті 2.4 ГГц, що забезпечує ефективне керування антеною на відстані, що є важливим для дистанційних застосувань.

Для відображення інформації про стан системи та її параметри використовується OLED дисплей SSD1306. Цей дисплей дозволяє оператору в реальному часі бачити поточний кут нахилу антени, стан системи та інші важливі показники, що допомагає оператору приймати своєчасні рішення та контролювати роботу системи.

Проаналізувавши перелік задач, які повинна виконувати комп'ютеризована система, було складено блок-схему алгоритму. На рис. 2.7 зображено підпрограму, яка відповідає за передачу даних для дистанційного керування.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

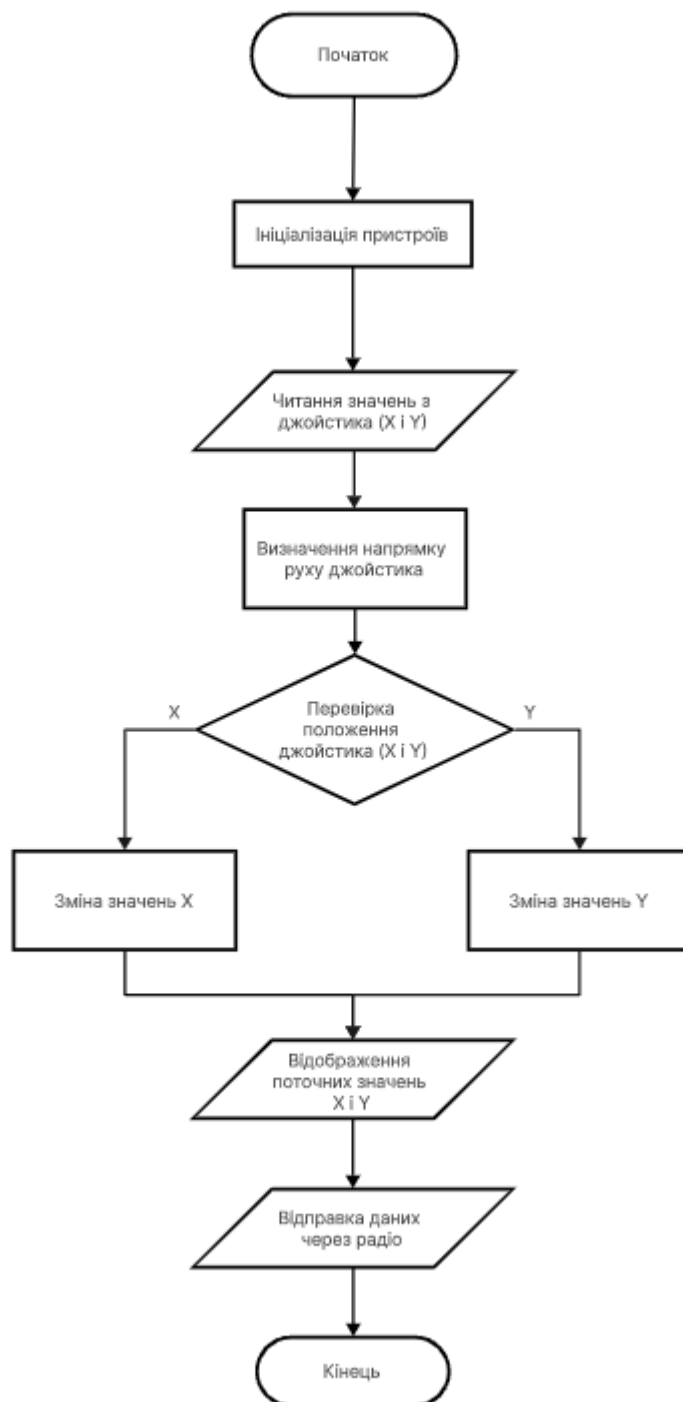


Рисунок 2.7 – Блок-схема алгоритму передавача

Для коректної взаємодії було розроблено алгоритм для зчитування даних які передаються по радіо каналу для керування кроковими двигунами що зображено на рис. 2.8.

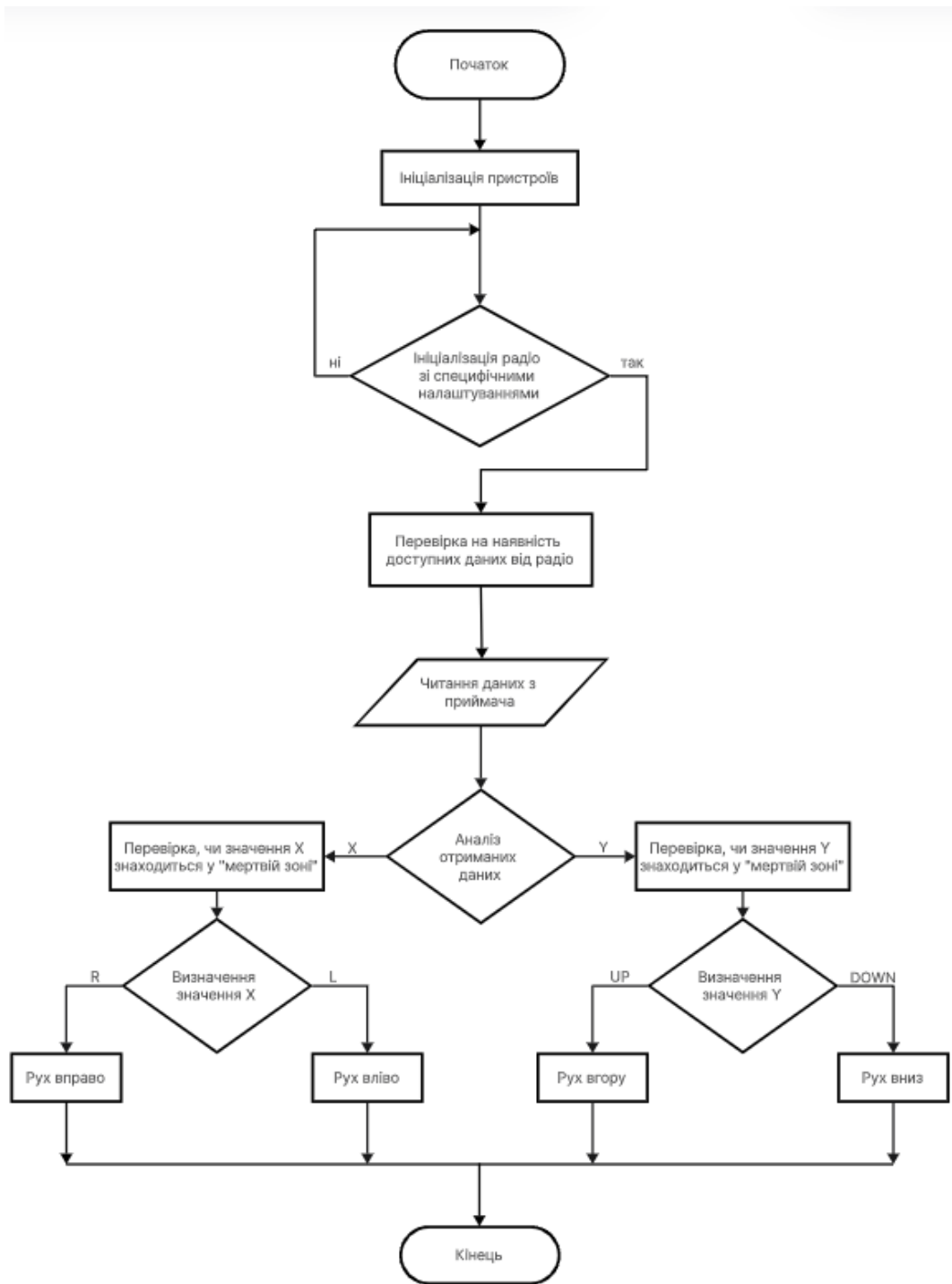


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму приймача

Загальна реалізація алгоритму дозволяє створити ефективну та надійну систему дистанційного керування нахилом зовнішньої антени, яка може бути успішно використана у різних областях, від телекомунікацій до астрономічних спостережень.

РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАХИЛОМ ЗОВНІШНЬОЇ АНТЕН

3.1 Обґрунтування середовища розробки програмного забезпечення

Найкращим варіантом для середовища розробки даної системи розглядатимемо Arduino IDE. Arduino IDE (Integrated Development Environment) – це основний засіб розробки для мікроконтролерів Arduino, водночас з встановленням додаткових бібліотек Arduino IDE відкриває можливості програмування мікроконтролерів ESP32.

Arduino IDE доступний для різних операційних систем і є відкритим для завантаження. Наразі існують дві версії. Версія 2.x є новою головною версією, що працює швидше і має більш потужні можливості, ніж версія 1.x.x. Вона має сучасний редактор і чутливий інтерфейс, а також розширені функції для допомоги користувачам з кодуванням і відлагодженням. Для розробки програмного забезпечення доцільніше використовувати новішу версію 2.x. Інтерфейс програмного середовища зображено на рис. 3.1.

Також необхідно зауважити що написання програмного забезпечення для ESP32 вимагає не лише розуміння в програмуванні але й основи електроніки, по причині взаємодії різного апаратного забезпечення.

Основні бібліотеки які використовувались в програмній складовій являються SPI.h та RF24/nRF24L01.h.

SPI.h - це бібліотека для мови програмування C++, яка надає інтерфейс для роботи з протоколом SPI (Serial Peripheral Interface). Вона дозволяє взаємодіяти з пристроями, що підтримують цей протокол, такими як датчики, дисплеї, пам'ять та інші периферійні пристрої.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Кондратюк Р.Б.			Комп'ютерна система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Варавін А.В.					32	16
<i>Реценз.</i>		Ясній О.П				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
<i>Н. контр.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Затверд.</i>		Осухвіська Г.						

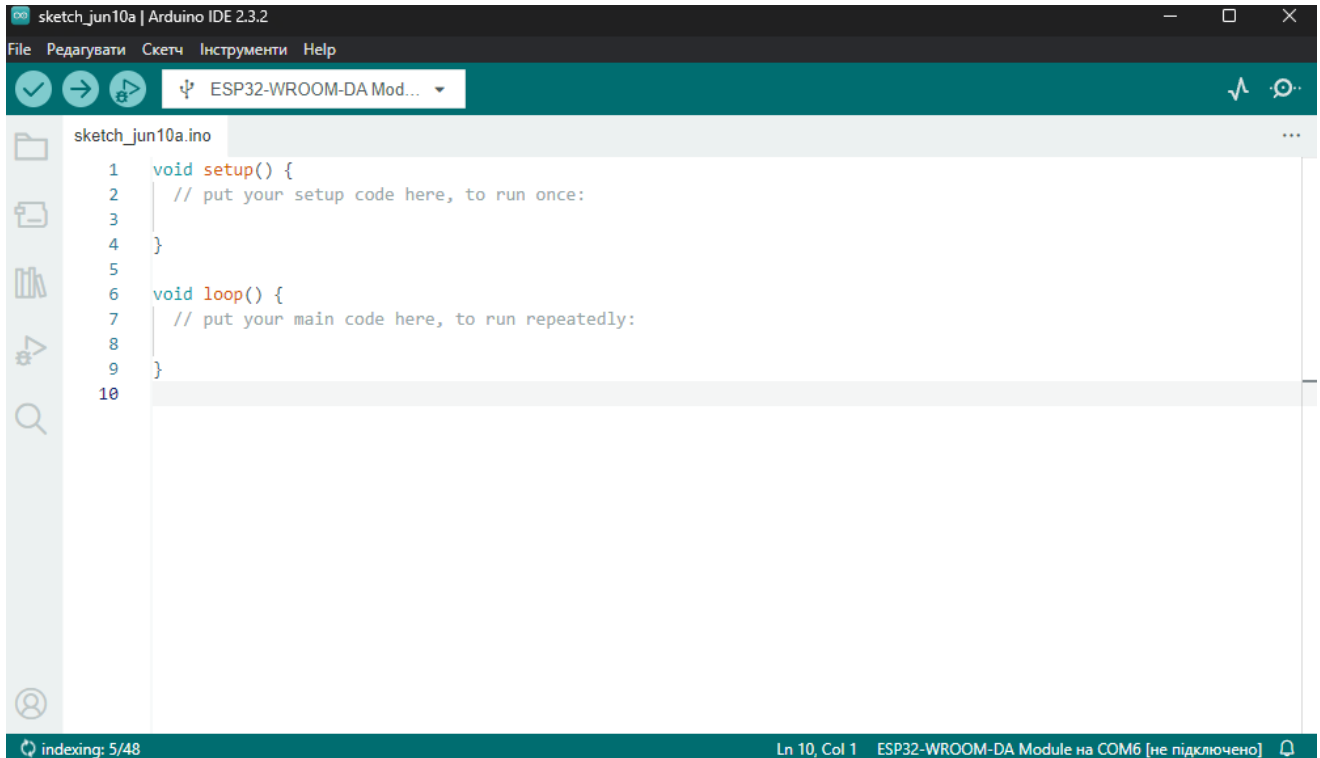


Рисунок 3.1 – Інтерфейс програмного середовища Arduino IDE

Бібліотека SPI.h є важливим інструментом для розробки електронних пристроїв, де потрібна швидка та надійна передача даних між пристроями через SPI протокол.

RF24/nRF24L01.h - це бібліотека для мови програмування C++, яка надає інтерфейс для взаємодії з бездротовим модулем nRF24L01. Цей модуль забезпечує можливість бездротового зв'язку на короткі відстані, і використовується для створення бездротових мереж між мікроконтролерами, сенсорами, або іншими електронними пристроями.

За допомогою бібліотеки RF24/nRF24L01.h можна налаштовувати параметри бездротового зв'язку (такі як частоту, потужність передавача, адреса отримувача та інші), відправляти та отримувати дані через бездротовий зв'язок, а також виконувати інші операції, необхідні для роботи з модулем nRF24L01.

Бібліотека RF24/nRF24L01.h є важливим інструментом для розробки проектів, які потребують бездротового зв'язку, таких як віддалений моніторинг, керування пристроями на відстані.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Stepper.h - це заголовочний файл для бібліотеки крокового двигуна у мові програмування C++. Ця бібліотека дозволяє контролювати крокові двигуни, які використовуються для точного керування рухом у пристроях, таких як принтери 3D, мікрофрезери, чи робототехнічні пристрої.

3.2 Розробка програми для системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Наступним кроком є проектування самої програмної системи. Так як наша система з двох незалежних пристроїв ми розглядатимемо дві окремі програми. На сам перед розглянемо зміні які використовуватимуться в програмах. Перелік використовуваних змінних для програми передавача зображено на рис. 3.2, та для приймача зображений на рис. 3.3.

```
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64

// Піни для OLED
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire);

// Піни для радіо
RF24 radio(17, 5); // піни CE, CSN
const byte addresses[][6] = {"1Node", "2Node"};

// Joystick pins
const int joyX = 34; // аналоговий контакт для підключення
джойстика X
const int joyY = 35; // аналоговий контакт для підключення
джойстика Y
```

Рисунок 3.2 – Лістинг використовуваних змінних передавача

```

#define STEPS 32

#define IN1_X 13
#define IN2_X 12
#define IN3_X 14
#define IN4_X 27

#define IN1_Y 26
#define IN2_Y 25
#define IN3_Y 33
#define IN4_Y 32

// Ініціалізація бібліотек
Stepper stepperX(STEPS, IN4_X, IN2_X, IN3_X, IN1_X);
Stepper stepperY(STEPS, IN4_Y, IN2_Y, IN3_Y, IN1_Y);

RF24 radio(17, 5); // CE, CSN

```

Рисунок 3.3 – Лістинг використовуваних змінних приймача

Для початку передачі даних нам потрібно провести ініціалізацію радіо-каналу для спілкування між системами.

Для цього ми використовуємо функцію «Serial.begin(115200);», яка дозволяє нам встановити з'єднання з послідовним портом. Це дозволяє нам виводити різні повідомлення та інформацію для відлагодження програми на комп'ютері через USB-порт з мікроконтролера ESP32 у реальному часі. Це дуже корисно для відстеження проблем та розуміння того, що відбувається у програмі під час її виконання. Після того, як радіо модуль nRF24L01 ініціалізується, потрібно встановити адресу, на яку будуть відправлені дані. У цьому випадку використовується перша адреса з масиву "addresses". Кожен модуль nRF24L01 має свою адресу для ідентифікації при відправленні або отриманні даних через радіоканал.

Коли радіо модуль переводиться в режим передачі, він припиняє приймати сигнали і фокусується лише на передачі даних. Це важливо, оскільки в режимі передачі радіо модуль економить ресурси, не приймаючи сигнали, що дозволяє зменшити споживання енергії та оптимізувати роботу пристрою. У коді це виконується за допомогою методу "stopListening()", який вимикає режим прослуховування і переводить модуль в режим передачі. Це дозволяє радіо модулю відправляти дані без перешкод від прийому сигналів, що сприяє оптимізації його

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

роботи для передачі даних. Все це реалізовано в наступних рядках коду які зображені на рис. 3.4.

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  radio.begin();  
  radio.openReadingPipe(1, addresses[0]); // Адреса для читання  
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);  
  radio.startListening();  
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг ініціалізації радіо канал

Основний цикл програми виконується постійно після завершення функції «setup()». Цей цикл відповідає за зчитування позицій джойстика, обробку цих даних, відображення на OLED дисплеї та передачу їх через радіоканал.

Функція «analogRead(pin)» зчитує аналогове значення від 0 до 4095 з вказаного аналогового піна. У цьому випадку піни для джойстика X та Y використовуються як аналогові входи.

«center» це центральне значення для джойстика, яке вказує на його положення в центрі. «threshold» це поріг мертвої зони, який визначає мінімальне зміщення, яке потрібно зробити, щоб вважати, що джойстик був рухом. Оновлення значень позиції джойстика в коді відбувається на рис. 3.5.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

```

void loop() {
    int xValue = analogRead(34);
    int yValue = analogRead(35);
    int center = 2048; // Центральне значення для джойстика
    int threshold = 300; // Попіг мертвої зони

    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(2);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);

    // Обробка осі X
    if (xValue > center + threshold) { // Джойстик перемістили
вправо
        if (millis() - lastUpdateTimeX > 228) {
            valueX = (valueX + 1) % 361; // Збільште значення X і
перейдіть на 360 до 0
            lastUpdateTimeX = millis();
        }
    } else if (xValue < center - threshold) { // Джойстик
перемістили вліво
        if (millis() - lastUpdateTimeX > 228) {
            valueX = (valueX - 1 < 0) ? 360 : valueX - 1; // Зменште
значення X і оберніть від 0 до 360
            lastUpdateTimeX = millis();
        }
    }

    // Обробка осі Y (напрямок змінено)
    if (yValue < center - threshold) { // Джойстик перемістився
вгору
        if (millis() - lastUpdateTimeY > 228) {
            valueY = (valueY + 1) % 361; // Збільште значення Y і
перейдіть на 360 до 0
            lastUpdateTimeY = millis();
        }
    } else if (yValue > center + threshold) { // Джойстик
перемістився вниз
        if (millis() - lastUpdateTimeY > 228) {
            valueY = (valueY - 1 < 0) ? 360 : valueY - 1; // Зменште
значення Y і оберніть від 0 до 360
            lastUpdateTimeY = millis();
        }
    }
}

```

Рисунок 3.5 – Лістинг оновлення значень позиції джойстика

Відображення на дисплеї є важливою частиною цього проекту, оскільки саме тут користувач може бачити поточну позицію джойстика по осях X та Y. Використовується OLED дисплей, який має високу якість зображення та низьке споживання енергії.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Очищення дисплею: спочатку дисплей очищається від попередніх даних за допомогою функції «display.clearDisplay();». Це дозволяє очистити екран перед виведенням нових даних.

Налаштування текстового виведення: встановлюються параметри відображення тексту на дисплеї, такі як розмір шрифту та колір. Наприклад, «display.setTextSize(2);» встановлює розмір шрифту 2.

Виведення даних про позицію X та Y: за допомогою функцій «display.print()» та «display.println()» виводяться значення позиції джойстика по осях X та Y на дисплей. Наприклад, «display.print(" X: "); display.println(valueX);» виведе текст " X: " та значення valueX наступним за текстом рядку.

Оновлення дисплею: після виведення даних на дисплей потрібно викликати функцію «display.display();», щоб оновлені дані відобразились на екрані. Реалізацію даної частини можна розглянути на рис. 3.6.

```
display.print(" X: ");  
display.println(valueX);  
display.print(" Y: ");  
display.println(valueY);  
display.display();
```

Рисунок 3.6 – Лістинг відображення значень на екрані

Також розглянемо основну частину коду для керування кроковими двигунами. Створимо два об'єкти stepperX та stepperY для керування кроковими двигунами по осях X та Y відповідно. STEPS вказує на кількість кроків для повного оберту, а піни «IN1_X, IN2_X, IN3_X, IN4_X, IN1_Y, IN2_Y, IN3_Y, IN4_Y» вказують на піни, на яких підключені відповідні крокові двигуни.

Встановлюємо початкову швидкість руху крокових двигунів для двох осей наступними рядками «stepperX.setSpeed(10); stepperY.setSpeed(10);». У цьому випадку швидкість встановлена на 10 обертів за хвилину. Встановлення режиму пінів, які використовуються для керування кроковими двигунами зображено на рис. 3.7.

```

pinMode (IN1_X, OUTPUT);
pinMode (IN2_X, OUTPUT);
pinMode (IN3_X, OUTPUT);
pinMode (IN4_X, OUTPUT);
pinMode (IN1_Y, OUTPUT);
pinMode (IN2_Y, OUTPUT);
pinMode (IN3_Y, OUTPUT);
pinMode (IN4_Y, OUTPUT);
stepperX.setSpeed(10);
stepperY.setSpeed(10);

```

Рисунок 3.7 – Лістинг встановлення режиму пінів

Для основної логіки керування двигунами яка відповідає за рух двигунів у вертикальному та горизонтальному напрямках. Він реагує на вхідні значення джойстика valX та valY і виконує наступні дії:

Керування по осі X:

- Якщо джойстик знаходиться в центральному положенні (між centerLow та centerHigh), обидва двигуни зупиняються.
- Якщо джойстик зміщений вправо (значення valX більше centerHigh), встановлюється швидкість speedX для двигуна по осі X та рух вперед.
- Якщо джойстик зміщений вліво (значення valX менше centerLow), встановлюється швидкість speedX для двигуна по осі X та рух назад.

Керування по осі Y:

- Якщо джойстик знаходиться в центральному положенні (між centerLow та centerHigh), обидва двигуни зупиняються.
- Якщо джойстик зміщений вгору (значення valY більше centerHigh), встановлюється швидкість speedY для двигуна по осі Y та рух вперед.
- Якщо джойстик зміщений вниз (значення valY менше centerLow), встановлюється швидкість speedY для двигуна по осі Y та рух назад.

Все це можна реалізувати рядками коду які зображені на рис. 3.8.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

```

void loop() {
  if (radio.available()) {
    int joystickData[2];
    radio.read(&joystickData, sizeof(joystickData));
    int valX = joystickData[0];
    int valY = joystickData[1];

    int centerLow = 1400; // Налаштування джойстика
    int centerHigh = 2800;

    // Управління двигуном осі X
    if (valX > centerLow && valX < centerHigh) {
      digitalWrite(IN1_X, LOW);
      digitalWrite(IN2_X, LOW);
      digitalWrite(IN3_X, LOW);
      digitalWrite(IN4_X, LOW);
    } else if (valX >= centerHigh) {
      int speedX = map(valX, centerHigh, 4095, 5, 500);
      stepperX.setSpeed(speedX);
      stepperX.step(1);
    } else if (valX <= centerLow) {
      int speedX = map(valX, centerLow, 0, 5, 500);
      stepperX.setSpeed(speedX);
      stepperX.step(-1);
    }

    // Управління двигуном осі Y
    if (valY > centerLow && valY < centerHigh) {
      digitalWrite(IN1_Y, LOW);
      digitalWrite(IN2_Y, LOW);
      digitalWrite(IN3_Y, LOW);
      digitalWrite(IN4_Y, LOW);
    } else if (valY >= centerHigh) {
      int speedY = map(valY, centerHigh, 4095, 5, 500);
      stepperY.setSpeed(speedY);
      stepperY.step(1);
    } else if (valY <= centerLow) {
      int speedY = map(valY, centerLow, 0, 5, 500);
      stepperY.setSpeed(speedY);
      stepperY.step(-1);
    }
  }
}

```

Рисунок 3.8 – Лістинг логіки керування двигунами

Після написання програм для системи, можемо перейти до етапу реалізації та тестування системи на можливі помилки та можливість роботи в різних середовищах.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3.3 Макетування та тестування спроектованої комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен

Макетування комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен є важливим етапом у створенні функціональної та надійної системи. На цьому етапі відбувається фізичне складання всіх компонентів, перевірка їх сумісності та функціональності, а також налагодження роботи системи в цілому.

Перший крок у макетуванні – це підготовка всіх необхідних компонентів. Сюди входять мікроконтролер ESP32, крокові двигуни 28BYJ-48, драйвери ULN2003, джерело живлення та необхідні з'єднувальні дроти. Всі ці компоненти повинні бути перевірені на справність і готові до з'єднання.

Після підготовки компонентів розпочинається безпосередня збірка макету. Основою на якій розташовуватимуться компоненти буде двостороння прототипна плата. З'єднання всіх компонентів виконуватиметься методом пайки всіх компонентів між собою, також для подальшого використання ESP32 ми використаємо конектор мама.

Мікроконтролер ESP32 підключається до драйверів крокових двигунів через GPIO-піни. Кожен драйвер підключається до свого крокового двигуна, забезпечуючи точне управління його рухом. Результат макетування системи зображено на рис. 3.9.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

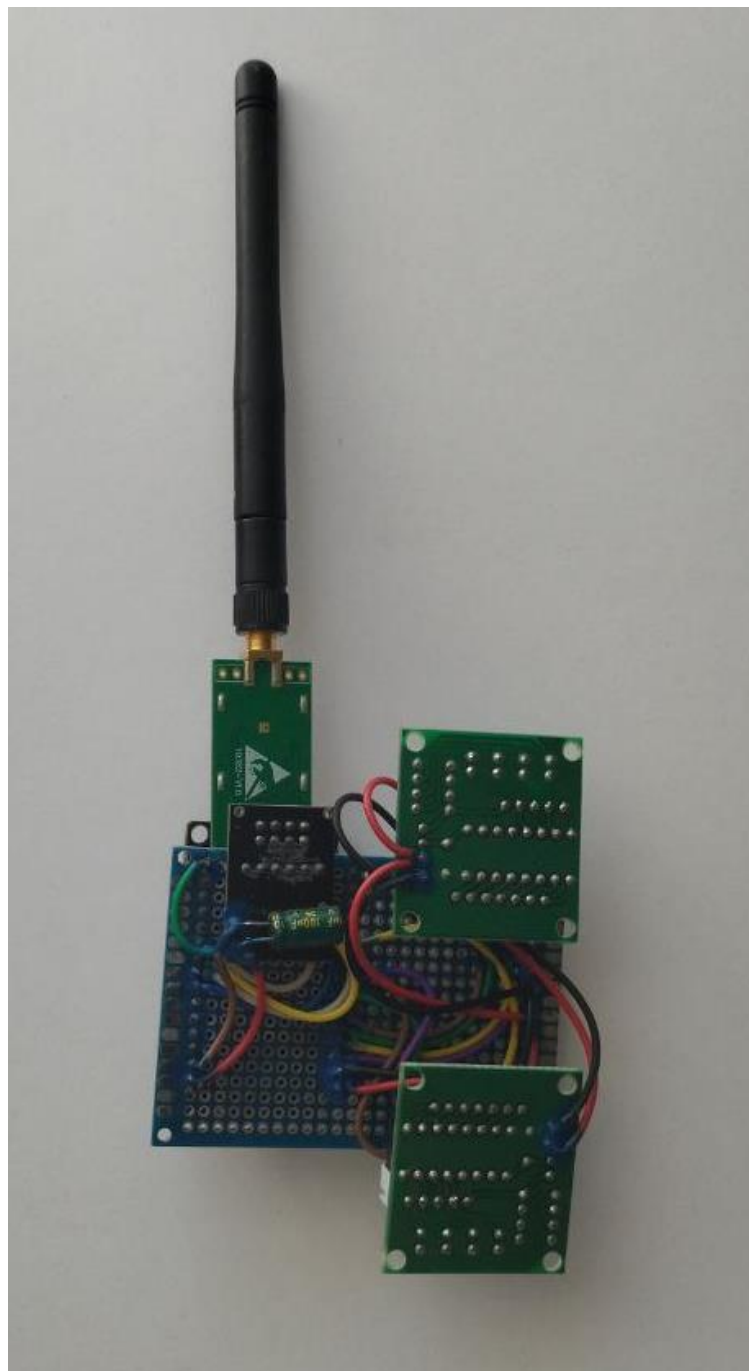


Рисунок 3.9 – Макет моделі приймача

Особливу увагу слід приділити підключенню джерела живлення. Важливо забезпечити стабільне живлення всіх компонентів, використовуючи необхідні стабілізатори та фільтри для уникнення перешкод та перевантажень.

Для модуля передавача нам потрібно підключити дисплей та джойстик для керування. Враховуючи специфіку даних елементів розташуємо їх наступним

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

чином, дисплей SSD1306 знаходиться на прототипній платі, а джойстик буде винесений в сторону. Результат виготовлення зображено на рис. 3.10.

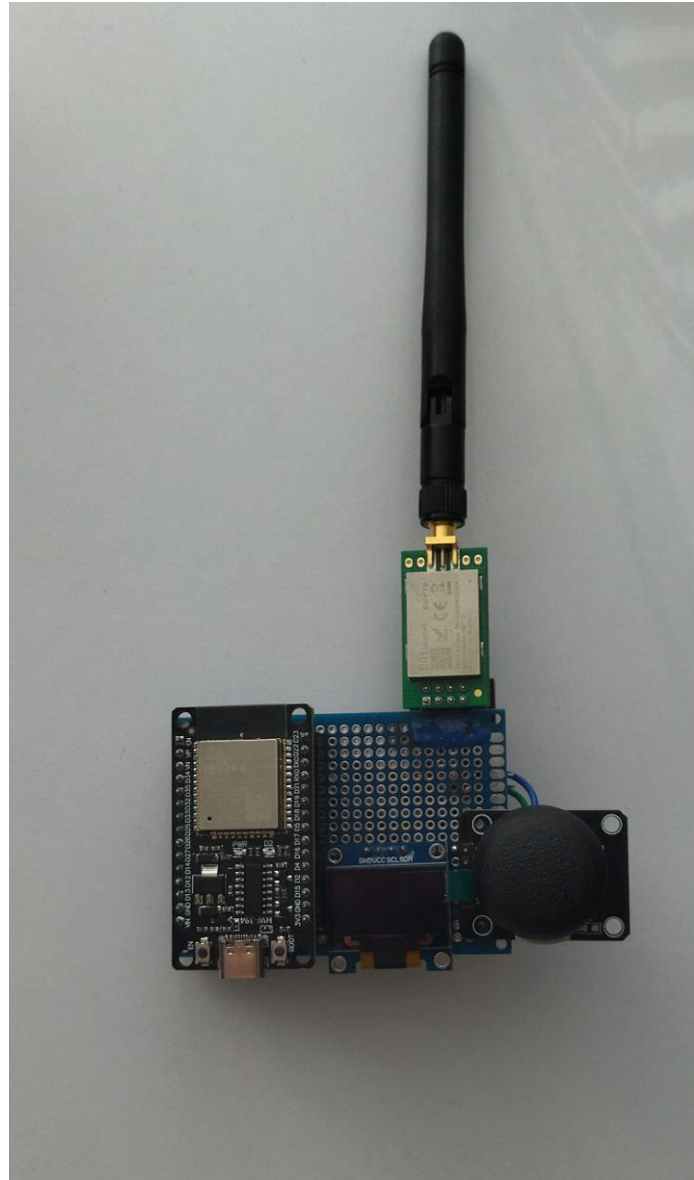


Рисунок 3.10 – Макет моделі передавача

Електронна частина системи готова, наступний етапом буде виготовлення стенду для кріплення антени. Для виготовлення трьохвимірної моделі використаємо програмне забезпечення Blender. Під час моделювання було створено три об'єкти, підставка, горизонтальне кріплення двигуна та маніпулятор який можливо змінити на власне кріплення антени, рендеринг даних об'єктів зображено на рис. 3.11.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

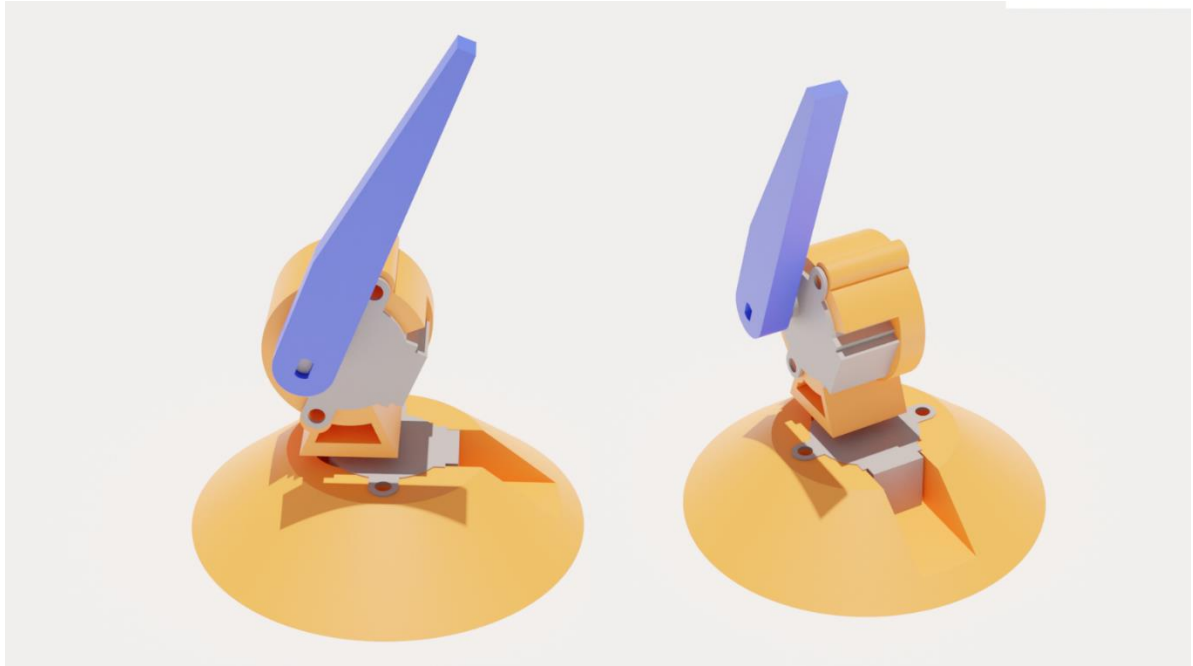


Рисунок 3.11 – Рендеринг трьохвимірної моделі

Для виготовлення використаємо пластик PLA та з товщиною шару 0.02 мм, результат виготовлення зображено на рис. 3.12.

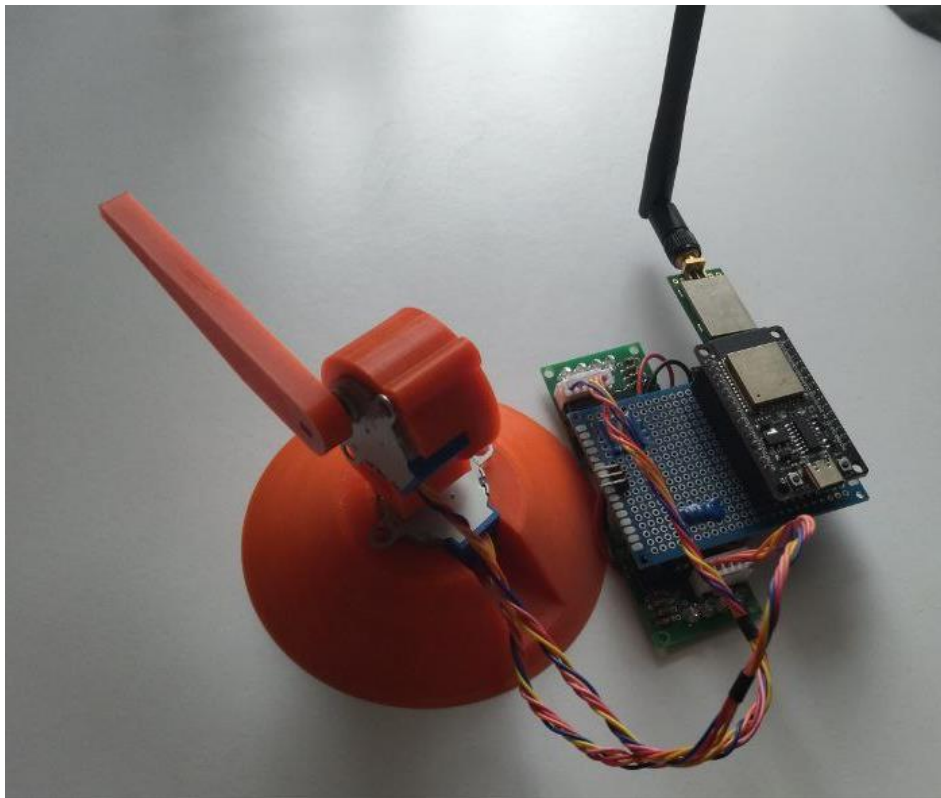


Рисунок 3.12 – Макет системи обертання антен

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4.4

Завершальною частиною є тестування комп'ютеризованої системи, щоб перевірити працездатність готового продукту та перевірити її надійність та функціональність.

Процес тестування почнемо з інтеграційного тестування. Дане тестування спрямоване на перевірку взаємодії між різними компонентами системи. Важливо переконатися, що всі компоненти, апаратна та програмна частина, працюють гармонійно разом. Під час даного тестування перевіримо сумісність різні модулі та їх здатність до синхронної роботи.

Підготуємо комп'ютеризовану систему до проведення тестування, готова система зображена на рис. 3.13.

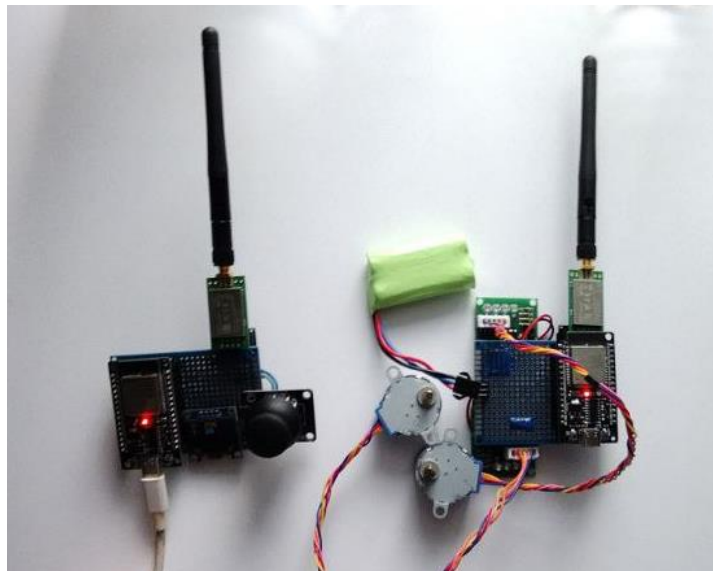


Рисунок 3.13 – Готова комп'ютеризована система

Для перевірки системи виконаємо наступні маніпуляції:

- Почергове від'єднання живлення.
- Від'єднання одного з моторів під час роботи.
- Від'єднання одного з радіо модулів.

Результат даного тестування також розглядатимемо в трьох етапах.

Виконавши перший етап тестування, можемо зробити висновок що порядок вмикання систем не впливає на їх підключення.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

В другому етапі ми відключали мотор, результат наступний. Під час вимкнення мотора від драйвера система не припиняє роботу та не реагує на дану маніпуляцію.

В останньому етапі ми вимикали радіо модуль під час роботи системи. Результатом даної перевірки був наступним. Під час першого експерименту ми вимикали радіо модуль в передавачі та вмикали його знову, після увімкнення система не змогла провести ініціалізацію компонента тому для коректної роботи знадобилось повне перезавантаження.

Також ми вимикали радіо модуль в приймачі та вмикали його знову, результат аналогічний але під час вимкнення двигуни вмикаються та рухаються за годинниковою стрілкою, результат зображено на рис. 3.14.

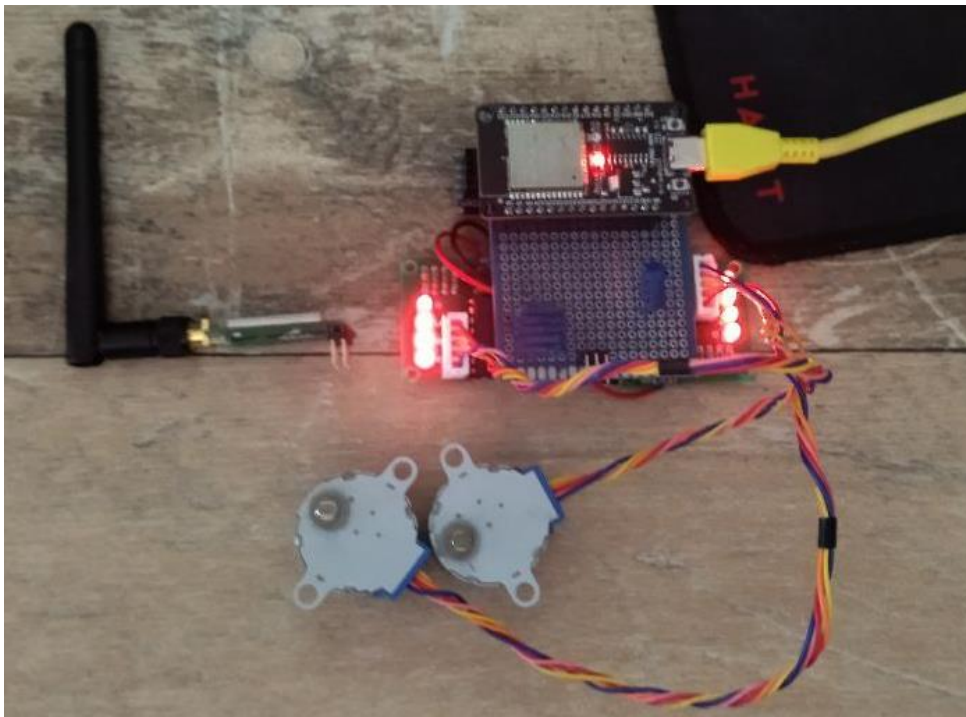


Рисунок 3.14 – Результат тестування

Наступним етапом проведемо функціональне тестування. На цьому етапі перевірятимемо основну функціональність системи. Даний процес включає в себе тестування здатності антен до позиціонування та їх реакції на команди управління. Функціональне тестування включає симуляцію різних умов роботи, щоб

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

переконалися в стабільності системи та точності її роботи. На даному етапі проведемо перевірку працездатності системи в різних положеннях антени.

Після проведення тестувань можна зробити наступний висновок, що положення антен лише незначною мірою впливає на близьку відстань роботи, однак щоб система працювала на дистанції понад 20-30 метрів з урахуванням фізичних перешкод необхідно розташовувати антени в одній площині.

Тестування спроектованої комп'ютеризованої системи є необхідним для забезпечення її надійності, функціональності та довговічності. Це забезпечує впевненість у тому, що система працюватиме стабільно та ефективно у будь-яких умовах експлуатації.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах роботи з антенними системами

Сучасні антенні системи відіграють важливу роль у комунікаційних технологіях, спостереженні та інших застосуваннях. Забезпечення безпеки під час роботи з ними є дуже важливим для збереження здоров'я та життя працівників та запобігання аваріям.

Антенні системи можуть створювати потужне електромагнітне випромінювання, що може бути небезпечним для здоров'я людини. Робота в зоні потужного випромінювання може призвести до серйозних наслідків, таких як головний біль, підвищення температури тіла та навіть до онкологічних захворювань. Тому важливо чітко визначити безпечні зони навколо антен і позначити їх, щоб уникнути тривалого перебування персоналу в цих зонах. Крім того, під час технічного обслуговування антен система повинна бути вимкнена або переведена в безпечний режим, щоб уникнути впливу електромагнітного випромінювання на працівників. Впровадження таких заходів значно знижує ризики для здоров'я і підвищує загальну безпеку експлуатації антенних систем.

Антенні системи часто встановлюються на висоті або в важкодоступних місцях, що створює додаткові ризики для персоналу. Робота на висоті завжди пов'язана з потенційними небезпеками падіння, травмування або навіть загибелі працівника. Тому необхідно використовувати спеціальне обладнання для роботи на висоті, зокрема страхувальні пояси, захисні каски, спеціальні платформи та підйомники. Важливо, щоб всі компоненти антенної системи були надійно зафіксовані, що мінімізує ризик їх падіння або зміщення під час експлуатації [11]

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Кондратюк Р.Б.					48	5
<i>Перевір.</i>		Варавін А.В.						
<i>Консульт.</i>		Пилипець М.І.						
<i>Н. контр.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Затверд.</i>		Осухвіська Г.						
						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

Крім того, регулярні інструктажі з техніки безпеки та навчання працівників правильному використанню захисного обладнання є невід'ємною частиною забезпечення безпеки на робочому місці.

Робота антенних систем може призвести до нагрівання обладнання, що потребує уваги до температурного режиму. Перегрів може пошкодити компоненти або навіть спричинити пожежу. Для запобігання цьому необхідно забезпечити належне охолодження, використовуючи системи вентиляції або рідинного охолодження. Також важливо контролювати температуру в реальному часі, щоб реагувати на будь-які відхилення. При екстремальних температурах слід використовувати матеріали, які можуть витримати ці умови без втрати характеристик.

Антенні системи, розташовані на відкритому повітрі, піддаються впливу погодних умов, таких як дощ, сніг, вітер та ультрафіолетове випромінювання. Ці фактори можуть впливати на роботу системи та її довговічність. Для захисту антен слід використовувати антикорозійні матеріали та захисні кожухи, які запобігають руйнуванню конструкції під впливом атмосферних явищ. Також системи повинні бути заземлені для захисту від ударів блискавки, що може призвести до пошкодження обладнання та небезпеки для людей. Заземлення забезпечує безпечний відвід електричних розрядів, зменшуючи ризик аварій.

Використання дистанційного управління для налаштування та контролю антен дозволяє підвищити безпеку працівників. Оператори можуть виконувати всі необхідні маніпуляції безпосередньо зі своїх робочих місць, знижуючи потребу в фізичному контакті з обладнанням. Це особливо важливо в умовах складних або небезпечних для життя та здоров'я працівників. Впровадження систем моніторингу в режимі реального часу дозволяє швидко виявляти та реагувати на будь-які відхилення від нормальної роботи системи, запобігаючи аварійним ситуаціям. Такі системи надають можливість отримувати інформацію про стан обладнання, що підвищує ефективність управління та забезпечує своєчасне виявлення і усунення проблем.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Завершуючи, забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах роботи з антенними системами вимагає комплексного підходу, який включає фізичний захист, захист від електромагнітного випромінювання, врахування погодних умов та використання сучасних технологій дистанційного управління та моніторингу. Дотримання цих заходів дозволяє знизити ризики для працівників, підвищити надійність і ефективність роботи антенних систем, забезпечуючи стабільну та безпечну експлуатацію в будь-яких умовах.

4.2. Основи охорони праці під час роботи з електронними компонентами та системами управління

При роботі з електронними компонентами потрібно дотримуватися правил електробезпеки. Неправильне поводження може спричинити серйозні травми, включаючи електричні опіки, ураження струмом або навіть смерть. Важливо забезпечити належну ізоляцію всіх електричних з'єднань та використовувати тільки сертифіковані компоненти, які відповідають стандартам безпеки.

Для запобігання перевантаженню та короткому замиканню можна використовувати захисні пристрої, наприклад, автоматичні вимикачі та реле. Важливо також регулярно перевіряти стан електропроводки та інших електронних компонентів, щоб вчасно виявляти та усувати можливі проблеми.

Статична електрика може стати серйозною проблемою при роботі з чутливими електронними компонентами, такими як мікроконтролери ESP32. Розряди статичної електрики можуть пошкодити або зруйнувати електронні компоненти, що призведе до втрати даних або несправності системи. Тому важливо використовувати антистатичні браслети, килимки та інші засоби для захисту від статичної електрики. Навчання працівників правильному поводженню з електронними компонентами, включаючи використання антистатичних засобів та уникнення дій, що можуть призвести до накопичення статичної електрики, є важливою складовою програми охорони праці.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правильна організація робочого місця є ключовою для забезпечення безпеки та комфорту працівників. Робоче місце повинно бути добре освітлене, чисте та впорядковане, щоб уникнути можливих травм через випадкові падіння або пошкодження обладнання. Розміщення електронних компонентів повинно бути продуманим, щоб забезпечити легкий доступ до них та зменшити ризик випадкових пошкоджень.

Важливо забезпечити наявність всіх необхідних інструментів та засобів захисту, таких як захисні окуляри, рукавиці та спеціальний одяг, що захищає від електричних ударів та інших небезпек. Регулярні перевірки робочого місця на відповідність вимогам безпеки допомагають виявляти та усувати потенційні ризики.

Програмне забезпечення, що використовується для управління антенними системами, повинно бути надійним та безпечним. Важливо регулярно оновлювати програмне забезпечення, щоб виправляти вразливості та покращувати його функціональність. Під час написання коду необхідно дотримуватися найкращих практик безпеки, щоб уникнути помилок, які можуть призвести до несправності системи або її злому.

Проведення тестування програмного забезпечення на безпеку є важливим етапом розробки, який допомагає виявити та виправити потенційні проблеми. Використання сучасних засобів захисту даних, таких як шифрування та багатофакторна автентифікація, забезпечує додатковий рівень безпеки для системи управління антенами.

Безпека даних та систем управління дуже важлива, щоб запобігти несанкціонованому доступу та кібератакам. Використання складних паролів, регулярне оновлення системи безпеки та моніторинг підозрілої активності допомагають захистити систему від зовнішніх загроз.

Впровадження політики доступу на основі ролей, що визначає рівні доступу для різних користувачів, допомагає обмежити доступ до критично важливих компонентів системи. Це зменшує ризик людських помилок та несанкціонованих дій з боку внутрішніх користувачів[13].

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основи охорони праці під час роботи з електронними компонентами та системами управління є важливими для забезпечення безпеки та ефективності роботи. Дотримання правил електробезпеки, захист від статичної електрики, правильна організація робочого місця, безпека програмного забезпечення та захист від несанкціонованого доступу допомагають уникнути аварійних ситуацій та зберегти здоров'я працівників. Забезпечення високих стандартів охорони праці підвищує загальну надійність та ефективність роботи антенних систем, забезпечуючи їх стабільну експлуатацію в будь-яких умовах, при використанні систем дистанційного керування нахилом зовнішньої антени.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ВИСНОВОК

Розробка системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен, що використовує сучасні технічні компоненти, такі як ESP32, nRF24L01 E01-ML01DP5, 28BYJ-48, SSD1306 та двохосьовий джойстик KY-023, забезпечує надійний та ефективний зв'язок з високою точністю керування, низьким енергоспоживанням і зручним інтерфейсом. Система здатна стабільно працювати в різних умовах навколишнього середовища, інтегруватися з існуючими системами управління та легко масштабуватися, що робить її оптимальним вибором для багатьох сфер застосування, де необхідна висока якість та стабільність зв'язку.

Проектування комп'ютеризованої системи дистанційного керування нахилом зовнішніх антен включало розробку структурної та електронно-принципової схем, обґрунтування вибору апаратного забезпечення, моделювання з'єднань компонентів та розробку алгоритмів роботи системи. У процесі роботи було визначено основні компоненти системи: мікроконтролер ESP32, OLED дисплей SSD1306, крокові двигуни 28BYJ-48, модуль бездротового зв'язку nRF24L01 E01-ML01DP5 та двохосьовий джойстик KY-023. Розроблено їх оптимальну конфігурацію для забезпечення надійної та ефективної роботи.

Вибір компонентів та їх характеристик дозволив створити систему, що відповідає всім технічним вимогам, забезпечуючи точне та стабільне керування нахилом антени. Використання ESP32 як центрального мікроконтролера забезпечило високу продуктивність та універсальність системи, а OLED дисплей надав зручність візуалізації інформації для користувача.

Розроблені алгоритми передбачають ефективну взаємодію між всіма компонентами системи, забезпечуючи точне керування кроковими двигунами та надійний бездротовий зв'язок для дистанційного керування. Моделювання та тестування схем дозволило виявити можливі проблеми на ранніх етапах розробки та забезпечити високу якість кінцевого продукту.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Процес розробки включав наступні етапи. По-перше, було обґрунтовано використання Arduino IDE як основного середовища розробки програмного забезпечення. Версія 2.x була обрана за її потужні можливості та сучасний інтерфейс. Далі було розроблено дві окремі програми для передавача та приймача. Використано бібліотеки SPI.h та RF24/nRF24L01.h для забезпечення взаємодії між мікроконтролером ESP32 та іншими апаратними компонентами. Також реалізовано інтерфейс для взаємодії з джойстиком та OLED дисплеєм для відображення даних.

На етапі макетування та тестування виконано фізичне складання всіх компонентів на двосторонній прототипній платі. Створено трьохвимірну модель кріплення антени за допомогою програмного забезпечення Blender. Проведено інтеграційне та функціональне тестування системи, що включало перевірку взаємодії між компонентами та реакції на команди управління.

Результати тестування показали, що інтеграційне тестування виявило стабільну роботу системи при підключенні всіх компонентів у різному порядку. Функціональне тестування підтвердило здатність системи точно позиціонувати антену та реагувати на команди управління. Було виявлено, що для стабільної роботи на великих відстанях антени повинні бути розташовані в одній площині.

Таким чином, створена система відповідає всім вимогам до функціональності та надійності, демонструючи високу ефективність та точність у виконанні завдань з дистанційного керування нахилом зовнішніх антен. Це робить її перспективною для впровадження в різні галузі, включаючи телекомунікації та астрономічні дослідження, забезпечуючи покращення якості зв'язку та спостережень.

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Stepper Motor Interfacing with ESP32. URL: <https://www.electronicwings.com/esp32/stepper-motor-interfacing-with-esp32> (дата звернення 27.05.2024р.)
2. Arduino İle Çift Yönlü ESC Çalıştırma (İleri & Geri). URL: <https://www.rcpano.net/2019/05/10/arduino-ile-cift-yonlu-esc-calistirma-ileri-geri/> (дата звернення 28.05.2024р.)
3. How To Make Remote Control For Model Car & Boat. DIY 3-Channel RC. URL: <https://www.rcpano.net/2021/05/25/how-to-make-remote-control-for-model-car-boat-diy-3-channel-rc/> (дата звернення 28.05.2024р.)
4. Лецишин Ю. З. Створення вбудованих систем на базі структурнопараметричних моделей цифрових каналів зв'язку : Лецишин Ю.З., Назаревич Т.О., Міська І.В. VIII Науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології». Тернопіль, 2020. С. 127. 52 Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. КС КРБ 123.038.00.00 ПЗ
5. Arduino NRF24L01 Joystick Controller Remote Transmitter. <https://www.viralsciencecreativity.com/post/arduino-nrf24l01-joystick-controller-remote-transmitter> (дата звернення 3.06.2024р.)
6. Making a Long Range Remote Control. DIY 1 to 8 Channel Arduino RC | PART-1. <https://www.rcpano.net/2022/10/12/making-a-long-range-remote-control-diy-1-to-8-channel-arduino-rc-part-1/> (дата звернення 3.06.2024р.)
7. Лецишин Ю. З. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елементу роботизованих систем. Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції. Збірник тез доповідей XXI Всеукраїнської науковопрактичної конференції. Житомир, 2016. С. 102.
8. ESP32 Web Server: Control Stepper Motor (HTML Form). URL: <https://randomnerdtutorials.com/stepper-motor-esp32-web-server/> (дата звернення 21.05.2024р.)

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

9. Марків В.А., Осухівська Г.М., Лецишин Ю.З., Луцків А.М. Комп'ютерна система аутентифікації осіб : Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль, 2017. С. 90–91.

10. Осухівська Г.М., Тиш Є.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 28 с

11. Теоретичні основи БЖД: Control Stepper Motor (HTML Form). URL: https://pidru4niki.com/1376102550810/bzhd/teoretichni_osnovi_bzhd (дата звернення 11.06.2024р.)

12. Making a LONG DISTANCE 8-Channel and Digital Trim Remote Control. DIY RC | PART-2. URL: Making a LONG DISTANCE 8-Channel and Digital Trim Remote Control. DIY RC | PART-2 (дата звернення 04.06.2024р.)

13. Організація охорони праці на підприємстві: Control Stepper Motor (HTML Form). URL: https://pidru4niki.com/12920522/bzhd/organizatsiya_ohoroni_pratsi_pidpriyemstvi (дата звернення 13.06.2024р.)

					КС КРБ 123.119. 00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«Затверджую»

завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

"__09__" ____02____ 2024 р.

Комп'ютеризована система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на __5__ листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.ф.-м.н., ст. викл. Варавін А.В.

_____ Кондратюк Р.Б.

«__06__» ____02____ 2024 р.

«__08__» ____02____ 2024 р

Тернопіль 2024

1. Назва та підстава для виконання роботи.

1.1. Комп'ютеризована система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени.

1.2. Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ) є Наказ по Університету (№ 4/7-408 від 24.04.2024 р.).

2. Виконавець.

2.1. Студент групи СІ-41 кафедри КС (СІ-20-119)

Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя
Кондратюк Роман Богданович (*Kondratiuk Roman Bohdanovich*).

3. Мета роботи.

3.1. Метою роботи є розробити структуру та програмне забезпечення комп'ютеризованої система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени.

4. Склад виробу.

4.1. До складу дистанційного керування нахилом зовнішньої антени входить:

- 1) Крокові двигуни;
- 2) Радіо модулі;
- 3) OLED дисплей;
- 4) Джойстик;
- 5) мікроконтролер.

5. Технічні вимоги.

5.1. Вимоги по призначенню.

5.1.1. Вбудована система повинна мати наступні параметри:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1) Режими роботи | без провідний |
| 2) Кількість крокових двигунів, шт. | 2 |
| 3) Протоколи обміну даними | Enhanced ShockBurst™ |

5.1.2. Система повинна живитись напругою постійного

струму, 5В +5±10%

5.2. Вимоги до умов експлуатації:

5.2.1. По умовам експлуатації виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 15150 для УХЛ4.1

5.2.2. Максимальне відстань роботи 2100м

5.2.3. Максимальна тяга 300 гр/см

5.3. Конструктивні вимоги.

5.3.1. Конструювання корпусу приладу в КРБ не передбачено.

5.3.2. Для побудови системи мають бути використані сучасні компоненти з можливістю поверхневого монтажу друкованого вузла.

5.3.3. При побудові системи необхідно передбачити подальшу заміну компонентів.

5.3.4. Габаритні розміри при макетуванні, мм, не більше:

довжина	200
ширина	150
висота	200

5.3.5. Маса макету, кг, не більше 0,7

5.3.6. Конструкція макету повинна забезпечувати доступ до всіх комплектуючих виробів при тестуванні.

5.4. Вимоги до надійності.

5.4.1. Система повинна відповідати вимогам ДСТУ 2862-94.

5.4.2. Наробка на відмову, не менше 7000 год.

6. Економічні показники.

6.1. Собівартість системи повинна бути не більше 2500 грн.

7. Вимоги до документації.

7.1. Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД, ДСТУ та ГОСТ.

7.2. До складу документації повинно входити:

- 1) ПЗ
- 2) Структурна схема Е1
- 3) Електрично-принципової схема Е3 (приймача, передавача)
- 4) Схема з'єднань Е4 (приймача, передавача)
- 5) Блок схема алгоритму роботи (приймача, передавача)

8. Стадії та етапи розробки КРБ

8.1 Стадії та етапи виконання КРБ наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Назва етапу	Строк виконання	
		початок	кінець
1	Технічне завдання	01.02	09.02
2	Розділ 1 Аналіз технічного завдання	25.04	06.05
3	Розділ 2 Проектна частина	07.05	20.05
4	Розділ 3 Практична частина	21.05	08.06
5	Розділ 4 Безпека життєдіяльності, охорони праці основи	10.06	15.06
6	Попередній захист	14.06	–
7	Захист	24.06	28.06

9. В дане ТЗ можуть вноситись зміни по узгодженню сторін.

Додаток Б

Перелік елементів електрично-принципової схеми для передавача

Позн.	Найменування	К-сть	Примітка
A2	ESP32-WROOM 32D	1	
A4	E01-ML01DP5	1	
A5	OLED SSD1306	1	
A6	XУ джойстик KY-023	1	
C2	ESR Aluminum Capacitor 25V100UF	1	
D4	NRF24L01	1	

КС КРБ 123.119. 00.01 ПЕ				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>	Кондратюк Р.Б.			
<i>Перевір.</i>	Варавін А.В			
<i>Реценз.</i>	Ясній О.П.			
<i>Н. контр.</i>	Тиш Є.В.			
<i>Зав. каф.</i>	Осухівська Г.			
Комп'ютерна система дистанційного керування нахилом зовнішньої антени Перелік елементів		<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцішів</i>
		1	1	1
		ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

Додаток В

Перелік елементів електрично-принципової схеми для приймача

Додаток Д

Перелік елементів схеми з'єднань передавача

Додаток Е

Перелік елементів схеми з'єднань приймача

Додаток Ж

Лістинг коду системи передавача

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64

// Піни для OLED
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire);

// Піни для радіо
RF24 radio(17, 5); // піни CE, CSN
const byte addresses[][6] = {"1Node", "2Node"};

// Joystick pins
const int joyX = 34; // аналоговий контакт для підключення джойстика X
const int joyY = 35; // аналоговий контакт для підключення джойстика Y

int valueX = 0; // Початкове значення для X
int valueY = 0; // Початкове значення для Y
unsigned long lastUpdateTimeX = 0; // Час останнього оновлення для збільшення/зменшення на X
unsigned long lastUpdateTimeY = 0; // Час останнього оновлення для збільшення/зменшення на Y

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe(addresses[0]); // Використовуємо першу адресу для передачі
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  radio.stopListening();

  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Адреса 0x3C для 128x64
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;);
  }
  display.display();
  delay(2000); // Пауза на 2 секунди
  display.clearDisplay();

  pinMode(joyX, INPUT);
  pinMode(joyY, INPUT);
}
```

```

}

void loop() {
  int xValue = analogRead(34);
  int yValue = analogRead(35);
  int center = 2048; // Центральне значення для джойстика
  int threshold = 300; // Попіг мертвої зони

  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(0,0);

  // Обробка осі X
  if (xValue > center + threshold) { // Джойстик перемістили вправо
    if (millis() - lastUpdateTimeX > 228) {
      valueX = (valueX + 1) % 361; // Збільште значення X і перейдіть
на 360 до 0
      lastUpdateTimeX = millis();
    }
  } else if (xValue < center - threshold) { // Джойстик перемістили
вліво
    if (millis() - lastUpdateTimeX > 228) {
      valueX = (valueX - 1 < 0) ? 360 : valueX - 1; // Зменште
значення X і оберніть від 0 до 360
      lastUpdateTimeX = millis();
    }
  }

  // Обробка осі Y (напрямок змінено)
  if (yValue < center - threshold) { // Джойстик перемістився вгору
    if (millis() - lastUpdateTimeY > 228) {
      valueY = (valueY + 1) % 361; // Збільште значення Y і перейдіть
на 360 до 0
      lastUpdateTimeY = millis();
    }
  } else if (yValue > center + threshold) { // Джойстик перемістився
вниз
    if (millis() - lastUpdateTimeY > 228) {
      valueY = (valueY - 1 < 0) ? 360 : valueY - 1; // Зменште
значення Y і оберніть від 0 до 360
      lastUpdateTimeY = millis();
    }
  }

  display.print(" X: ");
  display.println(valueX);
  display.print(" Y: ");
  display.println(valueY);
  display.display();

  int joystickData[2] = {xValue, yValue};

```

```
    radio.write(&joystickData, sizeof(joystickData)); // Відправляємо  
дані  
    delay(20);  
}
```


Додаток 3

Лістинг коду системи приймача

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Stepper.h>

#define STEPS 32

#define IN1_X 13
#define IN2_X 12
#define IN3_X 14
#define IN4_X 27

#define IN1_Y 26
#define IN2_Y 25
#define IN3_Y 33
#define IN4_Y 32

// Ініціалізація бібліотек
Stepper stepperX(STEPS, IN4_X, IN2_X, IN3_X, IN1_X);
Stepper stepperY(STEPS, IN4_Y, IN2_Y, IN3_Y, IN1_Y);

RF24 radio(17, 5); // CE, CSN
const byte addresses[][6] = {"1Node", "2Node"};

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1, addresses[0]); // Адреса для читання
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
  radio.startListening();

  pinMode(IN1_X, OUTPUT);
  pinMode(IN2_X, OUTPUT);
  pinMode(IN3_X, OUTPUT);
  pinMode(IN4_X, OUTPUT);
  pinMode(IN1_Y, OUTPUT);
  pinMode(IN2_Y, OUTPUT);
  pinMode(IN3_Y, OUTPUT);
  pinMode(IN4_Y, OUTPUT);
  stepperX.setSpeed(10);
  stepperY.setSpeed(10);
}

void loop() {
  if (radio.available()) {
    int joystickData[2];
    radio.read(&joystickData, sizeof(joystickData));
```

```

int valX = joystickData[0];
int valY = joystickData[1];

int centerLow = 1400; // Налаштування джойстика
int centerHigh = 2800;

// Управління двигуном осі X
if (valX > centerLow && valX < centerHigh) {
    digitalWrite(IN1_X, LOW);
    digitalWrite(IN2_X, LOW);
    digitalWrite(IN3_X, LOW);
    digitalWrite(IN4_X, LOW);
} else if (valX >= centerHigh) {
    int speedX = map(valX, centerHigh, 4095, 5, 500);
    stepperX.setSpeed(speedX);
    stepperX.step(1);
} else if (valX <= centerLow) {
    int speedX = map(valX, centerLow, 0, 5, 500);
    stepperX.setSpeed(speedX);
    stepperX.step(-1);
}

// Управління двигуном осі Y
if (valY > centerLow && valY < centerHigh) {
    digitalWrite(IN1_Y, LOW);
    digitalWrite(IN2_Y, LOW);
    digitalWrite(IN3_Y, LOW);
    digitalWrite(IN4_Y, LOW);
} else if (valY >= centerHigh) {
    int speedY = map(valY, centerHigh, 4095, 5, 500);
    stepperY.setSpeed(speedY);
    stepperY.step(1);
} else if (valY <= centerLow) {
    int speedY = map(valY, centerLow, 0, 5, 500);
    stepperY.setSpeed(speedY);
    stepperY.step(-1);
}
}
}

```

