

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Проектування інформаційної системи віддаленого керування поливом  
(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи АПСм-22-1

Назаренко О.М.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(код і повна назва спеціальності)

Освітня програма Архітектурне проектування інформаційних систем

(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент Зарудний О.А.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Зарудний О.А.

(прізвище, ініціали)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології  
(код і повна назва)

Освітня програма Архітектурне проектування інформаційних систем  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Назаренку Олександр Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування інформаційної системи віддаленого керування поливом  
затверджена наказом по університету від **3 жовтня 2023 р. № 1295 Ст**
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії **10 січня 2024 р.**
3. Вихідні дані до роботи проектування інформаційної системи віддаленого керування поливом через радіозв'язок

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

1) Аналіз видів систем автоматичного поливу \_\_\_\_\_

2) Види дистанційного керування поливу \_\_\_\_\_

3) Проектування за методом АТАМ \_\_\_\_\_

4) Документування проектного рішення 4+1 \_\_\_\_\_

5) Реалізація проектного рішення \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) \_\_\_\_\_ Комп'ютерна презентація \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доцент Зарудний О.А.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	06.10.2023	
2	Огляд аналогічних рішень	26.10.2023	
3	Проектування системи за методом АТАМ та 4+1	05.12.2023	
4	Реалізація практичної частини системи	30.12.2023	
5	Задача на перевірку та підпис кваліфікаційної роботи керівнику	10.01.2024	

Дата видачі завдання **4 жовтня 2023 р.**

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Назаренко О.М. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

доцент каф. РТІКС Зарудний О.А.  
(посада, прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 84 с. , 35 рисунків, джерел 24 джерел посилення та 3 додатки.

### ПОЛИВ, ПРОЕКТУВАННЯ, ПРОТОТИП, ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ГРУНТ.

Об'єктом розробки є проектування інформаційної системи віддаленого керування поливом через радіозв'язок методами 4+1 та АТАМ.

Предмет розробки – інформаційна система керування поливом через радіозв'язок та програмне забезпечення для неї.

Мета роботи – розроблення прототипу системи віддаленого керування поливом з проектною частиною.

В результаті кваліфікаційної роботи було спроектовано інформаційну систему віддаленого керування та реалізовано прототип, який повинен задовольнити стейкхолдерів, як початкова розробка системи.

Система поливу спроектована так, що може працювати без постійного енергоживлення, тобто було створено енергоефективний режим який зменшує витрати енергії. Для живлення на тиждень повноцінної роботи системи поливу достатньо двох акумуляторів 18650. Система може самостійно визначати вологість ґрунту та підключати полив в момент коли значення вологості менше норми. Для взаємодії між системою поливу та користувачем була спроектована та реалізована прототипна система телеграм бота, через який ведеться контроль системи поливу.

## ABSTRACT

Explanatory note: 84 p. , 35 figures, 24 source references and 3 appendices.

### IRRIGATION, DESIGN, PROTOTYPE, POWER SUPPLY, SOFTWARE, SOIL.

The object of development is the design of an information system for remote irrigation control via radio communication using the 4+1 and ATAM methods.

The subject of development is an information system for controlling irrigation through radio communication and software for it.

The purpose of the work is to develop a prototype of a remote irrigation control system with a design part.

As a result of the qualification work, a remote control information system was designed and a prototype was implemented, which should satisfy the stakeholders, as the initial development of the system.

The irrigation system is designed so that it can work without constant power supply, that is, an energy-efficient mode has been created that reduces energy consumption. Two 18650 batteries are enough to power the irrigation system for a week. The system can independently determine soil moisture and turn on irrigation when the moisture level is lower than normal. For the interaction between the irrigation system and the user, a prototype telegram bot system was designed and implemented, through which the irrigation system is controlled.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ ВИДІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВА .....	10
1.1 Актуальність інформаційної системи автоматичного поливу .....	10
1.2 Види систем поливу .....	11
1.3 Доповнючі елементи системи віддаленого керування поливу.....	16
1.4 Вибір з описаних систем поливу .....	19
2 ВИДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ПОЛИВУ .....	20
2.1 Дистанційне керування через локальну мережу.....	20
2.2 Дистанційне керування за допомогою серверу .....	21
2.3 Рішення проблем дистанційного керування .....	22
3 ПРОЕКТУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ АТАМ.....	24
3.1 Загальні відомості стосовно методу АТАМ.....	24
3.2 Функціональні вимоги .....	25
3.3 Стейкхолдери та зацікавленість у системі .....	26
3.4 Обмеження системи .....	27
3.5 Нефункціональні вимоги.....	28
4 ДОКУМЕНТУВАННЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ 4+1 .....	30
4.1 Загальна відомості стосовно методу 4+1 .....	30
4.2 Логічний погляд .....	31
4.3 Погляд на розробку .....	32
4.4 Погляд на процеси .....	33
4.5 Фізичний погляд.....	34
4.6 Сценарії використання .....	40
5 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ .....	42
5.1 Технічний стек реалізації системи .....	42
5.2 Реалізація системи поливу .....	43
5.3 Реалізація серверної частини .....	47

ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	51
ДОДАТОК А.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ДОДАТОК Б .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ДОДАТОК В.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

IC – інформаційна система;

ATAM - Architecture Tradeoff Analysis Method;

AVR - Automatic Voltage Regulator;

API - Application programming interface;

LAN - Local Area Network;

WiFi - Wireless Fidelity;

mAh - milliampere-hour.

## ВСТУП

Впровадження системи поливу є важливим кроком для забезпечення оптимального росту та здоров'я рослин в вашому саду, городі або газону. Система поливу дозволяє надавати рослинам необхідну кількість води вчасно, що особливо важливо в умовах сухого клімату або при вирощуванні водолюбних культур. Також надмірний або недостатній полив може негативно позначитися на здоров'ї рослин та врожаї. Тому правильно розроблена і налагоджена система поливу допомагає підтримувати рослини в гарному стані, підвищує їх врожайність та забезпечує заощадження часу та води.

Також до системи поливу потрібна інформаційна система для збору та збереження різноманітної інформації щодо інтенсивності поливу. Інформаційна система - це комплекс взаємопов'язаних компонентів, які забезпечують збір, обробку, збереження, аналіз та надання інформації для вирішення певних завдань і задач в організації або в певному контексті. Інформаційні системи можуть бути автоматизованими або вручними і можуть включати в себе різні компоненти, такі як апаратне забезпечення, програмне забезпечення, бази даних, мережі, процедури та людей, які взаємодіють з цією системою.

Для реалізації поточного завдання будуть використовуватись два методи архітектурного аналізу та документування. Перший з яких АТАМ, що у розшифруванні звучить як метод компромісного аналізу. Метод використовують для зменшення ризику на початку життєвого циклу розробки програмного забезпечення. Мета цього методу вибрати відповідну архітектуру для системи шляхом виявлення компромісів і чутливих моментів системи. Другим методом є 4+1, який описує архітектуру системи на основі використання кількох поглядів. Подання використовується для опису системи з кількох точок зору.

Звіт розробленої кваліфікаційної роботи, буде містити

У першому розділі буде описуватись аналіз видів систем автоматичного поливу та будуть розглянуті доповнючі елементи системи.

У другому розділі відбувається опис видів дистанційного керування поливу та буде обиратись майбутнє рішення для майбутньої системи

У третьому розділі буде відбуватись проектування за методом АТАМ

У четвертому розділі буде проводитись документування проектного рішення за метдом 4+1.

П'ятий розділ буде кінцевим де буде описана реалізація прототипу на базі проектних рішень, які були прийняті у розділах до цього

# 1 АНАЛІЗ ВИДІВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВА

## 1.1 Актуальність інформаційної системи автоматичного поливу

Зважаючи на розвиток сучасних технологій та зростаючий попит на ефективні методи землеробства та садівництва, інформаційні системи та системи віддаленого керування поливом стають надзвичайно актуальними. Забезпечення оптимального зростання та догляду за рослинами вимагає точного та раціонального використання водних ресурсів, щоб це забезпечити в повній мірі потрібна ефективна система контролю поливом.

Одним з ключових аспектів успішного ведення сільського господарства та садівництва полягає в наданні рослинам необхідної кількості води у відповідний час або у відповідну засуху. Час поливу може залежити від кількості опадів та інших факторів. Система поливу допомагає підтримувати відповідну вологість ґрунту та забезпечувати оптимальні умови для зростання розвитку рослин. Традиційні методи в цьому контексті є неефективними та витрачають більше водних ресурсів [1].

Інформаційна система для віддаленого керування системи поливу виступають такі основні цілі:

- ІС дозволяє точно контролювати та регулювати подачу води на рослини в залежності від їх потреб та внутрішніх та зовнішніх факторів;
- правильно налаштована інформаційна система поливу забезпечує рослини водою у відповідний час та кількість, що сприяє зростанню врожайності культур;
- інформаційна система дозволяє автоматизувати процес поливу та надають можливість віддаленого контролю з використанням мобільних або веб-платформ, що дозволяє зменшити втручання ручного типу;
- система поливу оптимізує використання води, електроенергії та інших ресурсів, що сприяє економії коштів;

– ІС забезпечує можливість збору даних про стан рослин, ґрунту, кількості води що залишилось для поливу або використаної води [2].

З огляду на зростаючу потребу в раціональному використанні водних ресурсів та покращення сільськогосподарської продукції, інформаційні системи віддаленого керування поливу є вельми актуальними та важливими інструментами для сільськогосподарського та садового господарства. Вони допомагають забезпечити ефективне землеробство, зберігаючи важливі природні ресурси збільшуючи врожайність рослин.

## 1.2 Види систем поливу

Для майбутнього проектування та реалізації потрібно оглянути види систем поливу. Першим видом системи поливу є змочувальний шланг. Змочувальний шланг можна використовувати для ретельного поливу щільних насаджень або окремих рослин. Цей метод полягає у тому, що вода подається через спеціальні отвори які утворюються при подачі води по всій довжині гумової або полімерної трубки. Цей метод є досить ефективним та швидким методом для поливу. Його головною перевагою є рівномірний полив у зоні де він лежить, також він дозволяє уникнути змочування листя рослин, що допомагає знизити ризик розвитку захворювань. Також встановлення системи базованій на змочувальному шлангу є досить простим і це може зробити будь-який землероб. На рисунку 1.1 зображений приклад змочувального шлангу.

Цей вид є досить популярним для поливу овочевих грядок, квітників та кущів. Однак цей шланг може досить швидко вийти з ладу, якщо використовувати брудну воду або мінімально забруднено воду. Метод використовується виключно з чистою водою, так як пори на шлангу дуже важко чистити після забруднення [3].



Рисунок 1.1 – Змочувальний шланг

Другим видом системи поливу є крапельна система. Крапельне зрошення є найбільш ефективним способом зрошення багатьох насаджень. Це ідеальний спосіб поливу глинистих ґрунтів, оскільки вода подається повільно, дозволяючи ґрунту вбирати воду та уникати стоку. Крапельний пристрій використовують частину води, яку використовують верхні розпилювачі. Крапельні системи складаються з крапельних трубок, які

прокладені по всій посадковій та подають воду безпосередньо до основи рослин зі швидкістю, яку ґрунт може поглинути без втрати води.

Крапельний полив забезпечує точне та рівномірне подання води до кожної рослини, що дозволяє уникнути недостатнього або надмірного поливу. Також крапельний полив забезпечує вологість ґрунту, не змочуючи його занадто глибоко, це допомагає рослинам отримувати воду та поживні речовини у найбільших корисних шарах ґрунту.

Контроль та регулювання може змінюватись напряму до кожної рослини, якщо використовують крапельниці. Окремі крапельниці можливо досить легко чистити, тому цей вид є більш придатним до використання при брудній воді, але якщо використовувати шланги з вбудованим крапельним поливом, то змінювати ці трубки прийдеться кожен сезон, так як чистити їх неможливо через лабіринти для кожної крапельниці.

Існує досить багато різних типів крапельного обладнання, включаючи:

- крапельниці;
- барботери;
- сокери;
- мікророзпилювачі.

Однак не слід змішувати різне обладнання в одній зоні або лінії розподілу, якщо це можливо. На рисунку 1.2 зображено приклад крапельного поливу.

Крапельний полив є чудовим варіантом для різних зернових культур та особливо в умовах обмеженого водопостачання та високих вимог до раціонального використання водних ресурсів [4].

Наступним видом поливу є традиційна автоматична система розпилення. Серед традиційних автоматичних систем розпилення є висувні розпилювальні головки, які можна регулювати для розпилення повного кола, півкола або чверті кола. Недоліком розпилювальних головок є те що вони менш ефективні ніж роторні головки або крапельні системи, оскільки вони спускають воду на землю швидше.



Рисунок 1.2 – Крапельний полив

Ця система включає у себе трубопровід, який подає воду до розпилувачів, цей трубопровід може бути закопаним під землею. Також в системі трубопроводу повинен бути оптимальний тиск для розпилувачів, щоб вони працювали коректно. На рисунку 1.3 зображено приклад застосування традиційної автоматичної системи розпилення.



Рисунок 1.3 – Традиційна автоматична система розпилення

У цієї системи є багато проблем та ціна цього рішення є більшою порівняно з іншими методами поливу. Така система зазвичай використовується для газону. Цей метод поливу зазвичай використовують для зручного автоматизованого поливу газону або саду [5].

Останньою системою є роторна, як правило вона більш ефективніше ніж розпилювальні головки. Роторна система подає воду набагато повільніше ніж розпилювачі, що дозволяє ґрунту поглинати вологу ефективніше. Ця система отримала свою назву від того, що розпилювачі обертаються навколо своєї осі під час роботи, подаючи воду в певному напрямку, що дає змогу зменшити кількість спожитою води.

Роторні розпилювачі можуть бути обладнані регульованими виштовхуючими поплавковими клапанами, що дозволяють контролювати кут поливу та дальність виштовхування води.

Роторні системи є гнучкими та дозволяють точно налаштувати полив на різних зонах з різними кутами та дальностями розпилення. Приклад ротеру зображений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Ротор для роторної системи поливу

Роторні системи поливу краще працюють з запасами води та досить популярні для газонів, спортивних майданчиків та відкритих зон. Тобто це прямий конкурент традиційної системи поливу [6].

### 1.3 Доповнючі елементи системи віддаленого керування поливу

З доповнюючих елементів системи віддаленого керування поливу можна виділити фільтри, які необхідні для в основному для крапельного поливу, щоб уникнути засмічення обладнання різноманітними частинками. Вибір певного фільтра води залежить від самої води, якою користується користувач системи поливу. Також це можуть бути карбонові фільтри для видалення хімічних забруднень та запахів з води, які можуть нашкодити рослинам. На рисунку 1.5 зображено приклад сітчастого фільтра, який зазвичай використовується у крапельному поливі.



Рисунок 1.5 – Сітчастий фільтр

В загальному фільтр є важливим елементом для догляду за системою поливу, оскільки вони забезпечують її надійну роботу та тривалий термін служби [7].

Також важливим елементом системи поливу є регулятор тиску, так як різні системи можуть працювати від різного тиску, а не від того, який надходить від джерела.

Система поливу повинна реагувати на дощ та збільшення опадів. Щоб реагувати на дощ потрібен датчик дощу та дощемір для розуміння скільки опадів випало. Також ці датчики важливі для інформаційної системи. На базі даних з датчиків дощу буде будуватись розуміння в який період часу скільки води потрібно для поливу якоїсь зони з рослинами [8]. Також з використанням дощемірів та датчику дощу активація системи поливу буде лише в разі потреби, коли кількість опадів не забезпечує достатньої вологості для рослин. На рисунку 1.6 зображено приклад сенсору дощу.



Рисунок 1.6 – Сенсор дощу

Також для розуміння ступені коли потрібно закінчувати полив якоїсь зони, потрібні датчики вологості ґрунту, які встановлюються в ґрунт у

стратегічних місцях та запобігають запуску системи поливу, якщо вологість ґрунту занадто велика або якщо ґрунт достатньо вологий. В цьому випадку система поливу повинна бути гнучкою, так як від цього залежить життя рослин та їх інтенсивність росту.

Датчик вологості ґрунту має різні типи вимірювання вологості. Найпоширенішими методами є резистивний, капацитивний та тепловий. Резистивний датчик вимірює опір ґрунту, що змінюється залежно від вологості ґрунту. Капацитивний метод базується на змінах ємності між двома електродами в ґрунті. Тепловий датчик вимірює теплове випарування з ґрунту, що також залежить від вологості.

Кількість датчиків залежить від розмірів системи поливу та залежить від бажання користувача. Є варіант зі встановленням в різних зонах для розуміння яка вологість зони або варіант зі встановленням одного загального датчика для отримання загальних даних чи потрібен полив чи ні [9].

На рисунку 1.7 зображено капацитивний датчик вологості ґрунту.



Рисунок 1.7 - Капацитивний датчик вологості ґрунту

Датчик вологості також може бути універсальним способом для визначення чи йде дощ, що в теорії може зменшити ціну загального рішення.

#### 1.4 Вибір з описаних систем поливу

Вибір залежить від кількох факторів, включаючи потреби користувача та тип рослини з яким буде працювати система. Також ще може впливати розмір та форма ділянки де система буде працювати. Важливим фактором є водні ресурси та яка кількість води доступна для системи поливу.

Для того, щоб взяти більший обсяг майбутньою системою буде обрано крапельний полив, так як він досить універсальний та вода подається безпосередньо під корінь кожної рослини. Цей вид поливу дозволяє точно дозувати та подавати воду туди, де вона потрібна з мінімальними втратами через випаровування та вітер.

Також до системи буде додано фільтр для зменшення обслуговування та датчик вологості ґрунту, який буде свідчити про ступінь вологості ґрунту через який система буде розуміти чи потрібен полив чи ні.

У наступному розділі буде оглянуто види дистанційного керування для системи автоматичного поливу.

## 2 ВИДИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ПОЛИВУ

### 2.1 Дистанційне керування через локальну мережу

В сучасному світі технології активно впроваджуються для автоматизації різних аспектів життя, включаючи догляд за рослинами та управління поливом. Одним із передових напрямків у цьому відношенні є використання систем дистанційного керування поливом. Ці системи дозволяють власникам садів, газонів та сільськогосподарських ділянок здійснювати ефективний контроль над поливом, використовуючи технології зв'язку та автоматизації.

Локальна мережа, часто відома як LAN (Local Area Network), є мережею, яка охоплює обмежену територію [10]. Якщо дивитись на локальну мережу під призмою дистанційного керування системою поливу, то такий варіант підходить для короткої дистанції та домашнього поливу рослин. Схема взаємодії користувача через LAN зі системою поливу зображена на рисунку 2.1.

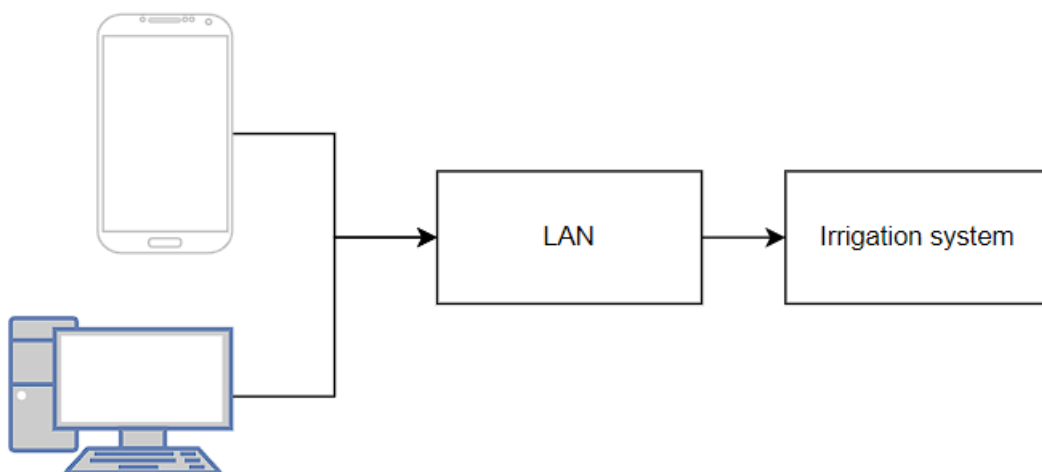


Рисунок 2.1 – Взаємодія з системою поливу через LAN

Також локальна мережа може створюватись головним мікроконтролером, який контролює усю систему поливу. Таким чином різні

елементи системи можна розташувати в різних куточках у зоні дії локальної мережі. Це забезпечить безпеку взаємодії елементів та надасть змогу контролювати елементи системи на дистанції, що може надати варіативності та зручності встановлення системи поливу. Наприклад якщо потрібно збирати дані з приводу вологості ґрунту в різних зонах. Такий варіант системи зображений на рисунку 2.2.

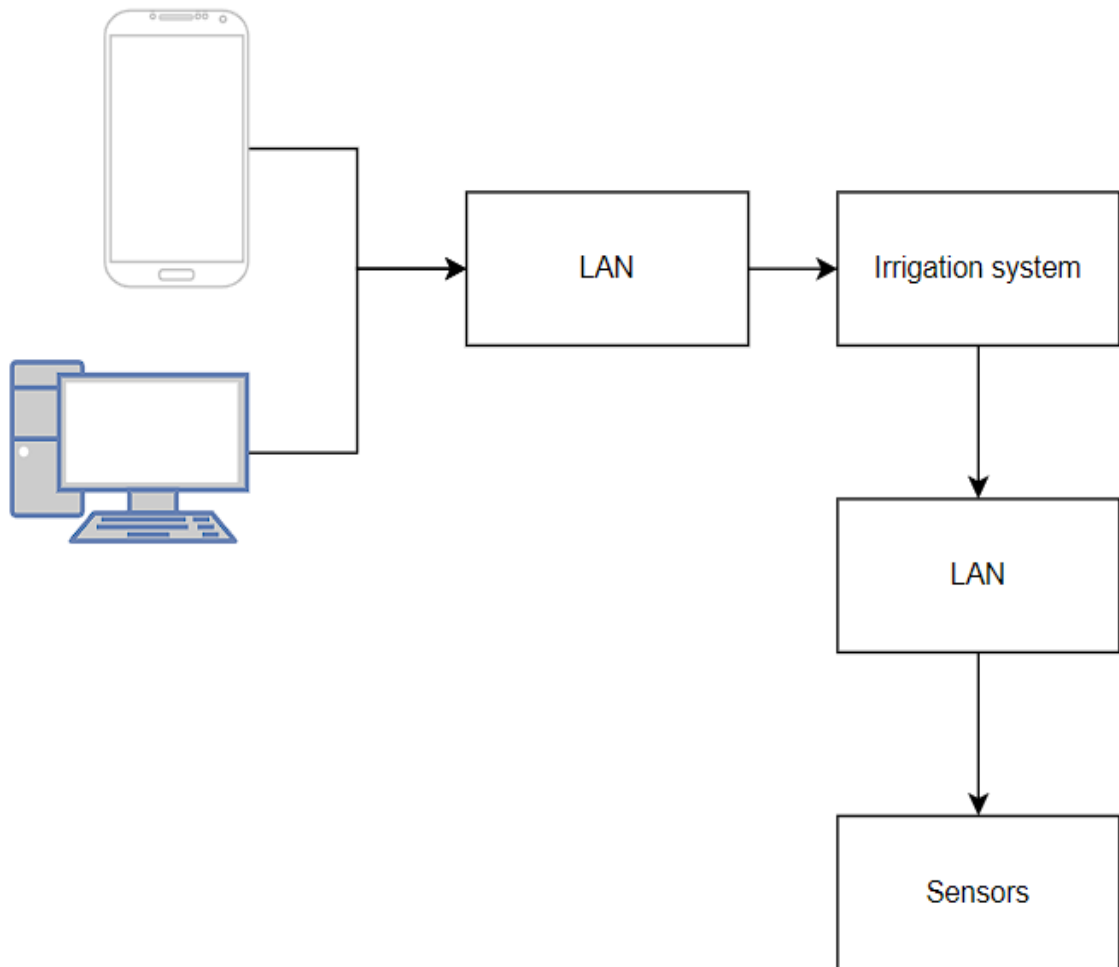


Рисунок 2.2 – Взаємодія з сенсорами через LAN

Дистанційне керування за допомогою LAN мережі є досить гідним інструментом для керування системою поливу.

## 2.2 Дистанційне керування за допомогою серверу

Дистанційне керування системою поливу через сервер передбачає використання серверної інфраструктури для віддаленого моніторингу, управління та контролю за системою поливу. Цей підхід може включати в себе використання хмарних послуг або власного сервера для централізованої обробки інформації та надання доступу користувачам через інтернет [11].

Перевагою такого підходу є віддалений доступ до системи з будь-якого куточку землі де є інтернет. Це забезпечує велику гнучкість та можливість реагувати на зміни у реальному часі. На рисунку 2.3 зображено схему дистанційного керування системою поливу через сервер.

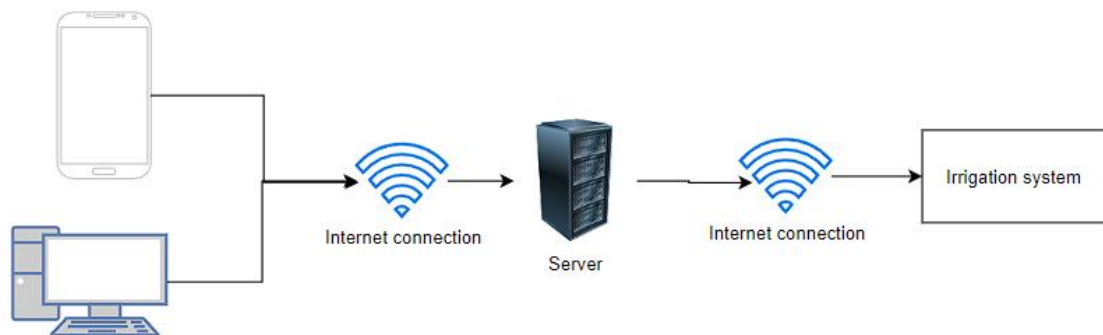


Рисунок 2.3 – Дистанційне керування через сервер

Однак слід зазначити, що створення свого серверу чи використання віддаленого створює доповнюючі витрати на підтримку системи. Також при використанні серверу потрібно мати стабільний інтернет для взаємодії з системою, що може бути проблемою через розташування системи поливу. Зазвичай у нашій місцевості її встановлюють на полях, де є тільки мобільний інтернет. Навіть якщо інтернет не так далеко, все рівно потрібно забезпечувати дистанцію до системи поливу. Цей недолік частково відноситься до дистанційного керування через LAN мережу.

### 2.3 Рішення проблем дистанційного керування

Рішенням проблеми поганого інтернету коли система поливу знаходиться далеко є дистанційне керування через радіопередачу даних. Це

дозволяє не проводити інтернет у зону системи поливу та дозволяє комбінувати усі види дистанційного керування для системи поливу. На рисунку 2.4 зображено загальну схему рішення дистанційного керування без інтернет зв'язку.

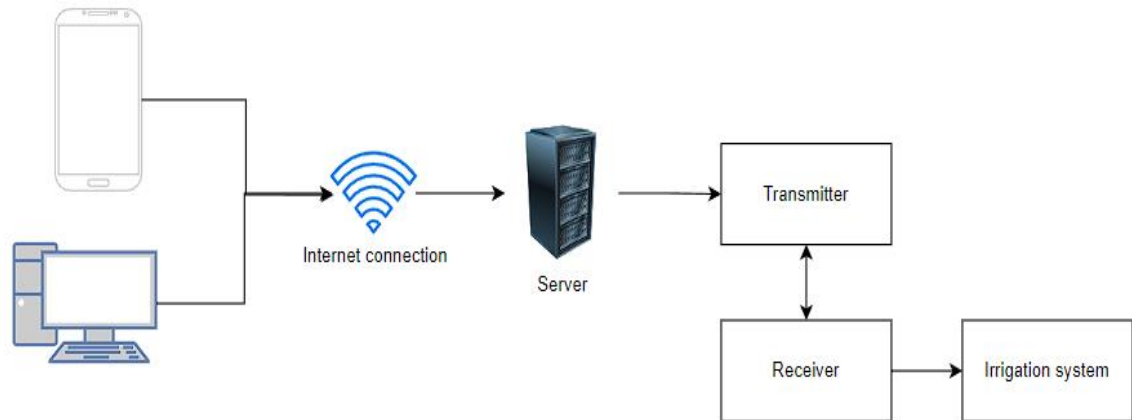


Рисунок 2.4 – Схема дистанційного керування без інтернет зв'язку

У системі описаний власний сервер, який поєднаний до мережі, тобто не потрібно сплачувати кожен місяць за сервер. Сервер взаємодіє з користувачами через інтернет та якщо є якісь зміни, передає через передавач до системи поливу в якій є приймач. Система поливу аналізує нові дані та адаптується під них.

Таким рішенням можна отримати усі переваги з інших описаних видів дистанційного керування, а саме:

- моніторинг стану системи з будь-якого місця де є інтернет;
- забезпечення можливості реагувати на зміни у реальному часі;
- зменшення загальної ціни кінцевого рішення через використання свого серверу.

Саме це рішення буде брати за основу при проектуванні системи та її реалізації.

## 3 ПРОЕКТУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ АТАМ

### 3.1 Загальні відомості стосовно методу АТАМ

Проектування в широкому контексті є важливою складовою будь-якого процесу розробки, будь то створення програмного забезпечення, архітектури системи, механізму машини чи будь-якого іншого продукту чи процесу.

АТАМ допомагає інженерам з архітектурою програмного забезпечення приймати обгрунтовані рішення, оцінюючи архітектурні альтернативи на основі заданих атрибутів якості.

Основними положеннями АТАМ є:

- презентування стейкхолдерам методу АТАМ;
- створення бізнес-цілей, які є причиною розробки;
- створення нефункціональних вимог, себто атрибутів якості системи;
- аналіз архітектурних підходів на основі факторів, які увійшли у дерево атрибутів якості та вході поточного етапу отримуються архітектурні ризики та точки чутливості з точками компромісу;
- проводження мозкового штурму та отримання пріоритетних сценаріїв на основі де на основі типових сценаріїв будуть взяті за основу;
- після останнього кроку проводиться повторний аналіз архітектурних підходів завдяки тестовим сценарієм можна виявити додаткові архітектурні ризики;
- надання результатів стейкхолдерам [12].

Приклад розгляду сценаріїв системи, яка розробляється на рисунку 3.1.

Сценарії допоможуть при проектуванні зрозуміти варіанти використання системи та перепроєктувати на ранньому етапі перед реалізацією.

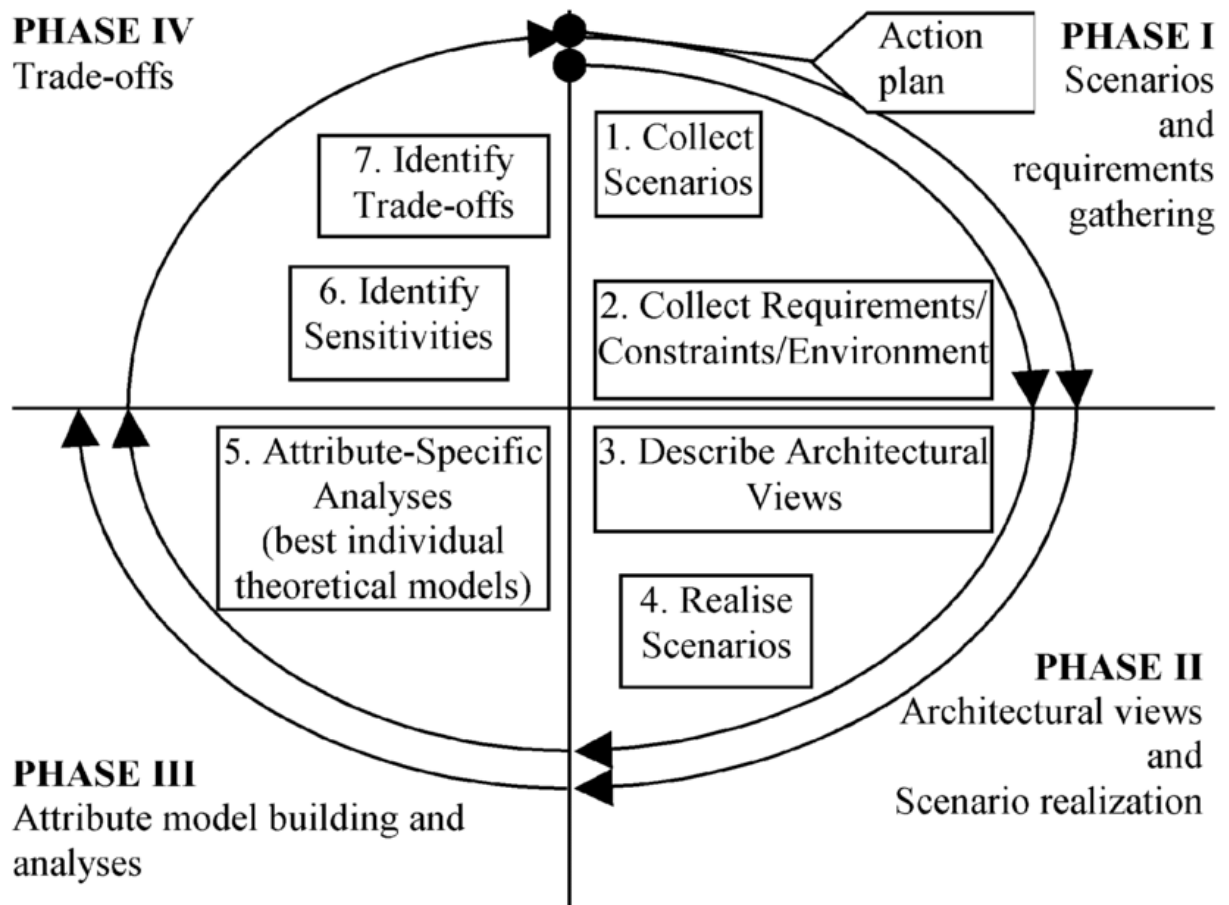


Рисунок 3.1 – Фази утворення сценаріїв за допомогою методу АТАМ

### 3.2 Функціональні вимоги

Функціональні вимоги - це частина вимог до програмного забезпечення, яка визначає функції та операції, які повинна виконувати система. Ці вимоги визначають, що система повинна робити, які функції вона повинна виконувати та які операції мають бути підтримані. Функціональні вимоги можуть описувати різні аспекти системи, такі як функції користувача, обробка даних, алгоритми, інтерфейси та інші аспекти.

Для інформаційної системи автоматичного поливу з дистанційним керуванням можна визначити ряд функціональних вимог, а саме:

- дистанційна взаємодія з системою поливу;
- утворення розкладу поливу, який користувач може редагувати та

налаштовувати під себе;

- моніторинг вологості ґрунту;

- надсилати сповіщення та повідомлення про критичні моменти системи;

- відстеження використання води, щоб користувач розумів скільки води залишилось, якщо джерела немає або скільки води було використано за той чи інший час;

- робота без інтернету через радіомодуль.

Ці функціональні вимоги спрямовані на створення повнофункціональної та ефективною системи автоматичного поливу з дистанційним керуванням, яка враховує різноманітні потреби користувачів та забезпечує оптимальне використання ресурсів.

### 3.3 Стейкхолдери та зацікавленість у системі

Стейкхолдер (Stakeholder) - це будь-яка особа, група або організація, яка має інтерес, вплив чи взаємодію з проектом або системою. Стейкхолдери можуть бути внутрішніми або зовнішніми, і їхні інтереси можуть варіюватися від фінансових інвесторів та користувачів до команд розробників і громадських організацій. Важливо враховувати потреби та очікування стейкхолдерів під час розробки та управління проектом чи системою [13].

Структура усіх стейкхолдерів інформаційної системи дистанційного керування автоматичним поливом зображено на рисунку 3.2

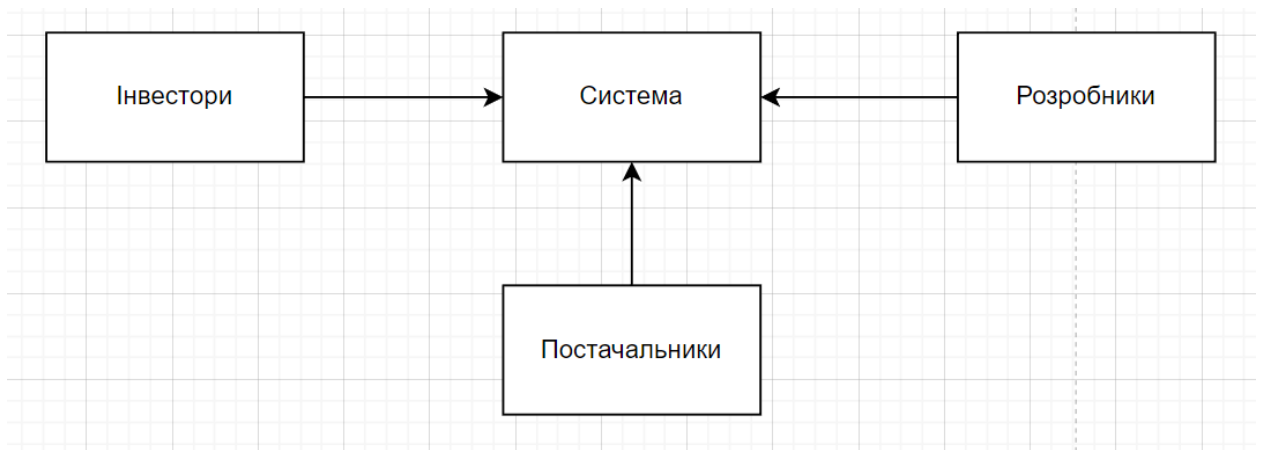


Рисунок 3.2 – Стейкхолдери інформаційної системи поливу

Початковою зацікавленою стороною є інвестори, які в той же час є клієнтами інформаційної системи. Вони зацікавлені в автоматизації свого поливу та зменшення витрат на полив. Наступною зацікавленою стороною є розробники системи, хто буде створювати рішення для інвесторів. Останньою зацікавленою стороною є постачальники, які надають усі потрібні компоненти для створення інформаційної системи дистанційного керування системи поливу.

#### 3.4 Обмеження системи

Одним з головних обмежень системи при розробці це час розробки, через довший час розробки інвестори будуть втрачати більше грошей без автоматизованого поливу. Тому система повинна розроблятися не більше одного року, а перший прототип повинен утворитись менше ніж за три місяці розробки. Також до обмежень системи входить:

- обов'язкова необхідність захисту від несанкціонованого доступу та зловмисних атак на систему;

- забезпечення стійкості до втрати зв'язку;

- система повинна бути легкою у встановленні та обслуговуванні;

- вартість підтримки повинна бути зменшеною через використання своїх серверів.

Враховуючи ці обмеження, розробники можуть створити інформаційну систему дистанційного керування автоматичного поливу, яка відповідає вимогам користувачів та є надійною та ефективною.

### 3.5 Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги - це вимоги, які не описують конкретні функції продукту або системи, але визначають характеристики та обмеження, які повинні бути враховані при розробці. Ці вимоги орієнтовані на атрибути якості, ефективність, безпеку, надійність та інші характеристики системи.

Нефункціональними вимогами інформаційної системи дистанційного керування автоматичним поливом є:

- масштабованість інформаційної системи поливу до додавання нових зон поливу, масштабованість є важливою характеристикою, так як поля можуть бути досить динамічними з розсаджування та посадки різних рослин;

- ефективність, а саме швидкість передачі даних між серверною частиною та приймачом на системі поливу.

- забезпечення автономності системи поливу, через можливі збої в електромережі або у місцях де електромережа не доступна, тобто ця нефункціональна вимога описує потребу у сонячній панелі та акумулятору для забезпечення безперервної роботи;

- забезпечення безперебійної роботи під впливом різноманітних погодних чинників, які можуть порушувати роботу системи, як приклад можна описати роботу під дощем;

- забезпечення зручності використання та взаємодії між системою та користувачем з інтеграцією користувача з різним рівнем технічної підготовки;

- забезпечення безпеки через запобігання втручання при передачі даних від серверу до системи поливу та захист даних користувача.

Усі нефункціональні вимоги системи зображені на рисунку 3.3

Атрибути якості	Сценарій
Надійність	Забезпечення безперебійну роботу системи автоматично поливу
Безпека	Запобігати втручанню при передачі даних до системи поливу та захищати дані користувачів
Ефективність	Швидкість передачі даних між серверної частиною та приймачем
Автономність	Робота від акумулятору та сонячної батареї в місцях де немає електромережі
Масштабованість	Можливість додавання нових зон поливу
Зручність використання	Надання можливості взаємодіяти користувачам з різними рівнем технічної підготовки

Рисунок 3.3 – Нефункціональні вимоги або атрибути якості системи

На базі цих атрибутів якості системи будуть вестись оцінка проектної частини інформаційної системи поливу.

## 4 ДОКУМЕНТУВАННЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ 4+1

### 4.1 Загальна відомості стосовно методу 4+1

Метод документування проектного рішення 4+1 - це підхід до створення архітектурної специфікації програмного забезпечення, який надає комплексний огляд різних аспектів системи. Цей метод використовує п'ять різних поглядів для опису різних аспектів системи, а також додатковий погляд для документування сценаріїв використання

Погляди, які входять у метод 4+1 зображені на рисунку 4.1

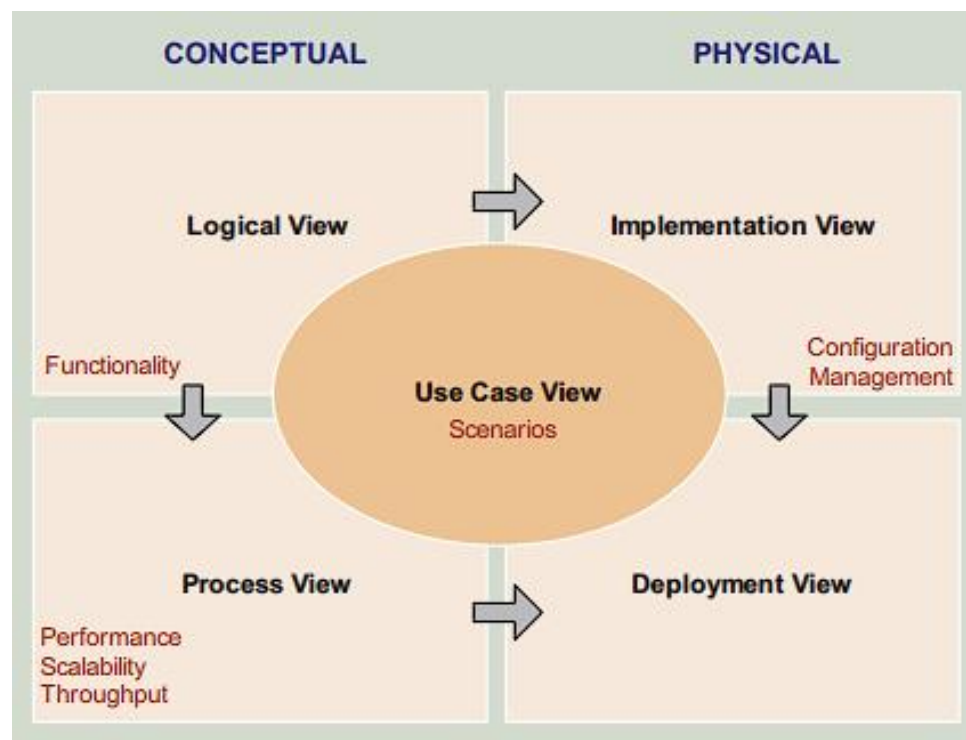


Рисунок 4.1 – Схема моделі 4+1

Схема описує сценарії використання які орієнтовані на функціональність системи описуючи сценарії використання та взаємодію з користувачами. Також до схеми входить логічна структура яка фокусується на структурі системи та її взаємодію.

У схему також входить процеси та фізичний погляд. Процеси визначають динаміку системи, описуючи процеси та взаємодію між ними під

час виконання функцій. Фізичний погляд описує фізичне розташування компонентів системи [14].

Метод 4+1 є ефективним інструментом для створення архітектури, який допомагає зрозуміти та спроектувати складні системи.

#### 4.2 Логічний погляд

Логічний погляд на інформаційну систему повинен доносити до кінцевого користувача, а саме інвесторів ідею та загальну структуру системи. На рисунку 4.2 зображена схема логічного погляду.

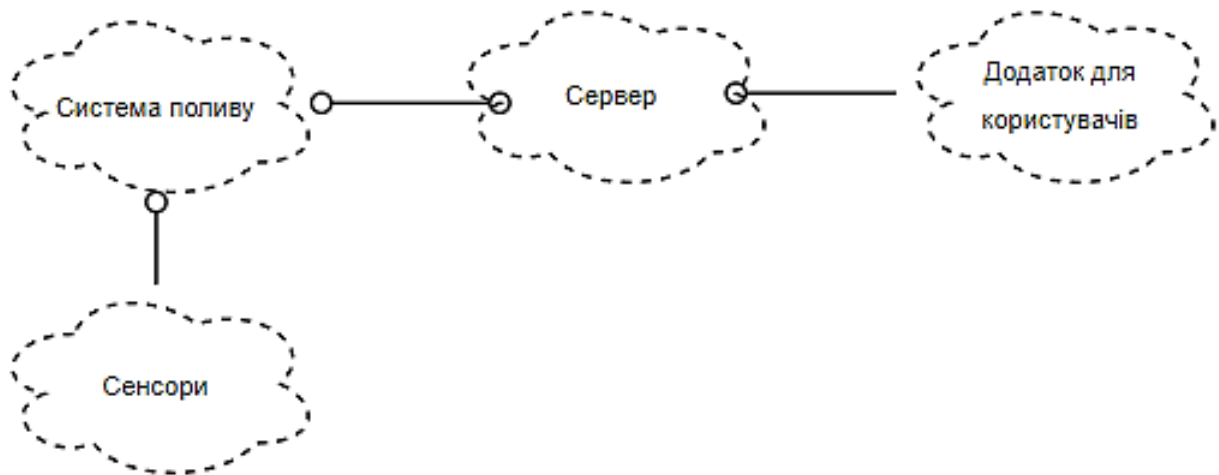


Рисунок 4.2 – Схема логічний погляду

Схема описує чотири основні складові системи, а саме:

-система поливу, яка відповідає за контролювання усіх процесів, які входять до системи поливу;

-сенсори, які надають інформацію щодо стану води кількості води заряду батареї та інших важливих показників системи поливу;

-сервер, який є мостом між користувачем та системою поливу та обробляє усі операції, які стосуються графіку поливу та збереження персональних даних користувачів.

### 4.3 Погляд на розробку

Погляд на розробку інформаційної системи складається з бачення розробки пристрою та системи в цілому.

З функціональних вимог які були описані раніше, вимальовується компонентна база системи поливу, яка зображена на рисунку 4.3

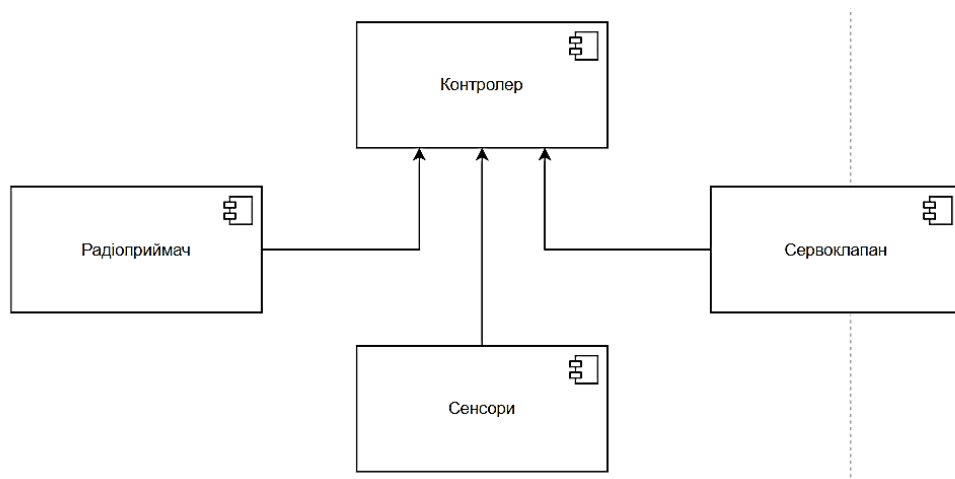


Рисунок 4.3 – Діаграма компонентів для системи поливу

Система поливу складається з радіоприймача, який отримує дані з сервера обробляє їх та порівнює з даними, які отримує з інших компонентів. Цими компонентами є різноманітні сенсори та датчики, які описують вологість ґрунту, кількість води у сховищі чи кількість води, яка була використана за полив. Останнім компонентом є сервоклапан, це пристрій, який буде вимикати або включати подачу води на ту чи іншу зону. Цей клапан буде будуватись на взаємодії серводвигуна та контролера.

Для взаємодії отримання даних, нижче зображена схема на рисунку 4.4 яка буде зображувати компоненти серверної частини.

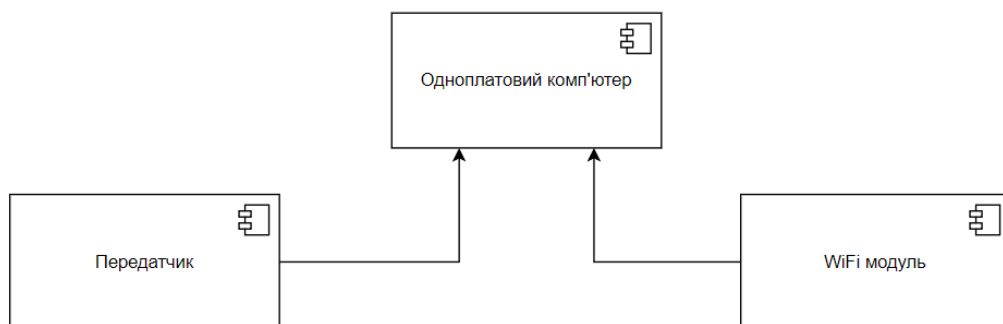


Рисунок 4.4 – Діаграма компонентів для серверної частини

Серверна частина складається з одноплатного комп'ютеру, який буде обробляти усі запити, його буде більш ніж достатньо для формування, обробки та передачі даних до системи поливу. Щоб передавати дані до адресованої системи поливу, потрібен передатчик. Для зв'язку з користувачами та отримання даних або надсилання їм повідомлень потрібен WiFi модуль або мережева карта, яка надасть змогу одноплатному комп'ютеру виходити у мережу та взаємодіяти з користувачами. Не усі одноплатні комп'ютери мають вбудований WiFi-модуль, тому він був зображений на діаграмі.

Для взаємодії з користувачами було прийнято рішення використовувати меседжер телеграм в якому буде інтегрований телеграм-бот через який користувач зможе налаштовувати систему або отримувати повідомлення з неї. Це рішення проектне рішення є початковим та після повноцінної інтеграції системи поливу можна переходити до розробки свого додатку для взаємодії з користувачами, але на перший час рішення з телеграм-бот буде більш ніж достатньо для взаємодії з користувачами. Сам телеграм-бот буде хоститись на сервері.

#### 4.4 Погляд на процеси

Погляд на процеси складається з основних процесів усієї системи. Зображення усіх процесів інформаційної системи віддаленого керування поливом зображено на рисунку 4.5

Схема процесів ділиться на дві частини процеси системи поливу та процеси серверної частини. Так як телеграм бот буде знаходитись на серверній частині, процеси додатку входять до серверної частини.

Процеси серверної частини складаються з очікуванням користувача, вибором дії та утворення запиту, який потрібен користувачу. В цей запит може входити отримання інформації щодо поливу або зміна графіку поливу. Після утворення запиту, дані пересилаються до системи поливу, де вони

оброблюються, перевіряються та порівнюються з наявними даними. Якщо є якісь зміни то вони впроваджуються. В кінці система поливу переходить у режим сну на фіксований час. Далі після отримання успішності передачі даних серверна частина зберігає зміни та переходить у режим очікування змін користувача.

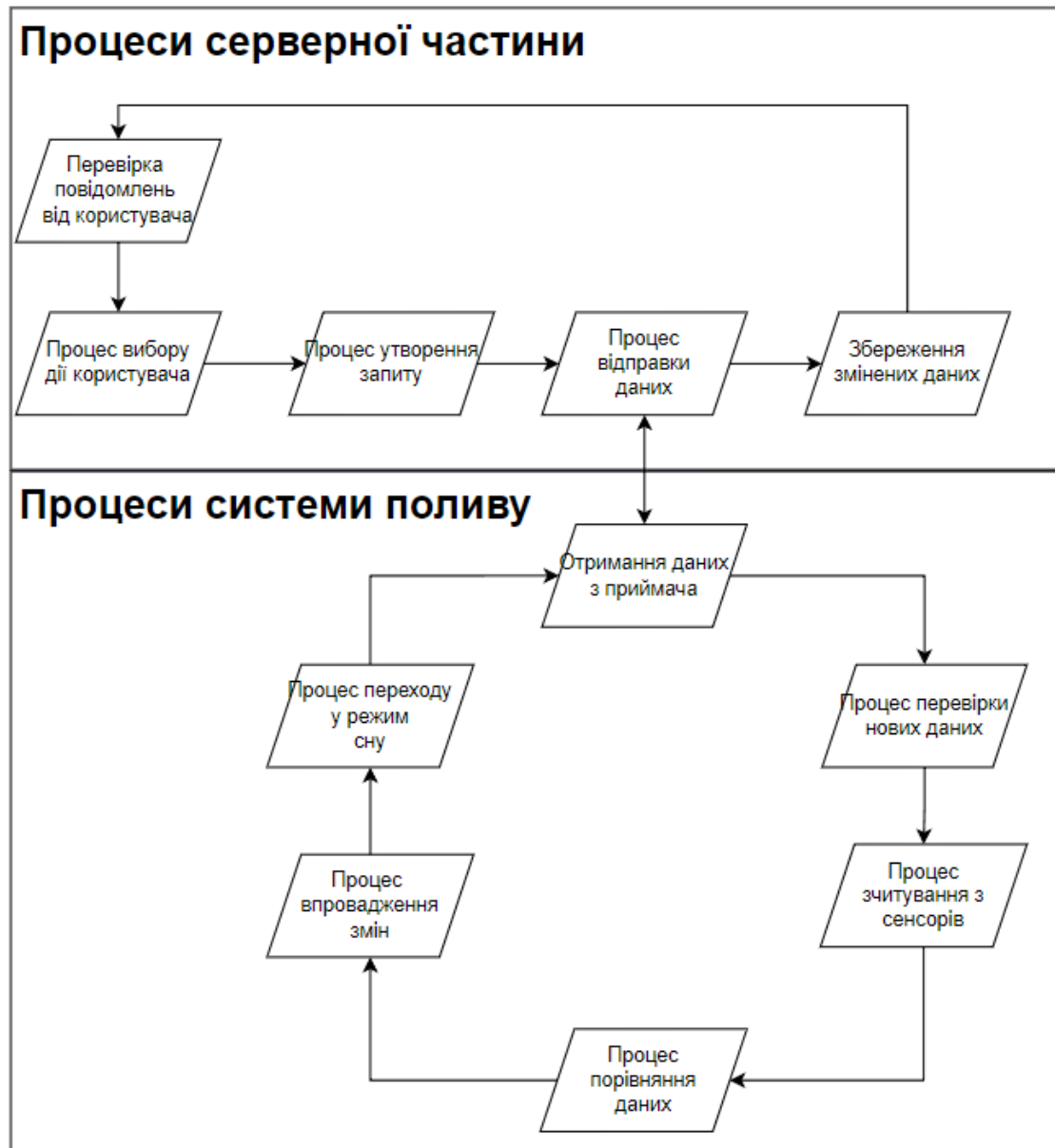


Рисунок 4.5 – Схема процесів

#### 4.5 Фізичний погляд

Для отримання розуміння щодо кінцевої реалізації у фізичному погляді буде обрано компоненти системи та в кінці буде представлена схема кінцевого пристрою.

Система поливу буде базуватись на мікроконтролері Arduino Nano через його компактність та можливість малого споживання електроенергії. При роботі цей мікроконтролер при максимальному споживанні споживає 20mah, що підходить під наявну систему [15]. На рисунку 4.6 зображений цей мікроконтролер.

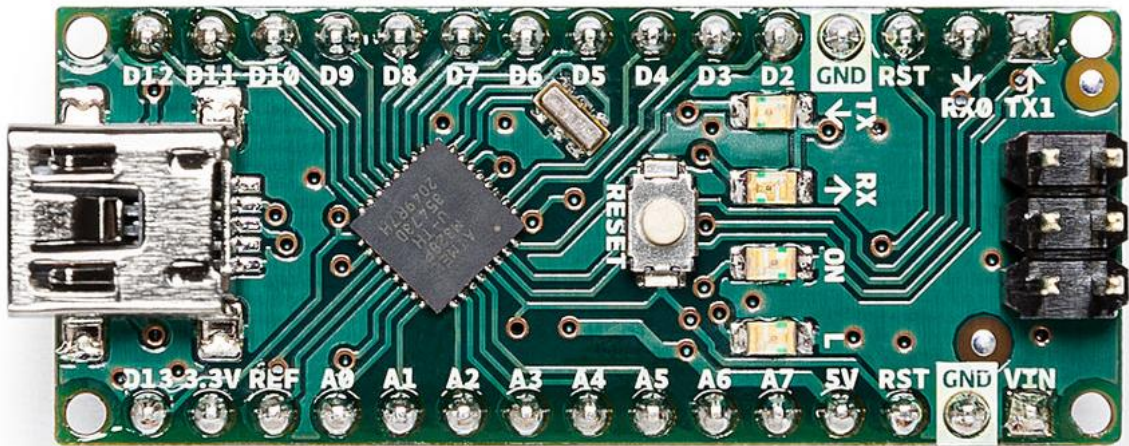


Рисунок 4.6 – Arduino Nano

Також слід зазначити, що цей мікроконтролер працює на базі 5v та побудований на базі чіпа Atmega328p з тактовою швидкістю у 16МГц. Для зменшення споживання можна знизити тактову швидкість до 8МГц цього буде достатньо для повноцінної роботи.

Наступним елементом системи поливу є передатчик. Для передачі даних було обрано NRF24L01+. Він може працювати на дистанції до 2 кілометрів на відкритій місцевості. Його робоча частота 2.4ГГц та споживання при роботі в режимі приймача 45mah, якщо переналаштовувати в режим передатчика то споживання піднімається до 115mah [16]. На рисунку 4.7 зображений передатчик.

Цей модуль працює через SPI, що чудово підходить для Arduino Nano та будь-якого іншого мікроконтролера Arduino, що надає можливість у майбутньому змінити головний мікроконтролер системи поливу.

Наступним елементом є клапан подачі води на визначену зону. Цей елемент має декілька проблем. Є варіант з використанням соленоїду, але такий варіант працює лише від 12V та соленоїд споживає струм в одному зі своїх станів, що не підходить для крапельного поливу, так як система у стані відкритого поливу може перебувати 2 години. Тому було прийняте рішення використовувати ручний клапан та серводвигун. Ручний клапан закривається на куті 90 градусів та на 0 куті він перебуває у стані закритому.



Рисунок 4.7 – Модуль NRF24L01

Для реалізації буде використовуватись серводвигун SG90 сила з якої він працює в районі 1.2-1.4кг/см при подачі 5v [17]. На рисунку 4.8 зображений модуль серводвигуна SG90.



Рисунок 4.8 – Серводвигун SG90

Для перевірки вологості ґрунту буде використовуватись ємнісний аналоговий датчик вологості. Він працює на принципі вимірювання ємності між двома електродами [18]. На рисунку 4.9 зображено датчик вологості ґрунту.



Рисунок 4.9 – Ємнісний аналоговий датчик ґрунту

Датчик працює від 3.3v, що підходить для Arduino Nano. Також наявний датчик надає досить точні значення та має низьку ціну, що надає можливість збільшувати кількість датчиків вологості, якщо зони для поливу буде збільшуватись.

Для живлення приймача буде використовуватись дві батарейки 18650, які в сумі будуть давати 8.4v, що підходить під максимальний струм живлення Arduino nano 12v.

Усі елементи системи поливу зображені на рисунку 4.10

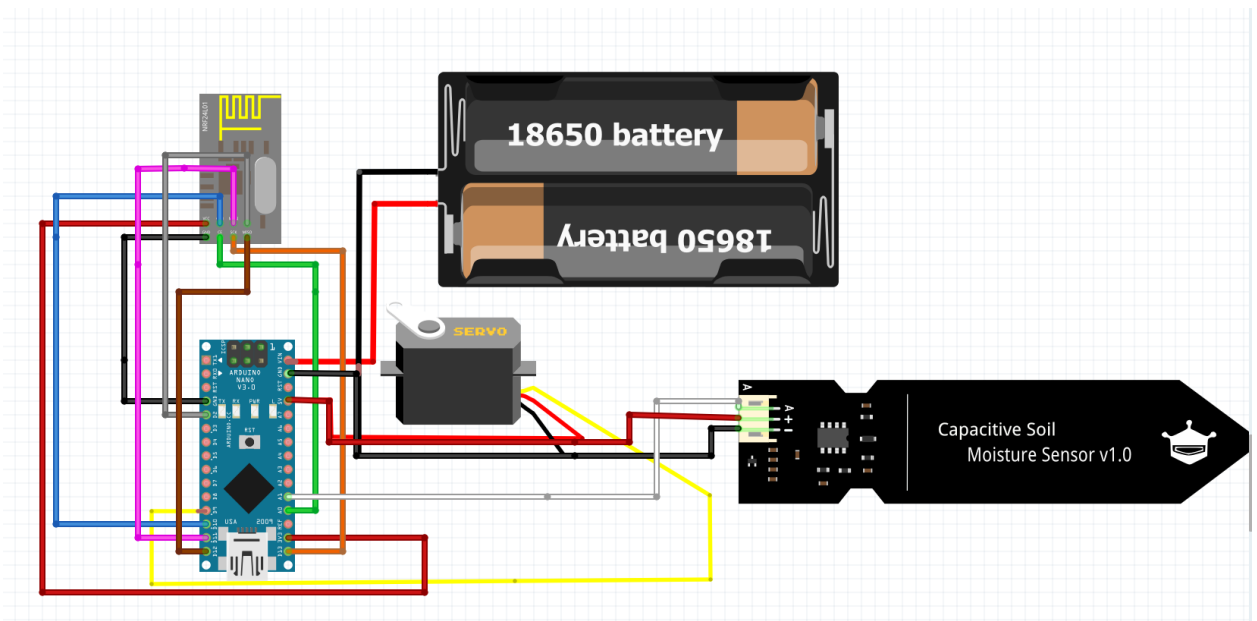


Рисунок 4.10 – Схема системи поливу

На цьому фізична архітектура для системи поливу є описаною, наступним елементом інформаційної системи є серверна частина. Серверна частина буде будуватись на платі Raspberry Pi Zero. Ця плата має декілька версій. Якщо брати найпершу версію то WiFi модулю немає та його додають через OTG. У новіших версіях додали WiFi модуль, та покращено потужність чіпа. Чіпа ARM Cortex-A53 з тактовою частотою 1GHz, чого достатньо для хостингу телеграм боту та передачі даних [19]. На рисунку 4.11 зображена плата Raspberry Pi Zero.

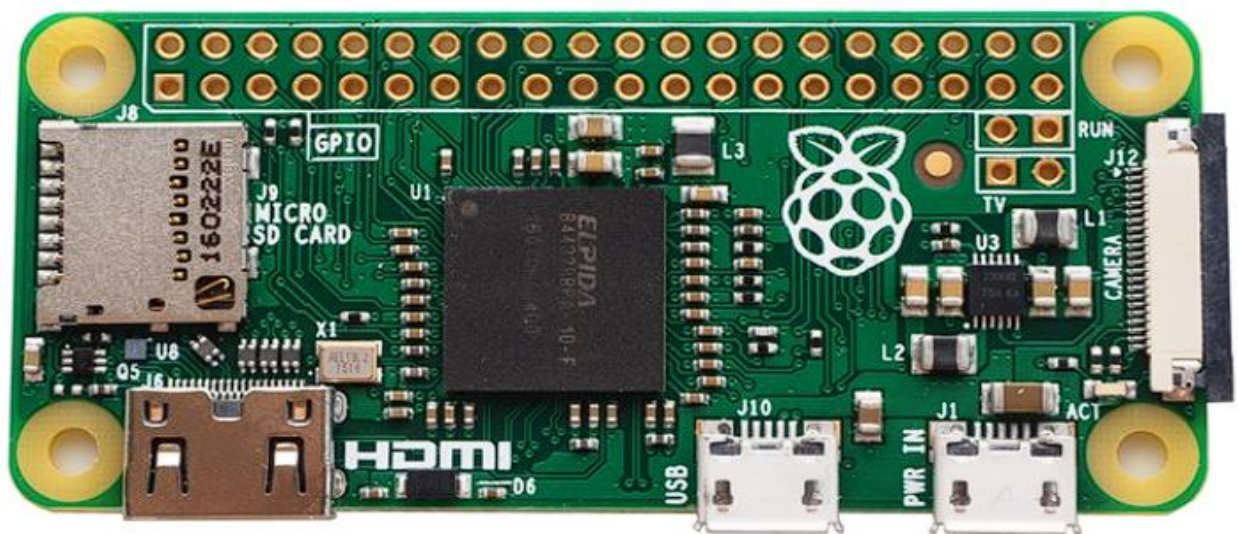


Рисунок 4.11 – Raspberry Pi Zero

Модуль для передачі даних такий же як і у системи поливу, а саме NRF24L01. Схема серверної частини зображена на рисунку 4.12.

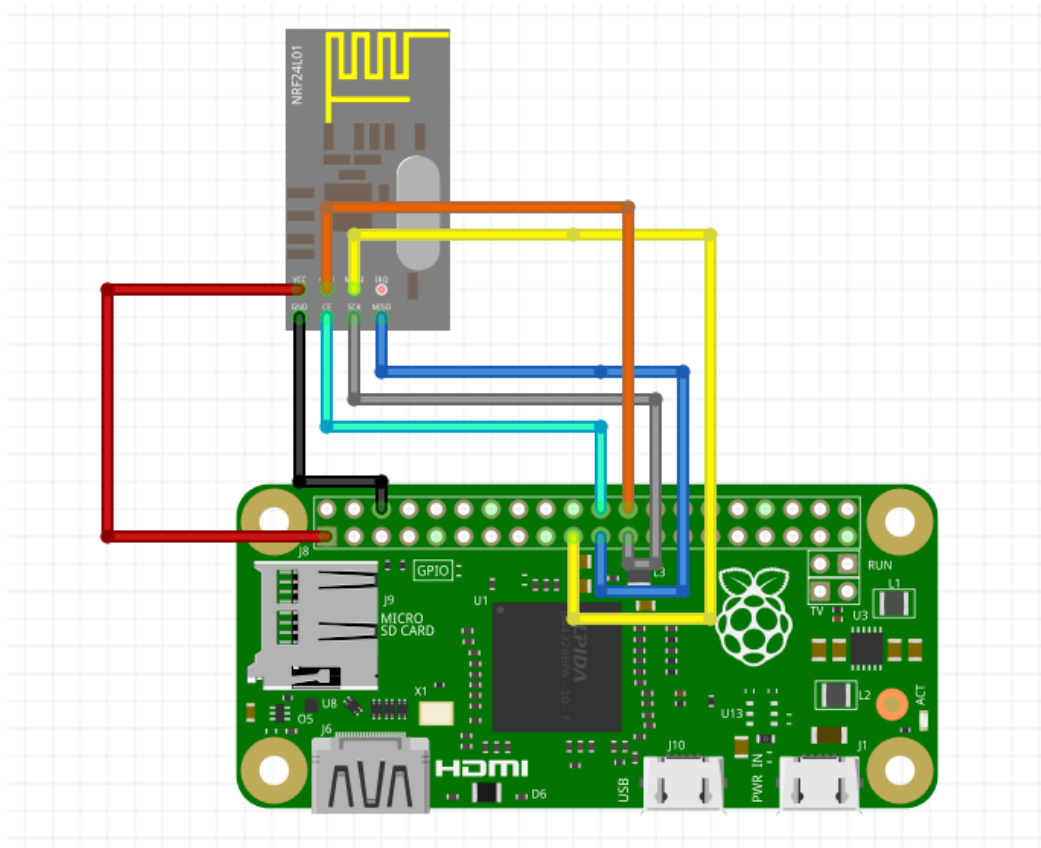


Рисунок 4.12 – Схема серверної частини

Схема серверної частини зображена з версією Raspberry Pi Zero де вбудований WiFi модуль.

#### 4.6 Сценарії використання

Сценарії для користувача починається з вибору команд у телеграм боті та введення цієї команди для обробки. Далі в залежності від вибору команди користувача. Серверна частина оброблює цю команду та працює за алгоритмом, який закодований у серверній частині. Передає нові дані або змінює наявні на серверній частині. На рисунку 4.13 зображена діаграма варіантів використання у застосунку.



Рисунок 4.13 – Діаграма варіантів використання для користувача

Було описано три основні гілки, а саме:

- перевірка стану системи поливу;
- формування нового графіку поливу або його зміни;
- додавання або видалення користувачів телеграму, які мають доступ до системи поливу.

В кінці усі стани зберігаються на серверній частині.

## 5 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ

### 5.1 Технічний стек реалізації системи

Система поливу буде реалізована на мові програмування C, так як треба забезпечити максимальний рівень енергоефективності.

Мова програмування C вважається однією з найважливіших мов у світі програмування, яка за свою понад півстолітню історію встигла завоювати серця мільйонів програмістів. Розроблена в 1972 році Денісом Рітчі, C виникла в лабораторії Bell у США як ефективний і універсальний інструмент для розробки операційних систем. З того часу вона пройшла довгий шлях і стала основою для розвитку багатьох інших мов програмування.

Однією з ключових переваг C є його простота та ефективність. Синтаксис мови дозволяє програмістам виражати ідеї лаконічно, а висока продуктивність забезпечує швидке та ефективне виконання програм. Ще однією вагомою перевагою є портативність коду, яка дозволяє легко переносити програми між різними платформами.

Код який буде написаний на C можливо досить швидко перенести на інші платформи та мікроконтролери [20].

Для реалізації серверної частини буде використовуватись Python та C.

Python заснований на ідеї читабельного коду, Python дозволяє програмістам виражати складні концепції у кілька рядків коду. Це зробило мову особливо доступною для початківців, але вона залишається потужним інструментом для професіоналів.

Python також відомий своєю великою та активною спільнотою. Спільнота Python підтримує розвиток мови, створює безліч бібліотек та фреймворків, і надає ресурси для вивчення та розвитку навичок програмування. Ця спільнота стала однією з найсильніших сил, що підтримують та розвивають мову Python, роблячи її не тільки інструментом,

але й культурним явищем у світі програмування [21]. Таким чином утворились бібліотеки з взаємодією телеграм API.

Телеграм API є наступним засобом розробки, він використовується для взаємодії з серверами телеграму, для отримання оновлень чи повідомлень від користувачів [22].

Для полегшеної взаємодії між телеграм API та серверної частини системи буде використовуватись бібліотека python telegram bot. Ця бібліотека є популярним рішенням для розробки Telegram-ботів мовою програмування Python. Завдяки цій бібліотеці розробники можуть легко створювати потужні та гнучкі боти для спілкування з користувачами в месенджері Telegram. Однією з переваг цієї бібліотеки є те, що вона надає зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для взаємодії з телеграм API, спрощуючи процес розробки та дозволяючи швидко створювати різноманітні функціональності для ботів [23].

## 5.2 Реалізація системи поливу

В першу чергу для роботи системи поливу потрібно приєднати та налаштувати передатчик NRF24L01 для роботи в режимі передачі або прийому. Для цього буде використовуватись легковагова бібліотека, яка написана на C для NRF24L01 для використання на AVR архітектурі. Саме через цю бібліотеку буде передаватись дані [24]. На рисунку 5.1 зображено конфігурацію NRF24L01 після ініціалізації мікроконтролера.

```
nRF24L01+ configured as:
-----
CONFIG          0x3f
EN_AA           0x0
EN_RXADDR      0x1
SETUP_RETR     0xf0
RF_CH          0x74
RF_SETUP       0xe
STATUS         0xe
FEATURE        0x4
-----
```

Рисунок 5.1 – Ініціалізація NRF24L01

Для взаємодії з серводвигуном який встановлений на клапан подачі води, було реалізовано модуль серводвигуна який базується на PWM.

Більшість доступних сервоприводів мають трипровідний роз'єм. Один провід подає позитивну напругу постійного струму - зазвичай від 5 до 6 вольт. Другий провід призначений для заземлення напруги, а третій провід є сигнальним. Мікроконтролер розмовляє з серводвигуном через цей дріт за допомогою простого імпульсного сигналу ввімкнення/вимкнення.

Кількість обертів серводвигуна залежить від напруги, яка подається на серводвигун. Тобто контроль серводвигуна та визначення його позиції в кутовій площині буде через час, який потрібен для встановлення того чи іншого кута. На рисунку 5.2 зображено значення серводвигуна.

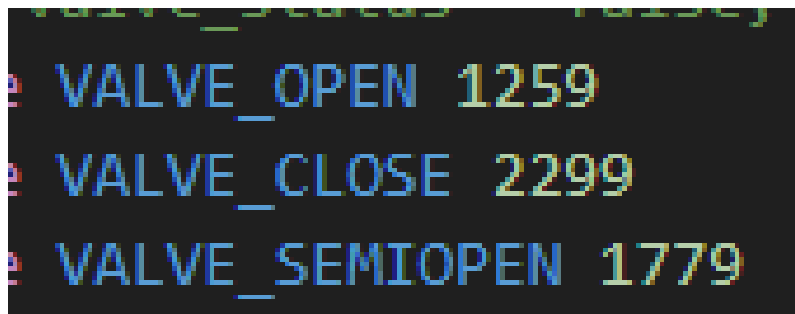


Рисунок 5.2 – Значення контролю серводвигуна

Для генерації PWM-сигналу буде використовуватись Timer1, який є на визначеному піні Arduino Nano.

Отримання даних щодо вологості буде проходити через ADC. ADC це перетворення аналогового сигналу у цифровий формат. ADC вимірює аналоговий сигнал та представляє його у вигляді цифрового числа, яке може бути оброблене цифровими пристроями. Це дозволяє працювати з аналоговими сигналами у цифровому середовищі, що спрощує обробку та аналіз. На рисунку 5.3 зображені оброблені аналогові дані за допомогою ADC.

Отримання даних проводилось у двох станах. Перший стан це сухий ґрунт, при сухому ґрунті значення коливається приблизно між 120-140. При 60-80 ґрунт є дуже вологим. Між 80-100 це оптимальна вологість ґрунту.

100-120 це помірна вологість ґрунту, при якій полив можна ще не підключати.

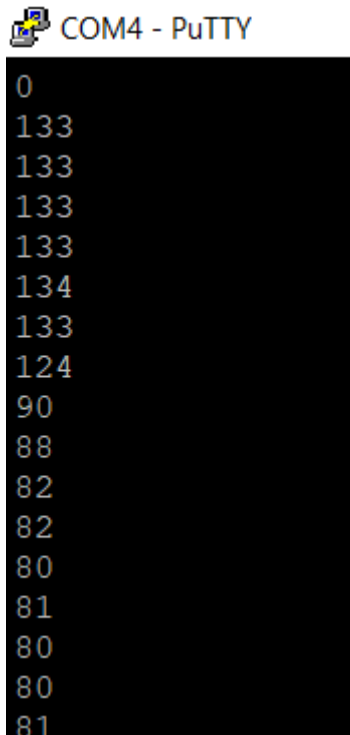
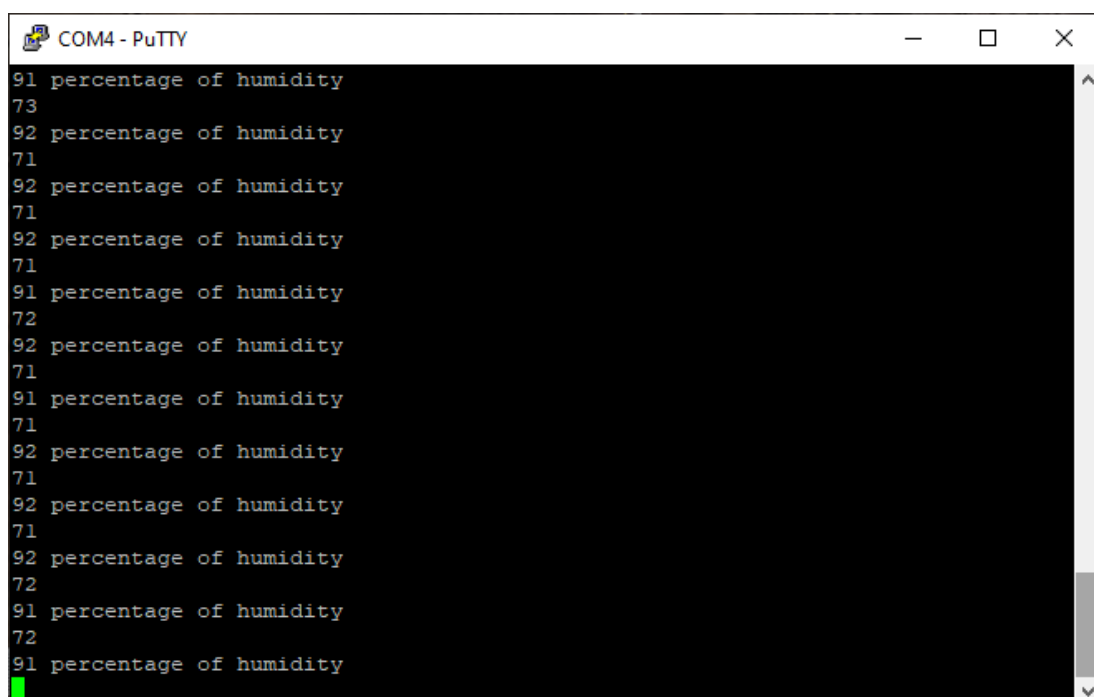


Рисунок 5.3 – Дані з датчика вологості

Щоб дані були більш зрозумілі, було переведено їх до процентного співвідношення до максимального значення 140 та мінімального значення 60.

На рисунку 5.4 зображено зчитування даних з датчика вологості ґрунту та переведення даних у проценти.



### Рисунок 5.4 – Перетворення даних вологості у відсотки

Наступним кроком реалізації є створення вбудованого графіку поливу, який буде налаштовуватись через серверну частину користувачем. Вбудований графік поливу буде будуватись на нульовому таймері. Цей таймер користувач може також вимкнути та керувати поливом без графіку через прямі команди увімкнення поливу та вимкнення поливу.

Після того, як основні функції системи поливу готові, можна переходити до реалізації енергоефективного режиму. Енергоефективний режим також будується на внутрішньому таймері. Цей таймер буде працювати завжди. Для тестування енергоефективного режиму було обрано 20 секунд сну та 20 секунд повноцінної роботи. На рисунку 5.4 зображений результат енергоефективного режиму.

```

COM4 - PuTTY
Startup successful

nRF24L01+ configured as:
-----
CONFIG          0x3f
EN_AA           0x0
EN_RXADDR      0x1
SETUP_RETR     0xf0
RF_CH          0x74
RF_SETUP       0xe
STATUS         0xe
FEATURE        0x4
-----

Valve open. 7 percentage of humidity
0:1
0:2
0:3
0:4
0:5
0:6
0:7
0:8
0:9
0:10
0:11
0:12
0:13
0:14
0:15
0:16
0:17
0:18
0:19
0:20
SLEEP ONC 0:1
0:2
0:3
0:4

```

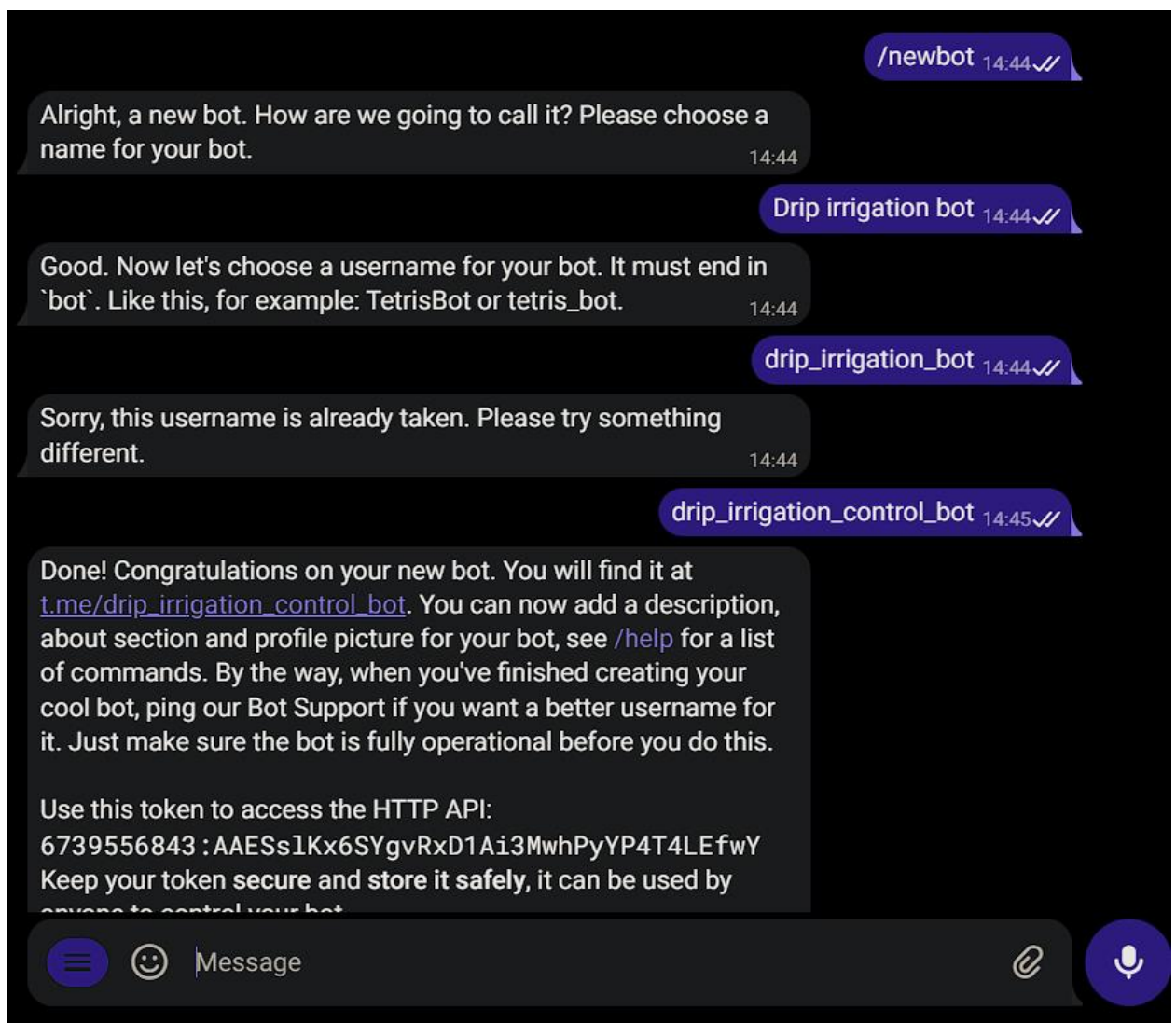
### Рисунок 5.4 – Увімкнення енергоефективного режиму

Споживання у енергоефективному режимі в районі 10mah. Споживання у звичайному режимі в районі 30mah з підвищенням при отриманні даних та зміни положення сервоклапану до 140mah.

Основні функції системи поливу готові, можна переходити до реалізації серверної частини.

### 5.3 Реалізація серверної частини

Реалізація серверної частини як і описувалось у технічному стеку відбувається за допомогою бібліотеки, яка надає змогу спілкуватись з телеграм API та Python. Також потрібно створити телеграм бота через BotFather. На рисунку 5.5 зображено створення телеграм бота.



### Рисунок 5.5 – Створення телеграм бота

Першим завданням для телеграм бота та серверної частини є отримання даних з системи поливу. Це буде відбуватись від команди користувача та після обробки запиту буде надсилатись результат цього запиту. На рисунку 5.6 зображено результат реалізації отримання даних з системи поливу стосовно вологості ґрунту та інших характеристик.

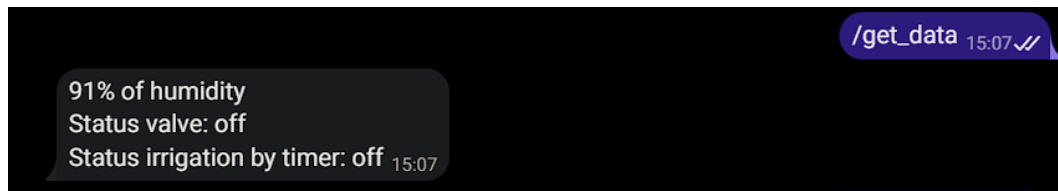


Рисунок 5.6 – Отримання даних щодо стану системи поливу

Далі потрібно налаштувати доступність до системи. Так як створення будь-якого бота у телеграмі є публічним. Для цього буде використовуватись чат айді кожного користувача. Процес додавання на даний момент ручний для прототипної версії. Результат захисту системи від інших користувачів зображено на рисунку 5.7.

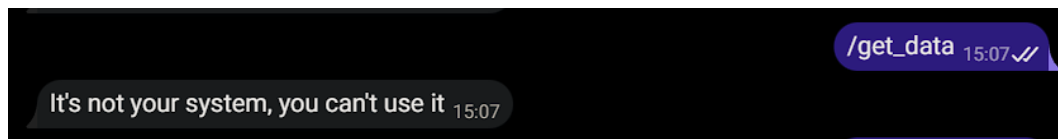


Рисунок 5.7 – Захист системи від інших користувачів

Наступною задачею серверною частини є зміна стану:

- таймеру для поливу;
- сервоклапану для поливу.

Результат зміни статусів системи поливу зображено на рисунку 5.8.

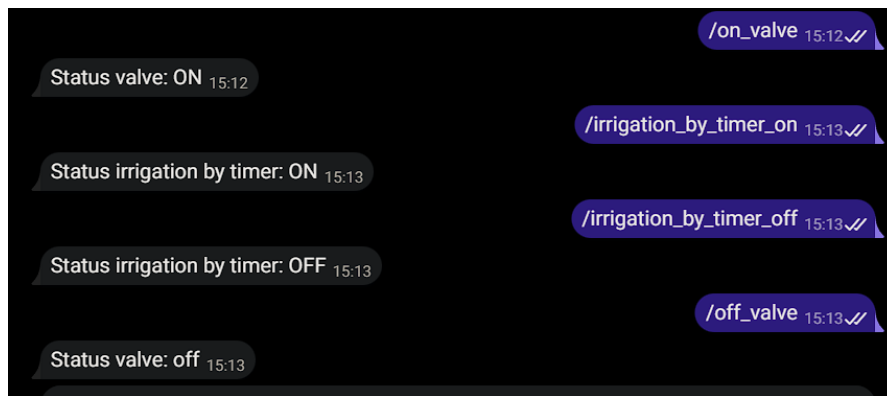


Рисунок 5.8 – Зміна статусів системи поливу

Передача даних та отримання зворотнього зв'язку відбувалась в умовах трьох метрів, тому отримання даних з системи поливу відбувається майже одразу після запиту. Якщо збільшити довжину або перешкоди на шляху сигналу час затримки збільшується.

## ВИСНОВКИ

В результаті кваліфікаційної роботи було спроектовано інформаційну систему віддаленого керування та реалізовано прототип, який повинен задовольнити стейкхолдерів, як початкова розробка системи.

Система поливу спроектована так, що може працювати без постійного енергоживлення, тобто було створено енергоефективний режим який зменшує витрати енергії. Для живлення на тиждень повноцінної роботи системи поливу достатньо двох акумуляторів 18650. Система може самостійно визначати вологість ґрунту та підключати полив в момент коли значення вологості менше норми. Для взаємодії між системою поливу та користувачем була спроектована та реалізована прототипна система телеграм бота, через який ведеться контроль системи поливу.

В результаті розробленої кваліфікаційної роботи було проведено:

- аналіз видів систем автоматичного поливу;
- аналіз видів дистанційного керування поливу;
- проектування за методом АТАМ;
- проектування за методом 4+1;
- реалізовано прототип системи на базі проектних рішень.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Water system URL:

<https://www.regionah2o.org/water-conservation/outdoor-water-conservation/watering-systems> (дата звернення: 01.09.2023).

2. Інформаційна система URL:

<https://emeritus.org/in/learn/information-system/> (дата звернення: 06.09.2023).

3. Soaker Hose URL:

<https://swanhose.com/blogs/soaker-hoses/what-is-a-soaker-hose-and-how-does-it-work> (дата звернення: 21.09.2023).

4. Крапельний полив: URL:

<https://web.uri.edu/safewater/protecting-water-quality-at-home/sustainable-landscaping/drip-irrigation/#:~:text=Drip%20irrigation%20involves%20placing%20tubing,plant%20productivity%20and%20quality%20improve.> (дата звернення: 30.09.2023).

5. Sprinkler system URL:

<https://www.hunterindustries.com/en-metric/benefits-hunter-automatic-sprinkler-system> (дата звернення: 11.10.2023).

6. Роторний полив URL:

<https://www.rainbird.com/homeowners/products/rotor-sprinklers> (дата звернення: 12.10.2023).

7. Фільтри URL:[https://www.irrigationglobal.com/contents/en-us/d316\\_filters\\_filtration\\_solutionssand\\_separator.html](https://www.irrigationglobal.com/contents/en-us/d316_filters_filtration_solutionssand_separator.html) (дата звернення: 25.10.2023).

8. Сенсор дощу. URL: <https://www.hackster.io/MisterBotBreak/how-to-use-a-rain-sensor-bcecd9> (дата звернення: 29.10.2023).

9. Датчик вологості ґрунту. URL: <https://arduino.ua/prod2755-emkostnii-datchik-vlajnosti-pochvi> (дата звернення: 01.11.2023).

10. LAN. URL: <https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-lan/> (дата звернення: 10.09.2023).

11. Server URL: [https://www.researchgate.net/figure/Central-access-control-server-architecture\\_fig1\\_322652515](https://www.researchgate.net/figure/Central-access-control-server-architecture_fig1_322652515) (дата звернення 20.09.2023).
12. ATAM. URL:  
<https://insights.sei.cmu.edu/library/architecture-tradeoff-analysis-method-collection/> (дата звернення 25.09.2023).
13. Stakeholder. URL:  
[https://www.investopedia.com/terms/s/stakeholder.asp#:~:text=Error%20Code%3A%20100013\)-,What%20Is%20a%20Stakeholder%3F,employees%2C%20customers%2C%20and%20suppliers.](https://www.investopedia.com/terms/s/stakeholder.asp#:~:text=Error%20Code%3A%20100013)-,What%20Is%20a%20Stakeholder%3F,employees%2C%20customers%2C%20and%20suppliers.) (дата звернення 30.09.2023).
14. 4+1 URL:  
<https://sitharabandara.medium.com/4-1-architectural-view-model-9ffe2bcf28a2>  
(дата звернення 01.10.2023).
15. Arduino Nano URL:  
<https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата звернення 02.10.2023).
16. NRF24L01 URL:  
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/> (дата звернення 03.10.2023).
17. SG90. URL:  
<https://arduino.ua/prod416-servoprivod-sg90-2kg> (дата звернення 03.10.2023).
18. Capacitive Soil Moisture Sensor URL:  
<https://diyshop.com.ua/en/emkostnyj-datchik-vlazhnosti-pochvy-v2-0> (дата звернення: 05.10.2023).
19. Raspberry pi Zero. URL:  
<https://datasheets.raspberrypi.com/> (дата звернення: 10.11.2023)
20. C language. URL:  
[https://www.w3schools.com/c/c\\_intro.php](https://www.w3schools.com/c/c_intro.php) (дата звернення: 12.10.2023)
21. Python. URL: <https://www.python.org/doc/> (дата звернення:13.11.2023).
22. Telegram API. URL: <https://core.telegram.org/> (дата звернення:14.11.2023).

23. python telegram bot. URL: <https://python-telegram-bot.org/> (дата звернення:15.10.2023).
24. nRF24L01-avr-bareminimum URL: <https://github.com/thehelvijs/nRF24L01-avr-bareminimum> (дата звернення:16.10.2023).