Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОЛИВУ ЗА РОСЛИНАМИ

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-21б
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
ОП- Радіотехніка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
Лаптєв М.В.
(прізвище та ініціали)
Керівник: д.т.н., проф., каф. ІРТС
Осадчук О.В.
(прізвище та ініціали)
«10» 06 2025 р.

Рецензент: д.т.н., доц., проф., каф. ІКСТ
Михалевський Д.В.
(прізвище та ініціали)
«11» 06 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
(прізвище та ініціали)
«12» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
_____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лаптєву Михайлу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Радіотехнічна система контролю поливу за рослинами**
керівник роботи д.т.н., проф. каф. ІРТС Осадчук О.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу від "20" 03. 2025 року № 97
2. Строк подання студентом роботи 10 06 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: провести аналіз сучасного стану систем контролю поливу за рослинами, розглянути принцип побудови системи, провести моделювання радіотехнічної системи, напруга живлення: 5 В, робоча температура -30°С~ 70°С
4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасного стану систем контролю поливу за рослинами. Розробка радіотехнічної системи. Моделювання радіотехнічної системи. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Функціональна схема радіотехнічної системи. Проектування дослідного зразка. Схема електрична принципова. Моделювання мультиплексора. Моделювання термогігрометра. Проектування дослідного зразка. Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та високому рівні освітлення. Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та низькому рівні освітлення. Модуль реле при низькому рівні вологості на другому датчику вологості грунту та низькому рівні освітлення. Модуль реле при низькому рівні вологості на обох датчиках вологості грунту та низькому рівні освітлення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., проф. каф. ІРТС. Осадчук .О.В.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, доцент, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БКР	14.02.2025-28.02.2025	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2025-19.03.2025	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БКР.	20.03.2025-25.03.2025	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	26.03.2025-06.05.2025	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	07.05.2025-18.05.2025	
6.	Розробка графічної частини БКР	19.05.2025-22.05.2025	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2025-25.05.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	26.05.2025-05.06.2025	
9.	Нормоконтроль	07.06.2025-10.06.2025	
10.	Попередній захист БКР, доопрацювання, рецензування БКР	11.06.2025-12.06.2025	
11.	Захист БКР ЕК	13.06.2025-17.06.2025	

Студент _____ (підпис) Лаптєв М.В.

Керівник роботи _____ (підпис) Осадчук О.В

АНОТАЦІЯ

УДК 621.386.3

Лаптєв М. В. Радіотехнічна система контролю поливу за рослинами. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2025. 108 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 38; табл. 6.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена вивченню теоретичних аспектів та проведенню експериментального дослідження радіотехнічної системи контролю поливу рослин. В рамках роботи розроблено структурну схему пристрою та підібрано відповідну елементну базу.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було здійснено аналіз радіотехнічних систем контролю поливу, який охоплює вивчення принципів функціонування, архітектури, сенсорів і технологій збору даних, методів передачі та обробки інформації, а також алгоритмів управління. Особливу увагу було приділено актуальності впровадження таких систем, їх розробці та моделюванню. У загальній частині проекту проведено огляд літератури, що підтвердив доцільність створення системи.

Ключові слова: радіотехнічна система, мультиплексор, модулі, сенсори, обробка інформації.

ABSTRACT

Laptev M. V. Radio-technical system for controlling irrigation of plants. Bachelor's thesis in the specialty 172 - Telecommunications and Radio Engineering, educational program-Radio Engineering. Vinnytsia:VNTU, 2025.108p.

Language: Ukrainian. Bibliography: 34 titles; figures: 38; tables: 6.

The bachelor's thesis focuses on the theoretical study and experimental research of a radio-technical system designed to control plant irrigation. Within the scope of the work, a structural diagram of the device was developed, and a suitable element base was selected.

The research includes an analysis of radio-technical systems for plant irrigation control. This involves exploring the operational principles of such systems, their architecture, sensors, and data collection technologies, as well as methods for information transmission and processing, alongside key algorithms for analysis and management. Special attention was paid to the relevance of implementing such systems, their design, and modeling. In the general part of the project, a literature review was conducted, which substantiated the necessity of developing the system.

Keywords: radio-technical system, multiplexer, modules, sensors, information processing.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПОЛИВУ ЗА РОСЛИНАМИ 9
1.1 Актуальність систем поливу за рослинами 9
1.2 Аналіз сучасних систем контролю поливу за рослинами 19
1.3 Висновки до розділу 22
2 РОЗРОБКА РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ 23
2.1 Вибір та обґрунтування схеми системи 23
2.2 Види та обґрунтування радіотехнічної системи 29
2.3 Розробка програмного забезпечення 32
3 МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ 53
3.1 Вибір моделюючого пакету 53
3.2 Моделювання мультиплексора 57
3.3 Моделювання модулю температури і вологості повітря 59
3.4 Дослідження тестового зразка 63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ 73
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи 74
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії 77
4.3 Пожежна безпека 82
ВИСНОВКИ 86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 88
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал 91
Додаток Б (обов'язковий)) Протокол перевірки бакалаврської кваліфікаційної роботи 97
Додаток В (довідниковий) Лістинг програми 99

ВСТУП

Радіотехнічна система контролю поливу рослин — це технологічний комплекс, що застосовує радіотехнології для спостереження та управління параметрами навколишнього середовища рослин. Вона складається з силової електроніки, сенсорів, модулів збору та передачі даних, пристроїв для обробки інформації, а також алгоритмів аналізу й управління.

Актуальність теми.

Використання радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами зумовлене нагальною потребою у постійному спостереженні та регулюванні параметрів навколишнього середовища.

Основною метою такої системи є збирання, обробка та аналіз даних про ключові параметри довкілля, як-от вологість ґрунту, вологість повітря, температура, рівень освітлення тощо. Ці показники забезпечують об'єктивну інформацію про стан рослин, дозволяючи своєчасно задовольняти їхні потреби без прямого втручання людини. [1]

Застосування подібної системи є надзвичайно широким: від використання у теплицях і на полях до домашнього поливу рослин у різних умовах. Вона надає можливість моніторингу параметрів середовища, передачі даних на відстані, виявлення змін у параметрах та оперативного реагування на них.

Сучасні дослідження та інновації в галузі радіотехнічних систем для контролю параметрів довкілля та автоматизації стають дедалі популярнішими у різних сферах, таких як охорона здоров’я, безпека, промисловість, виробництво та наукові дослідження.

Основу радіотехнічної системи контролю поливу рослин становлять мікросхеми, різноманітні індикатори, дисплей, реле, мультиплексор, а також датчики вологості ґрунту, температури й вологості повітря. Корпус пристрою планується виготовляти з деталей, надрукованих за допомогою 3D-принтера.

Мета роботи полягає у вивченні радіотехнічної системи контролю поливу рослин і створенні структурної схеми пристрою. Вона також включає оптимізацію системи для підвищення її ефективності, забезпечення надійної передачі даних і збільшення загальної надійності роботи.

Об'єктом дослідження є теоретичний аналіз радіотехнічних систем для контролю поливу рослин. Це включає вивчення принципів їх функціонування, архітектури, сенсорів, засобів збору даних, а також методів передачі й обробки інформації. Також розглядаються основні алгоритми аналізу й управління.

Крім того, дослідження охоплює розробку програмного забезпечення для збору, обробки й передачі даних із радіотехнічної системи, а також тестування як самої системи, так і створеного програмного забезпечення.

Предметом дослідження є дослідження радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами, а також моделювання модулів системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Здійснити аналіз сучасного стану систем для контролю поливу рослин.
2. Розробити радіотехнічну систему, обґрунтувати вибір схеми, створити програмне забезпечення, визначити необхідні модулі та оцінити їхні характеристики..
3. Провести моделювання радіотехнічної системи та окремих її блоків.
4. Оцінити продуктивність різних модулів і вибрати оптимальний програмний пакет для моделювання.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПОЛИВУ ЗА РОСЛИНАМИ

1.1 Актуальність систем поливу за рослинами

Радіотехнічна система контролю поливу рослин є актуальною технологією в сучасному світі, яка об’єднує традиційне зрошення з цифровими технологіями, забезпечуючи точне, адаптивне та економічно ефективне управління водними ресурсами. Такі системи дозволяють не тільки оптимізувати споживання води, а й створити умови для стійкого розвитку господарств, де кожна капля використовується із максимальним результатом. [2]

Успіх цього підходу базується на синергії останніх досягнень в області бездротового зв’язку, мікроелектроніки, сенсорних технологій та хмарних обчислень. Завдяки інтегрованій мережі датчиків, що розміщуються по всій території поля або саду, система постійно моніторить показники ґрунтової вологи, температури, освітленості та інші критичні параметри, отримуючи реальні дані про стан агроекосистеми. Ці дані миттєво передаються за допомогою сучасних радіочастотних технологій – таких як WIFI – до центрального контролюючого вузла, який приймає оперативні рішення щодо регулювання режиму поливу. Таким чином, автоматичне керування дозволяє зменшити людський фактор, суттєво скоротити операційні витрати та підвищити врожайність завдяки оптимальному використанню водних ресурсів [3].

Історія розвитку систем зрошення свідчить про поступовий перехід від досить простих механічних і ручних методів до високотехнологічних рішень, пристосованих до сучасних умов. Уже стародавні цивілізації, такі як Єгипет або Месопотамія, вміло використовували природні та побудовані людськими руками канали для розподілу води, проте згодом із розвитком цивілізації виникла необхідність у більш точному та ефективному контролі за зрошенням. У XX столітті, коли роботизація почала проникати у всі сфери

господарської діяльності, з’явилися перші автоматизовані системи, що базувалися на аналогових технологіях. Сучасний етап стає логічним продовженням цієї історії – з’єднанням класичних агротехнічних рішень із діджиталізацією, що дозволяє забезпечити повноцінну автоматизацію на базі радіотехнічних засобів.

Однією з ключових переваг впровадження радіотехнічного контролю поливу є можливість здійснювати моніторинг і регулювання водних ресурсів у режимі реального часу. Кожен датчик, розміщений у полі чи саду, постійно вимірює рівень вологості ґрунту та температуру повітря, що дозволяє алгоритмам системи аналізувати динаміку змін і приймати рішення щодо зрошення з точністю до кількох хвилин. Ця оперативність є вирішальним фактором особливо в регіонах, де погодні умови змінюються миттєво, а кліматичні умови є несподіваними. Завдяки впровадженню сучасних протоколів передачі даних, таких як WIFI – що дозволяє здійснювати передачу сигналів на великі відстані при мінімальному енергоспоживанні – система працює стабільно навіть у віддалених районах, де традиційна комунікаційна інфраструктура може бути недостатньою. [4]

Комплексна архітектура радіотехнічної системи контролю поливу включає в себе кілька важливих компонентів. По-перше, це сенсорні блоки, які встановлюються безпосередньо у ґрунті, де вони виконують функції постійного моніторингу. Вимірювання рівня вологи, температури та інших параметрів стають базою для подальшого аналізу. По-друге, модулі бездротової комунікації забезпечують передачу даних до центрального контролера, використовуючи передові протоколи, що гарантують високий рівень з’єднання і мінімізують вплив можливих зовнішніх перешкод. По-третє, центральний комп’ютер або сервер, що працює на базі хмарних технологій, аналізує отримані дані. Нарешті, виконавчі пристрої – насоси, клапани та інші механізми – виконують рекомендації центрального контролера, забезпечуючи точне регулювання потоку води.

Водночас, застосування радіотехнічної системи контролю поливу має не лише технологічний, але й суттєвий економічний сенс. Автоматизація зрошувальних процесів знижує витрати на оплату праці, мінімізує втрати води та дозволяє значно підвищити врожайність. Ефективніше використання водних ресурсів сприяє не тільки збільшенню прибутку господарств, але й створює передумови для сталого розвитку аграрного сектора, що є особливо актуальним в умовах глобальних змін клімату і обмежених ресурсів. Кожна господарська одиниця, впроваджуючи системи дистанційного керування, несе відповідальність перед природою, знижуючи ризики надмірного чи недостатнього зрошення, що у свою чергу допомагає запобігти ерозії ґрунту та накопиченню шкідливих солей. [5]

Одним із важливих аспектів сучасного підходу до контролю поливу є інтеграція технології Інтернету Речей (IoT). Завдяки цьому кожен компонент системи – від окремих сенсорів до центрального контролера – може бути підключений до глобальної мережі, що дозволяє отримувати дані з будь-якої точки світу. Використання IoT не лише робить систему більш гнучкою, а й дозволяє проводити глибокий аналіз зібраних даних за допомогою алгоритмів машинного навчання. Такі аналітичні модулі здатні виявляти закономірності, прогнозувати майбутні потреби рослин і навіть видавати рекомендації для оптимізації зрошувальних процесів. В результаті, аграрії отримують інструменти для оперативного прийняття рішень, що значно підвищує продуктивність сільськогосподарського виробництва та зберігає екологічне середовище.

Ще одним немаловажним напрямком є енергозабезпечення системи. Оскільки робота сенсорів та передавальних модулів часто здійснюється у важкодоступних місцях, критично важливим стає питання автономного живлення пристроїв. Завдяки використанню режимів енергозбереження та впровадженню альтернативних джерел енергії – таких як сонячні панелі чи вітрові генератори – сьогодні можливе створення систем, здатних працювати протягом тривалого часу без необхідності частого обслуговування. Це не

лише знижує операційні витрати, а й забезпечує надійність роботи, що є ключовим фактором для застосування технології у великих аграрних масштабах.

Серед викликів, з якими стикаються дослідники та практики при впровадженні радіотехнічних систем контролю поливу, можна виділити кілька основних категорій. По-перше, технічна складність забезпечення стабільного бездротового зв’язку у важких кліматичних умовах або на великих відстанях вимагає постійних інноваційних рішень та удосконалення протоколів передачі даних. По-друге, експлуатаційна надійність обладнання, яке працює у відкритому середовищі, де воно піддається впливу вологи, пилу та екстремальних температур, потребує використання спеціальних захисних матеріалів та конструктивних рішень. По-третє, високі початкові інвестиції, необхідні для встановлення такої системи, хоча й окуповуються за рахунок зменшення витрат на ресурсне забезпечення господарства, можуть стати стримуючим чинником для малих та середніх фермерських господарств. [6]

Незважаючи на ці труднощі, численні практичні кейси свідчать про успішне впровадження радіотехнічних систем контролю поливу у різних країнах світу. Наприклад, у провідних аграрних державах Європи, а також у Сполучених Штатах і Ізраїлі, технології дистанційного контролю поливу вже демонструють високий рівень автоматизації, сприяючи зниженню витрат води до 30–40 % та значному підвищенню врожайності культур. У таких системах важливо враховувати локальні особливості кожного господарства – тип ґрунту, кліматичні умови, особливості вирощуваних культур – що робить їх надзвичайно гнучкими та адаптивними до конкретних умов експлуатації. Практичний досвід дозволяє стверджувати, що впровадження сучасних технологій у зрошувальні процеси не просто сприяє підвищенню продуктивності, а й стає важливим кроком у напрямку екологічного відновлення природних ресурсів та забезпечення продовольчої безпеки регіонів.

Окрім безпосередньої економічної вигоди, радіотехнічна система контролю поливу має й суттєві екологічні переваги. Раціональне використання водних ресурсів у сільському господарстві дозволяє зберегти родючість ґрунтів, зменшити ерозію та запобігти негативному впливу на біорізноманіття. У сучасних умовах, коли важливість сталого розвитку набуває все більшого значення, впровадження таких технологій розглядається не тільки як економічна потреба, а як соціально відповідальне й екологічно обґрунтоване рішення. Державні програми підтримки та субсидії на впровадження інноваційних зрошувальних технологій поступово змінюють стратегії розвитку аграрного сектора, сприяючи переходу до нових, більш ефективних методів управління природними ресурсами. [7]

Сучасний розвиток технологій бездротового зв’язку і обчислювальної техніки сприяє подальшій інтеграції радіотехнічних систем з інших аспектів «розумного» господарства. Системи контролю поливу активно інтегруються з платформами Big Data, що дозволяє аналізувати великі обсяги інформації з численних джерел – як з місцевих сенсорів, так і зі зовнішніх метеорологічних баз даних. Цей підхід відкриває можливості для прогнозування майбутніх змін у кліматичних умовах, дозволяючи заздалегідь налаштовувати режими поливу з урахуванням не лише поточного стану полі, а й сезонних змін, короткострокових та довгострокових прогнозів. Завдяки такій синергії технологій аграрії отримують інструменти для глибшого розуміння процесів, що відбуваються у природі, і можуть оперативно реагувати на будь-які зміни.

Інше важливе питання, яке не можна обходити, – це сумісність та масштабованість системи. В сучасному світі, де аграрні підприємства часто мають великі площі та розподілену інфраструктуру, необхідно забезпечити можливість інтеграції нових датчиків і пристроїв без зниження ефективності й якості передавання даних. Стандартизовані протоколи зв’язку, відкриті API та адаптивні алгоритми обробки інформації допомагають у цьому завданні, дозволяючи створити єдину, складну систему, здатну об'єднувати дані з

десятків або навіть сотень пристроїв, що працюють синхронно. З цього випливає, що майбутнє аграрних технологій зазнає не просто модернізації окремих процесів, а трансформації цілого господарського комплексу в напрямку створення «розумних ферм», де кожна операція базується на точних даних і обґрунтованих прогнозах.

Ключовою перевагою такого підходу є можливість оптимізації ресурсів, що включає не лише водні, а й енергетичні, трудові та матеріальні ресурси. Автоматизація зрошувальних процесів дозволяє не тільки зменшити витрати води, а й знизити загальний вплив господарства на навколишнє середовище. Кожна система, запроваджена на основі радіотехнічних технологій, сприяє накопиченню даних, що в майбутньому можуть стати базою для розробки нових підходів у виробництві, плануванні та управлінні аграрними ресурсами. Таким чином, технологія є не просто інструментом для зрошення, а комплексним рішенням, яке може вплинути на всю екосистему господарства. [8]

Досвід впровадження подібних систем свідчить про численні позитивні результати. У випадках, коли аграрні підприємства використовували радіотехнічні системи контролю, було зафіксовано значне зниження витрат води, збільшення врожайності завдяки оптимізації режимів поливу та зниження ризиків виникнення хвороб рослин. Практичні кейси з усіх куточків світу демонструють, що впровадження високотехнологічних рішень не лише покращує операційну ефективність, а також відкриває нові можливості для розширення асортименту культур, експериментальної агротехнології та створення інноваційних моделей фермерства. За словами експертів, майбутнє аграріїв без сумніву пов’язане з переходом до систем дистанційного керування, що будуть постійно удосконалюватися завдяки інтеграції новітніх технологій штучного інтелекту та аналітики.

У комплексі сучасних систем зрошення важливо відзначити роль наукових досліджень, спрямованих на розробку нових матеріалів для сенсорів, вдосконалення алгоритмів прогнозування та оптимізації роботи

системи. Учені та інженери по всьому світу працюють над тим, щоб створити ще більш автономні, енергоефективні та точні рішення, здатні враховувати навіть найдрібніші зміни в умовах реального часу. Інновації, що стосуються альтернативних джерел живлення, вбудованих комунікаційних модулів і адаптивних технологій обробки даних, створюють передумови для радикальної трансформації сільського господарства. Це дозволить знизити економічні ризики, пов’язані з коливаннями ринку, та забезпечити довгострокову стійкість виробництва, що, без сумніву, є актуальним завданням для сучасного світу. [9]

Аналізуючи поточний стан впровадження радіотехнічних систем контролю поливу, можна виділити кілька основних напрямків для подальшого розвитку. По-перше, це розширення мережі сенсорів та підвищення точності вимірювань шляхом використання новітніх технологій наноматеріалів, що забезпечують стабільну роботу навіть у екстремальних умовах. По-друге, інтеграція з глобальними інформаційними мережами дозволить синхронізувати дані з численних джерел, що відкриє можливості для створення універсальних аналітичних платформ. Такі платформи зможуть враховувати як локальні, так і глобальні зміни в кліматі, сприяючи більш точному прогнозуванню потреб рослин та оптимальному розподілу ресурсів. По-третє, подальше вдосконалення алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволить здійснювати не лише реагування на поточні умови, а й давати рекомендації наперед, що значно підвищить ефективність виробничого процесу.

Особливе місце у майбутньому розвитку технологій займає використання автономних безпілотних апаратів та роботизованих систем для моніторингу стану рослин і своєчасного втручання у випадку виявлення відхилень. Синергія між автономними системами збірки даних і централізованою аналітикою відкриває абсолютно нові горизонти для агротехнічних досліджень та практичного впровадження інноваційних рішень у фермерських господарствах. Завдяки такій інтеграції з’являється

можливість не лише реагувати на поточні проблеми, а й проводити попереджувальні дії, що дозволяють запобігти серйозним економічним і екологічним втратам.

Одним із найважливіших аспектів сучасних досліджень є питання економічної ефективності технології. Хоча початкові інвестиції у встановлення радіотехнічної системи контролю поливу можуть бути досить значними, аналіз довгострокової рентабельності показує, що зниження витрат на воду, скорочення трудових ресурсів і підвищення врожайності компенсують ці витрати у найкоротші терміни. Фінансовий аналіз багатьох аграрних проектів свідчить про зниження операційних витрат на 30–40 % та значне підвищення прибутковості підприємств завдяки оптимізації процесу зрошення. [10]

Крім економічних аспектів, впровадження радіотехнічних систем має й суттєві соціальні та екологічні наслідки. Зменшення споживання води сприяє запобіганню виснаженню цього обмеженого ресурсу, що є критичним для багатьох країн, де посушливість та кліматичні аномалії стають все більш розповсюдженими. За рахунок точного регулювання процесу зрошення зменшуються негативні впливи на ґрунтові екосистеми, що, у свою чергу, сприяє збереженню біорізноманіття та покращенню якості родючих земель. Екологічний ефект від впровадження технології набуває особливо важливого значення в умовах зростаючої екологічної свідомості суспільства, де стале господарювання стає запорукою майбутнього процвітання.

Таким чином, радіотехнічна система контролю поливу рослин не тільки являється технічною інновацією, а й інтегрованою платформою, що об’єднує сучасні технології моніторингу, аналізу даних та дистанційного управління. Її застосування відкриває перед господарствами нові перспективи, дозволяючи не лише оптимізувати виробничий процес, а й активно впливати на стійкість екологічної системи, заощаджувати ресурси та забезпечувати високий рівень продуктивності при мінімальних витратах.

Поглиблений аналіз технологічних процесів, що лежать в основі роботи таких систем, дозволяє також відзначити важливість інтерфейсів взаємодії з користувачем. Сучасні платформи забезпечують зручний, інтуїтивно зрозумілий доступ до даних через мобільні додатки та веб-інтерфейси, що дозволяє фермерам у режимі реального часу контролювати стан поливу й оперативно вносити необхідні корективи. Така відкритість інформації є критично важливою для прийняття рішень на всіх рівнях управління господарством, адже навіть незначне відхилення від оптимального режиму може призвести до суттєвих економічних втрат або негативних екологічних наслідків.

Погляд у майбутнє технологій зрошення супроводжується чітким розумінням того, що подальші дослідження і розробки у цій сфері спричинять ще більшу інтеграцію з іншими елементами сучасної фермерської інфраструктури. Очікується, що системи контролю поливу будуть активно поєднуватись із системами управління добривами, прогнозуванням врожайності та навіть із автономними збиральними комплексами, що дозволить створити єдине “розумне” господарство, де кожен процес буде взаємопов’язаний і оптимізований. [11]

Водночас, розвиток радіотехнічних систем контролю поливу відкриває нові наукові питання, пов’язані із вдосконаленням алгоритмів машинного навчання, прогнозуванням гідрологічних процесів та аналізом метеорологічних даних. Інтердисциплінарний підхід, що об’єднує інженерні, агрономічні та інформатичні науки, дозволяє створювати системи, здатні працювати практично автономно, адаптуючись до змін у навколишньому середовищі. Такий підхід вже демонструє свою ефективність у пілотних проектах, де завдяки комплексному аналізу даних вдалося досягти неймовірно високої точності регулювання зрошення, що сприяє покращенню умов для росту рослин та збільшенню врожайності.

Окрім технологічного аспекту, вагомим є і суспільно-економічний ефект від впровадження таких систем. В умовах стрімкого зростання світового населення та підвищення вимог до якості продовольства, питання раціонального використання ресурсів набуває особливої актуальності. Аграрні підприємства, що впроваджують системи автоматизованого зрошення, все частіше стають прикладами успішного модернізованого господарювання, де інтеграція технологій дозволяє знизити витрати, підвищити продуктивність праці і забезпечити стабільний прибуток. Це, своєю чергою, сприяє не лише економічному зростанню окремих господарств, а й стимулює розвиток суміжних галузей промисловості, що займаються виробництвом високотехнологічного обладнання, систем управління та комунікаційними технологіями.

Сучасний етап впровадження технологій контролю поливу супроводжується активним розширенням співпраці між урядовими структурами, приватними інвесторами та науковими установами. Державні програми підтримки інновацій забезпечують фінансування розробок і пілотних проектів, допомагаючи фермерам і аграрним підприємствам зробити перехід до використання передових технологій. Крім того, такі програми сприяють обміну досвідом між країнами, що дозволяє швидше впроваджувати перевірені рішення та адаптувати їх до місцевих умов.

Загалом, радіотехнічна система контролю поливу рослин сьогодні демонструє високий потенціал для трансформації сучасного сільського господарства. Завдяки широкому спектру технологічних рішень, адаптивних алгоритмів, автономних сенсорних мереж та інтеграції з глобальними інформаційними системами, вона дозволяє вирішувати низку критичних завдань – від економії водних ресурсів і зниження витрат до забезпечення екологічної чистоти та підвищення врожайності. Подібні системи стають потужним інструментом у руках аграріїв, надаючи можливість управляти всіма аспектами виробництва навіть на віддалених територіях, де доступ до ресурсів традиційними методами ускладнений. [12]

Перспективи розвитку технології обіцяють ще більшу глибину інтеграції з іншими цифровими рішеннями. У найближчі десятиліття можна очікувати, що системи контролю поливу отримають додаткові модулі для автономного самонавчання, що дозволить їм ще точніше регулювати режим зрошення на основі безперервного аналізу мільйонів параметрів, зібраних як з полів, так і з глобальних метеорологічних мереж. Також відкриваються можливості для створення інтегрованих аграрних інформаційних систем, де дані про стан ґрунту, кліматичні умови, врожайність і навіть ринкові тенденції об'єднаються в єдину платформу, що стимулюватиме більш ефективне управління господарствами.

Таким чином, розглядаючи всі аспекти, можна стверджувати, що впровадження радіотехнічної системи контролю поливу рослин є не лише технологічно обґрунтованим рішенням, а й стратегічно важливим кроком на шляху до стійкого розвитку сучасного сільського господарства. Це рішення сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат, збереженню природних ресурсів та створенню здоровішої екологічної ситуації в регіонах. Його універсальний характер дозволяє адаптувати систему до конкретних потреб різних господарств, що робить її надзвичайно привабливою як для великих агрокомплексів, так і для малих приватних фермерських господарств.

1.2 Аналіз сучасних систем контролю поливу за рослинами

Обладнання, що використовується у радіотехнічній системі контролю поливу за рослинами, забезпечує збір, обробку та передачу даних про основні параметри, які впливають на ефективність поливу. До таких показників відносяться вологість ґрунту, температура повітря, вологість повітря, рівень освітлення та інші додаткові характеристики, що впливають на ріст рослин. За призначенням прилади для реалізації системи класифікуються наступним чином:

1. Сенсорні модулі для вимірювання параметрів поливу Сучасні датчики вологості ґрунту, температури та освітлення забезпечують точне вимірювання параметрів навколишнього середовища, в якому знаходяться рослини.

2. Засоби збору та передачі даних Включають мікроконтролери, комунікаційні модулі і системи локального зберігання інформації, які забезпечують передачу даних. Завдяки сучасним бездротовим мережам та IoT-платформам здійснюється оперативна обробка та аналіз отриманих даних, що дозволяє своєчасно реагувати на зміну умов.

3. Комунікаційні системи та виконавчі пристрої Цей блок охоплює радіопередавачі, приймачі, а також модулі, що забезпечують автоматизоване управління системою. За допомогою цих пристроїв система дистанційно керує електронними клапанами, реле та іншими виконавчими елементами, що регулюють подачу води відповідно до встановлених параметрів.

4. Системи автономного живлення та корпусні рішення Для безперебійної роботи системи використовуються акумулятори або сонячні батареї, що забезпечують автономне електроживлення. Корпус пристрою може бути виготовлений із деталей, надрукованих на 3D-принтері, що гарантує захист електроніки від агресивного середовища і несприятливих погодних умов. [13]

Класифікація систем за типом реалізації:

1. Стаціонарні системи контролю поливу Дані системи встановлюються на фіксованих ділянках (наприклад, у теплицях або на постійних іригаційних об’єктах) та здійснюють моніторинг параметрів в межах обмеженої території. Їх перевагою є висока точність вимірювань, проте вони обмежені фіксованою точкою розташування.

2. Переносні системи контролю поливу Ці системи мають мобільний характер і дозволяють здійснювати моніторинг на різних територіях, забезпечуючи гнучкість у використанні. Переносні рішення можуть бути реалізовані у вигляді портативних пристроїв або мобільних лабораторій, що

дозволяють проводити вимірювання в режимі реального часу. Проте їх застосування пов’язане із складністю обслуговування та обмеженим часом автономної роботи.

3. Автоматизовані системи контролю поливу Поєднуючи переваги стаціонарних та переносних систем, автоматизовані рішення забезпечують розширені можливості з оперативною обробкою даних і автоматичним управлінням процесом поливу. Ці системи дозволяють адаптувати режим подачі води залежно від змін параметрів навколишнього середовища, що позитивно впливає на врожайність. Проте їхня вартість та складність експлуатації можуть стати серйозним викликом для широкого впровадження.

Недоліки та напрями вдосконалення:

Незважаючи на значні переваги сучасних радіотехнічних систем контролю поливу, існують певні обмеження:

Висока вартість: Впровадження та обслуговування комплексних автоматизованих систем може бути дорогим, що обмежує їх застосування на малих господарствах.

Надійність роботи в екстремальних умовах: Агресивне середовище та несприятливі погодні умови можуть впливати на точність сенсорів і якість передачі даних.

Масштабованість: Стаціонарні системи обмежені територією їх розташування, а переносні рішення потребують додаткового часу та ресурсів для розгортання на великій площі.

Подальший розвиток технологій може включати вдосконалення точності сенсорів, підвищення міцності обладнання, оптимізацію енергоспоживання та розробку більш ефективних алгоритмів обробки даних, що сприятиме підвищенню загальної ефективності системи.

Таким чином, класифікація обладнання для радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами дозволяє визначити основні функціональні блоки та їх специфікацію, що є важливим для розробки ефективного комплексу. Ці системи мають значний потенціал як у забезпеченні

оптимального режиму поливу, так і у сприянні сталому розвитку сільського господарства та екологічної безпеки. [12]

1.3 Висновки до розділу

У цьому розділі було детально розглянуто актуальність дослідження радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами. Обґрунтовано, що зростання проблем з оптимальним використанням водних ресурсів, забезпечення високої врожайності та потреба у сталому розвитку аграрного сектору вимагають впровадження сучасних технологічних рішень, здатних оперативно контролювати мікрокліматичні умови навколо рослин.

Було проаналізовано три основні підходи до організації систем контролю поливу. Виявлено, що кожен тип систем має свої переваги та обмеження.

Актуальність дослідження пов’язана з необхідністю:

1. Забезпечення оптимального режиму поливу для підвищення врожайності.
2. Раціонального використання водних ресурсів, що має велике значення для економії витрат і зменшення впливу на довкілля.
3. Розробки інноваційних систем управління, здатних адаптуватися до змін кліматичних умов і специфічних потреб кожного аграрного об’єкта.

Таким чином, розроблена радіотехнічна система контролю поливу за рослинами виявляється перспективним напрямом розвитку, оскільки вона поєднує точність вимірювань, мобільність та можливості автоматизації управління процесом зрошення. Результати аналізу сучасних систем підкреслюють необхідність подальших досліджень і впровадження інноваційних технологій для досягнення максимальної ефективності у сфері сільськогосподарського виробництва.

2 РОЗРОБКА РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Вибір та обґрунтування схеми системи

При розробці радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами одним із найважливіших рішень є вибір мікроконтролера. Головною метою є обрати економічно ефективне рішення, яке, водночас, відповідає вимогам щодо продуктивності, надійності та умов застосування. Використання дорогого контролера для аматорського проекту не є доцільним, тому зазвичай обираються недорогі, але функціонально достатні пристрої.

Важливими критеріями при прийнятті рішення є доступність технічної документації, описів, комерційних оглядів та відгуків користувачів, які вже використовували дані моделі.

Для реалізації даної системи було вирішено використовувати платформу з родини Arduino. У лінійці доступні такі моделі, як Arduino UNO, Arduino Nano, Arduino Mini та Arduino Mega. У цьому проекті перевага надана Arduino Mega через її розширені можливості підключення численних сенсорів і виконавчих пристроїв, що є критично важливим для нашого застосування. [14]

Обґрунтування вибору Arduino Mega:

Розширені апаратні ресурси: Arduino Mega має значно більше цифрових і аналогових входів, що дозволяє підключати велику кількість датчиків (наприклад, для вимірювання вологості ґрунту, температури, освітлення тощо), а також здійснювати більш складне керування виконавчими пристроями. Крім того така модель є в програмі proteus. [15]

Більший обсяг пам’яті: Завдяки мікроконтролеру ATmega2560, Arduino Mega забезпечує 256 Кб флеш-пам’яті (з яких 8 Кб використовується завантажувачом), 8 Кб оперативної пам’яті (SRAM) та 4 Кб EEPROM, що дозволяє реалізовувати складні алгоритми обробки даних.

Підтримка широкого спектру периферійних інтерфейсів: Наявність 54 цифрових входів/виходів (з яких 15 можуть працювати як ШІМ), 16

аналогових входів та підтримка протоколів I2C, SPI та UART дозволяє інтегрувати рішення для управління двигунами, індикації та зв'язку з іншими модулями.

Гнучкість живлення: Arduino Mega може працювати як від USB-кабелю, так і від зовнішнього джерела напруги в рекомендованому діапазоні 7–12 В. Плата автоматично обирає відповідне живлення для стабільної роботи.

Основні характеристики Arduino Mega:

1. Мікроконтролер: ATmega2560.
2. Робоча напруга (логічний рівень): 5 В.
3. Рекомендована вхідна напруга: 7–12 В.
4. Кількість цифрових входів/виходів: 54, з яких 15 можуть працювати як ШІМ.
5. Аналогові входи: 16.
6. Флеш-пам’ять: 256 Кб (8 Кб для завантажувача).
7. Оперативна пам’ять (SRAM): 8 Кб; EEPROM: 4 Кб.
8. Тактова частота: 16 МГц. [16]

Arduino Mega забезпечує достатню кількість входів/виходів для організації складних систем моніторингу та керування. Наприклад, численні ШІМ виходи дозволяють регулювати швидкість двигунів або яскравість світлодіодів, а великій кількість аналогових входів – зчитувати дані з різноманітних сенсорів (фоторезистори, терморезистори, датчики вологості тощо). Розташування контактів на платі Arduino Mega представлено на рисунку 2.1. [17]

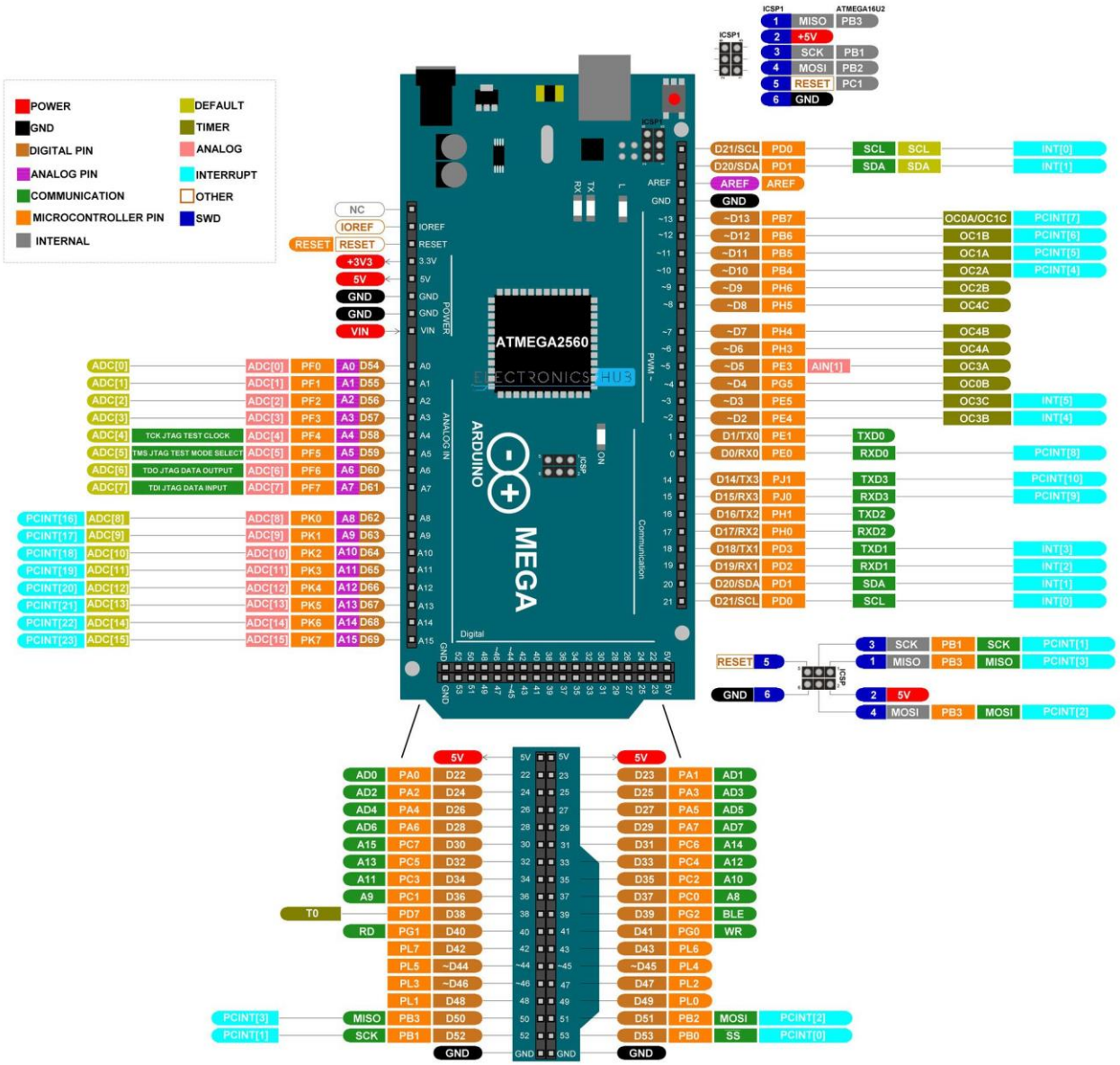

Рисунок 2.1 – Розташування виводів Arduino Mega

Вибір модулів між ESP8266 та ESP32. При порівняні було обрано модуль ESP8266. Модуль ESP8266, набагато краще підійшов для проекту, тому що, його функціонал дуже добре підходить для проектуємого приладу. Цей модуль дешевший за ESP32 але має всі необхідні характеристики. Даний прилад, що розробляється, повинен працювати за приведеним нижче описом. Радіотехнічна система контролю може мати управління дистанційно, якщо її під’єднати до безпровідної мережі інтернет. [18]

Використовуючи плату курування NodeMCU ESP8266, цей модуль працює на частоті 2,4 ГГц (діапазон ISM) зі швидкістю передачі даних до 72

Мбіт/ с, що є достатнім для використання. NodeMCU ESP8266 здатна приймати і передавати інформацію на будь яку відстань за допомогою інтернету. Також цей модуль має великий функціонал що дозволяє при потребі розширити систему.

Робоча напруга модуля становить від 3,3 В. Модуль споживає маленький струм, що становить 170 мА при нормальній роботі, що робить його ефективним при використанні з акумуляторами, і, отже, він може працювати навіть від елементів живлення 18650.

Незважаючи на те, що робоча напруга становить 3,3 В, більшість висновків толерантні до 5 В і, отже, можуть безпосередньо підключатися до 5-вольтових мікроконтролерів, таких як Arduino. Ще однією перевагою використання цих модулів є те, що цей модуль має 4 МБ флеш-памяті що дозволяє завантажувати на нього досить складні програми. На рисунку 2.2 зображено модуль NodeMCU ESдипоP8266 та призначення виводів.

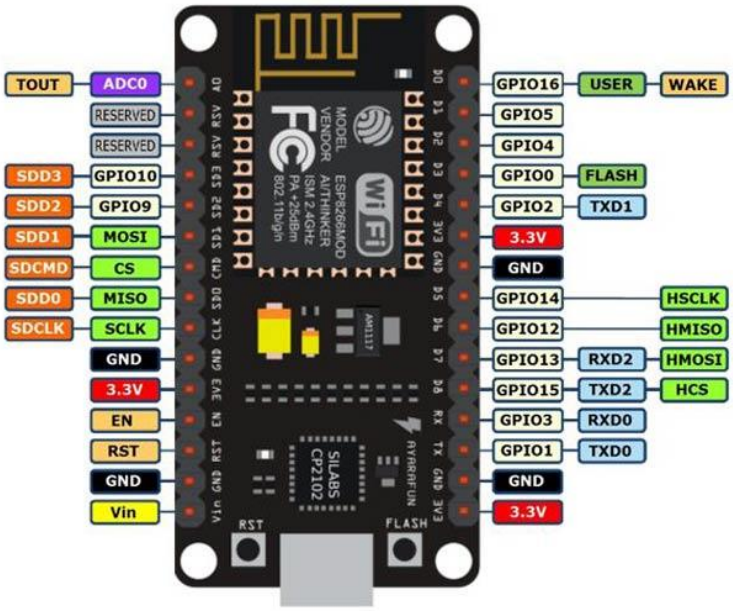

Рисунок 2.2 – Зображення мікросхеми та її виводів

Також в даному проекті буде застосовуватися дисплей GMT130-V1.0, для того, щоб моніторити показники коли ми знаходимось біля пристроя.

Це компактний графічний дисплей, призначений для застосувань у портативних пристроях, IoT-системах, системах моніторингу та управління.

Завдяки своїм параметрам він підходить для відображення текстових і графічних даних, що робить його корисним у створенні інтерфейсів користувача та інформаційних панелей.. Модуль підтримує інтерфейс SPI.

Опис виводів:

1) VCC - позитивний полюс джерела живлення 3 ... 5В;
2) GND - негативний полюс джерела живлення, земля;
3) SCK – послідовний тактовий вхід (сигнал синхронізації, активує обмін даними по SPI);
4) SDA – послідовна шина даних (лінія передачі даних інтерфейсу SPI);
5) RES – сигнал скидання (ініціює перезавантаження дисплея);
6) DC – вибір режиму (дані/команда, визначає, чи прийняті сигнали є командою управління чи інформаційними даними);
7) BLK – керування підсвіткою.

Також буде застосовуватися модуль вимірювання вологості грунту HW-103 V0.1, Він працює за принципом вимірювання змін електричних параметрів між двома електродами, зануреними в ґрунт, що залежать від вмісту води. [19]

Це компактний та дешевий датчик який здатен передавати інформацію по аналоговому виходу так і по цифровому виході у вигляді низького або високого сигналу.

Опис виводів:

1) VCC - позитивний полюс джерела живлення 3 ... 5В;
2) GND - негативний полюс джерела живлення, земля;
3) D0 – цифровий вихід
4) A0 – аналоговий вихід

Для надійного функціонування радіотехнічної системи потрібні якісні реле та мультиплексори, за допомогою реле буде керуватися потужна електроніка, такі як електродвигуни чи освітлення, а за допомогою мультиплексора будуть здійснюватися контроль датчика та реле. Тому я

обрав чотириканальний релейний модуль 2PH63003A з максимальним струмом 10А та восьми канальний мультиплексом К561КП2 [20].

Також у радіотехнічній системі контролю поливу за рослинами сенсори температури повітря, освітлення та вологості повітря відіграють важливу роль у зборі та моніторингу даних про оточуючого довкілля.

Ці датчики забезпечують вимірювання фізичних характеристик навколишнього середовища, а зібрана інформація служить основою для аналізу, управління та прийняття рішень.

1. Датчик температури та вологості повітря DHT11: Він призначений для вимірювання температури та вологості навколишнього середовища. У радіотехнічній системі можуть використовуватися різні типи сенсорів температури, такі як терморезистори, термопари або інфрачервоні сенсори, але перевагою цього датчика є те що він в одному корпусі має датчик вологості і температури. Він здатен точно виміряти температуру і вологість та передати ці дані до мікроконтролера. На рисунку 2.3 можна представлено сенсор температури та вологості.

Рисунок 2.3 – Сенсор температури

2. Датчик освітлення: Цей датчик використовуються для вимірювання рівня освітлення та контролю штучним освітленням. У радіотехнічній системі контролю поливу за рослинами використовуються фото чутливий елемент, після того як рівень освітлення падає певного рівня датчик подає

високий сигнал. Він дозволяють виміряти рівень освітлення і передати сигнал про низький сигнал на мікроконтролер.

Всі ці сенсори зазвичай мають мікроконтролери або інтегровані схеми, які обробляють зібрані дані та передають їх до центральної системи контролю. [21]

Інформація, зібрана від датчиків температури, тиску та вологості, може бути використана для аналізу клімату, виявлення аномалій, чи загроз для рослин, контролю, та прийняття рішень щодо оптимізації витрат та підтримки клімату в оптимальному стані.

2.2 Види та обґрунтування радіотехнічної системи

Радіотехнічна система — це набір технічних засобів, які слугують для передачі, отримання та обробки радіосигналів. Залежно від їх функцій та області застосування, такі системи можуть мати різні типи та конфігурації. Основними категоріями радіотехнічних систем є:

1. Радіозв'язок: Це системи, які забезпечують передачу та прийом радіосигналів між різними пунктами зв'язку. Такий зв'язок може здійснюватися за допомогою радіостанцій, супутників, мобільних телефонів та інших пристроїв. Радіозв'язок знаходить широке застосування у сферах телекомунікацій, авіації, радіомовлення, радіолокації тощо.

2. Радіолокація: Це системи, що застосовують радіосигнали для визначення координат та характеристик об'єктів у просторі. Їх використовують в авіації, судноплавстві, оборонних технологіях, а також у наукових дослідженнях.

3. Радіонавігація: Це системи, призначені для визначення місцеположення і навігації у просторі. Найвідомішим прикладом такої системи є GPS (глобальна система позиціювання), яка використовує супутники для забезпечення високої точності у визначенні координат.

4. Радіомовлення: Це системи, які забезпечують передачу аудіо- та відеосигналів через радіоканали. Їх застосовують у телебаченні, радіо, бездротових комунікаціях та інших мультимедійних технологіях.

Обґрунтування радіотехнічної системи базується на конкретній меті або сфері її використання. У процесі прийняття рішення слід враховувати такі аспекти:

1. Дальність передачі: Визначення необхідної дистанції для передачі радіосигналу та потужності передавача, яка забезпечить цю дальність.

2. Пропускна здатність: Оцінка потрібної ширини смуги для передачі сигналу із заданими параметрами якості.

3. Інтерференція: Аналіз можливих джерел перешкод, що можуть вплинути на стабільність і якість сигналу.

4. Енергоефективність: Розгляд способів оптимального використання енергії для зменшення витрат і підвищення ефективності передачі.

5. Вартість: Аналіз фінансових аспектів системи, включно із ціною обладнання, сенсорів і додаткових компонентів.

Обґрунтування радіотехнічної системи повинно враховувати вищезазначені фактори, а також конкретні потреби й вимоги задачі або застосування, для яких вона буде використовуватися [22].

Види приладів:

1. Вологоміри: Прилади, які використовуються для визначення рівня абсолютної вологості газів або твердих матеріалів.

2. Люксметри: Інструменти для вимірювання інтенсивності освітленості у різних умовах.

3. Гігрометри: Прилади, призначені для отримання даних про рівень вологості повітря.

4. Термогігрометри: Мультифункціональні пристрої, що забезпечують одночасний контроль вологості та температури.

Контроль за середовищем навколо рослин спрямований на перевірку та контроль вологості грунту, повітря та температури, рівня освітлення тощо, їх

відповідність чинним нормам та вимогам. Постійний розвиток технологій та ріст аграрних підприємств впливає дозволяє збільшити ефективність людини та дозволяє зменшити витрати компаній. Зменшити витрати та кількість людської праці покликаний автоматичний моніторинг та контроль параметрів середовища. Контроль параметрів довкілля проводиться із застосуванням обладнання та інструментів.

На сьогоднішній день існує безліч способів дистанційного вимірювання і контролів показників навколишнього середовища (температури, вологості, рівня освітлення) та підтримання цих параметрів на потрібній величині без втручання людини [18].

Такі вимірювання та розвідка найчастіше проводяться за допомогою використання дорогих та складних у виконанні систем.

Тому мета роботи – створення простої та дешевої системи на основі доступних компонентів для дистанційного контролю за параметрами рослин.

У роботі розроблена система на базі апаратної обчислювальної платформи (контролера Arduino Mega), плат розширення та мікросхем. Плати розширення являють собою сенсори (температури та вологості повітря DHT11, вологості грунту, люксометр, сенсори передачі даних, та інші модулі. Для реалізації пристрою була розроблено блок-схему алгоритму роботи на рисунку 2.4, зображено функціональну схему роботи.

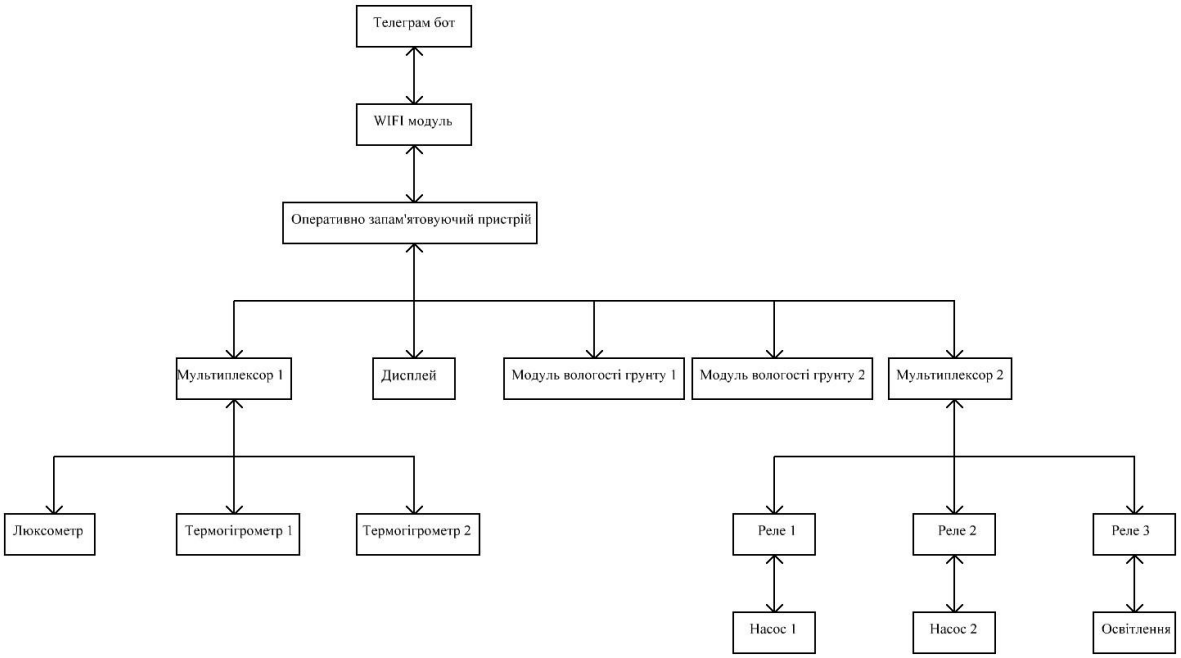

Рисунок 2.4 – Функціональна схема роботи системи

В результаті, запропоновано систему, яка дозволяє дистанційно підтримувати сприятливі умови для рослини.

2.3 Розробка програмного забезпечення

Для написання програмного забезпечення для керування нашої радіотехнічної системи використаємо Arduino IDE.

Наступним етапом розглянемо процес створення програми у середовищі Arduino IDE. Запустимо програму Arduino IDE. Для створення проекту потрібно вибрати Файл> Новий. У вікні, що з’явиться вибираємо тип плати. У випадаючому списку Інструменти>Плата вибираємо Arduino Mega.

Через те, що використовуємо різноманітні модулі-сенсори, такі як DHT11, вологості грунту, люксометр. та потрібно реалізувати різні спец ефекти та інші функції, то це все потребує установки спеціальних бібліотек для коректної роботи.

Після цього потрібно у випадаючому списку Скетч>Під’єднати бібліотеку обрати додану бібліотеку. Такі дії проробляємо з кожною потрібною бібліотекою із переліченого списку вище [12].

Розбір лістингу програми що відповідає за роботу з мікроконтролером Arduino Mega та приєднаних сенсорів:

Підключення бібліотек:

```
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Arduino_ST7789_Fast.h>
#include <DHT.h>
```

SPI.h - Забезпечує зв’язок за протоколом SPI, який використовується для комунікації з TFT-дисплеєм.

Adafruit_GFX.h - Базова графічна бібліотека, що дозволяє малювати текст, фігури та інші графічні елементи на дисплеї.

Arduino_ST7789_Fast.h - Спеціалізована бібліотека для роботи з дисплеєм на базі контролера ST7789, що забезпечує швидке оновлення та керування екраном. [23]

DHT.h - Бібліотека для роботи із датчиком температури та вологості DHT, зокрема DHT11.

Визначення контактів (пінів) і параметрів:

```
#define TFT_DC 7
#define TFT_RST 8
#define SCR_WD 240
#define SCR_HT 240
#define DHTPIN 2 // Контакт, до якого підключений DHT11
```

```
#define DHTTYPE DHT11 // Тип датчика DHT11
#define PIN_A 12
#define PIN_B 11
#define PIN_C 10
#define LIGHT_SENSOR_PIN 2 // Контакт для датчика освітлення
#define SOIL_MOISTURE_PIN1 A0 // Контакт для першого датчика вологості ґрунту
#define SOIL_MOISTURE_PIN2 A1 // Контакт для другого датчика вологості ґрунту
#define MUX_A0 22
#define MUX_A1 24
#define MUX_A2 26
#define MUX_EN 44
#define LIGHT_CONTROL_PIN 35 // Контакт для керування світлом
```

Контакти дисплею:

`TFT_DC` (пін 7) та `TFT_RST` (пін 8) потрібні для керування режимом команд/даних та скиданням дисплею.

`SCR_WD` і `SCR_HT` задають розміри екрану (240×240 пікселів).

Датчик DHT11 і датчик освітлення - `DHTPIN` визначає контакт, до якого підключено DHT11, а `DHTTYPE` вказує його тип.

Зауважте, що контакт `2` використовується як для DHT11, так і для датчика освітлення – це досягається завдяки функції перемикання (multiplexing).

Піни для мультиплексора та керування сенсорами:

`PIN_A`, `PIN_B`, `PIN_C`.

`MUX_A0`, `MUX_A1`, `MUX_A2`:

додаткові контакти для адресації каналів мультиплексора, а `MUX_EN` використовується для його активації/деактивації.

Піни для сенсорів ґрунтової вологості:

`SOIL_MOISTURE_PIN1` і `SOIL_MOISTURE_PIN2` підключені до аналогових входів (A0, A1) для зчитування інформації про вологість ґрунту. [24]

Керування світлом:

`LIGHT_CONTROL_PIN` використовується для управління зовнішнім джерелом світла залежно від рівня освітлення.

Ініціалізація об’єктів і глобальні змінні:

```
Arduino_ST7789 lcd = Arduino_ST7789(TFT_DC, TFT_RST);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

float humidity1, temperature1, humidity2, temperature2;
String lightStatus = "Unknown";
int soilMoistureValue1 = 0;
int soilMoistureValue2 = 0;
unsigned long previousMillis = 0; // Для часу оновлення ґрунтової вологості
const long interval = 500; // Інтервал оновлення (мс)
```

lcd - Об’єкт дисплею, створений з використанням пінів TFT_DC і TFT_RST.

Dht - Об’єкт для роботи з датчиком DHT11 із зазначеним контактом та типом.

Глобальні змінні - Зберігають зчитані значення температури, вологості, статус освітлення та дані з датчиків вологи ґрунту. Також є таймінгова змінна `previousMillis` для здійснення періодичного оновлення показників.

Функція `setup()`:

```
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init(SCR_WD, SCR_HT);
  lcd.fillScreen(BLACK);
  lcd.setRotation(2);
  lcd.setTextColor(WHITE, BLACK);
  lcd.setTextSize(1);
  dht.begin();
  // ...
  pinMode(PIN_A, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B, OUTPUT);
  pinMode(PIN_C, OUTPUT);
  pinMode(LIGHT_SENSOR_PIN, INPUT);
  pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN1, INPUT);
  pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN2, INPUT);
  pinMode(MUX_A0, OUTPUT);
  pinMode(MUX_A1, OUTPUT);
  pinMode(MUX_A2, OUTPUT);
  pinMode(MUX_EN, OUTPUT);
  digitalWrite(MUX_EN, HIGH); // Вимикає мультиплексор за замовчуванням
  pinMode(LIGHT_CONTROL_PIN, OUTPUT);
}
```

Serial ініціалізація:

`Serial.begin(9600);` – встановлює швидкість обміну даними для монітора послідовного порту.

Налаштування дисплею:

Ініціалізація дисплею (`lcd.init`), очищення екрану (fillScreen(BLACK)), встановлення орієнтації (setRotation), кольору та розміру тексту.

Ініціалізація DHT11:

`dht.begin();` – готує модуль для зчитування температури та вологості.

Конфігурація пінів:

Встановлення пінів для мультиплексора (PIN_A, PIN_B, PIN_C та MUX_Ax) як виходи, і сенсорних пінів (датчик освітлення, ґрунтової вологості) як входи. Контакт `MUX_EN` за замовчуванням встановлюється в HIGH, що означає, що мультиплексор вимкнений.

Керування світлом:

`pinMode(LIGHT_CONTROL_PIN, OUTPUT);` встановлює пін для керування зовнішнім джерелом світла.

Функція `loop()`:

```
void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();

  // Перемикання на перший датчик
  selectSensor(1);
  delay(100);
  humidity1 = dht.readHumidity();
  temperature1 = dht.readTemperature();
```

```
// Виведення значень першого сенсора на дисплей
lcd.setCursor(10, 10);
lcd.print("Temp 1: ");
lcd.print(temperature1);
lcd.println(" C");
lcd.setCursor(10, 30);
lcd.print("Humidity 1: ");
lcd.print(humidity1);
lcd.println(" %");

delay(2000);

// Перемикання на другий датчик
selectSensor(2);
delay(100);
humidity2 = dht.readHumidity();
temperature2 = dht.readTemperature();
// Виведення значень другого сенсора на дисплей
lcd.setCursor(10, 50);
lcd.print("Temp 2: ");
lcd.print(temperature2);
lcd.println(" C");
lcd.setCursor(10, 70);
lcd.print("Humidity 2: ");
lcd.print(humidity2);
lcd.println(" %");

delay(2000);

// Перемикання на датчик освітлення
```

```
selectSensor(3);
delay(100);
int lightLevel = digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
if (lightLevel == LOW) {
  lightStatus = "Day";
  digitalWrite(LIGHT_CONTROL_PIN, HIGH);
} else {
  lightStatus = "Night";
  digitalWrite(LIGHT_CONTROL_PIN, LOW);
}
lcd.fillRect(10, 90, 220, 30, BLACK);
lcd.setCursor(10, 90);
lcd.print("Light: ");
lcd.print(lightStatus);

// Оновлення інформації про вологість ґрунту кожні 500 мс
if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
  previousMillis = currentMillis;
  soilMoistureValue1 = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN1);
  int soilMoisturePercent1 = map(soilMoistureValue1, 0, 1023, 100, 0);
  soilMoistureValue2 = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN2);
  int soilMoisturePercent2 = map(soilMoistureValue2, 0, 1023, 100, 0);

  lcd.setCursor(10, 110);
  lcd.print("Soil Moisture 1: ");
  lcd.print(soilMoisturePercent1);
  lcd.println(" %");
  lcd.setCursor(10, 130);
  lcd.print("Soil Moisture 2: ");
  lcd.print(soilMoisturePercent2);
```

```
    lcd.println(" %");

    // Управління мультиплексором на основі вмісту вологості ґрунту:
    // Якщо вологість першого сенсора < 20%, активуємо канал 3;
    // Якщо вологість другого сенсора < 30%, активуємо канал 1;
    // Інакше виключаємо мультиплексор.
    if (soilMoisturePercent1 < 20) {
      controlMultiplexer(3);
    } else if (soilMoisturePercent2 < 30) {
      controlMultiplexer(1);
    } else {
      controlMultiplexer(-1);
    }
  }

  // Відправка даних через послідовний порт
  sendDataToSerial();
}
```

Основні кроки циклу:

Зчитування даних DHT:

Використовуючи функцію `selectSensor()`, код перемикає сенсори. Спочатку вибирається перший сенсор (встановлюється відповідна комбінація виходів), після затримки вимірюються температура та вологість, які виводяться на екран. Потім аналогічно вимірювання проводяться для другого сенсора.

Зчитування освітлення:

Після перемикання (через `selectSensor(3)`) виконується цифрове зчитування. Якщо `digitalRead` повертає LOW, це трактуватиметься як «Day» і активується керування світлом (встановлюється HIGH на LIGHT_CONTROL_PIN), інакше – «Night» із встановленням LOW.

Оновлення даних вологи ґрунту:

За допомогою часу, виміряного через `millis()`, кожні 500 мс проводиться зчитування аналогових значень вологи з двох сенсорів. Значення перетворюються у відсотки за допомогою `map()`, після чого відображаються на дисплеї. Залежно від отриманих показників викликається функція `controlMultiplexer()` для керування каналами мультиплексора.

Відправлення даних:

Дані (температура, вологість, значення ґрунтової вологості та статус освітлення) виводяться через послідовний порт для моніторингу або подальшої обробки.

Функція `sendDataToSerial()`:

```
void sendDataToSerial() {
  Serial.print(temperature1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(humidity1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(temperature2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(humidity2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(soilMoistureValue1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(soilMoistureValue2);
```

```
  Serial.print(",");
  Serial.println(lightStatus);
  Serial1.print(temperature1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(humidity1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(temperature2);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(humidity2);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(soilMoistureValue1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(soilMoistureValue2);
  Serial1.print(",");
  Serial1.println(lightStatus);
}
```

Призначення:

Функція виводить усі зібрані дані у форматі, розділеному комами, до стандартного послідовного порту (`Serial`) і до додаткового послідовного виходу (`Serial1`).

Застосування:

Це дозволяє використовувати отримані дані для зовнішнього аналізу, зберігання або подальшої обробки в інших пристроях/програмах (наприклад, у CSV-форматі).

Функція `controlMultiplexer(int pin)`:

```
void controlMultiplexer(int pin) {
  if (pin == -1) {
    digitalWrite(MUX_EN, HIGH); // Вимкнення мультиплексора
  } else {
```

```
  digitalWrite(MUX_EN, LOW); // Увімкнення мультиплексора
  digitalWrite(MUX_A0, bitRead(pin, 0));
  digitalWrite(MUX_A1, bitRead(pin, 1));
  digitalWrite(MUX_A2, bitRead(pin, 2));
 }
}
```

Призначення:

Ця функція управляє мультиплексором для вибору певного каналу в залежності від значення вологи ґрунту.

Логіка роботи:

- Якщо вхідний параметр `pin` дорівнює -1, мультиплексор вимикається (встановлюється `MUX_EN` в HIGH).

- Інакше мультиплексор активується (MUX_EN стає LOW), і відповідні піни адреси (`MUX_A0`, `MUX_A1`, `MUX_A2`) налаштовуються за допомогою бітових операцій (`bitRead`) від значення `pin`. Це дозволяє вибрати один із декількох каналів.

Функція `selectSensor(int sensor)`:

```
void selectSensor(int sensor) {
 switch(sensor) {
  case 1:
   digitalWrite(PIN_A, LOW);
   digitalWrite(PIN_B, LOW);
   digitalWrite(PIN_C, LOW);
   break;
  case 2:
   digitalWrite(PIN_A, HIGH);
   digitalWrite(PIN_B, LOW);
   digitalWrite(PIN_C, LOW);
   break;
```

```
    case 3:
      digitalWrite(PIN_A, LOW);
      digitalWrite(PIN_B, HIGH);
      digitalWrite(PIN_C, LOW);
      break;
  }
}
```

Призначення:

Функція змінює логічні рівні на пинах `PIN_A`, `PIN_B`, `PIN_C` для перемикання між різними сенсорними каналами.

Підсумок:

Цей скетч реалізує комплексну систему моніторингу за допомогою Arduino, яка:

- Використовує TFT-дисплей для візуального відображення даних.

- Здійснює зчитування температури та вологості з двох DHT11 (через перемикання сенсорів).

- Зчитує значення датчика освітлення та управляє зовнішнім світлом.

- Одержує показники вологості ґрунту через аналогові датчики, перетворює їх у відсотки, та на їх основі управляє мультиплексором для включення певних каналів.

- Передає зібрані дані через послідовний порт для подальшого аналізу.

Розбір лістингу програми що відповідає за роботу з мікроконтроллером WIFI та роботу з WIFI мережою та Telegram ботом:

Підключення бібліотек:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Для спілкування з Arduino Mega
```

ESP8266WiFi.h – забезпечує роботу з WiFi-модулем ESP8266, дозволяючи підключатися до бездротових мереж.

WiFiClientSecure.h – дозволяє встановлювати захищене з’єднання через TLS/SSL. Це потрібно для надійного зв’язку з сервером Telegram.

UniversalTelegramBot.h – бібліотека для роботи з Telegram-ботами; вона здійснює обробку повідомлень, надсилання відповідей та інші операції.

SoftwareSerial.h – забезпечує програмну імітацію апаратного послідовного порту, що дозволяє ESP8266 спілкуватися з Arduino Mega, використовуючи інші (програмні) контакти.

Налаштування WiFi та Telegram:

```
// Налаштування WiFi
const char* ssid = "Smart_WIFI";
const char* password = "Asz12345";

// Налаштування Telegram:
#define BOTtoken "8134456775:AAHb5pyzw0jmCUummsfUhsS97UAe9-BWYYw" // Токен вашого Telegram-бота
```

WiFi: Змінні `ssid` та `password` зберігають ім’я та пароль мережі, до якої має підключатися ESP8266.

Використовується визначення токена для Telegram-бота. Токен ідентифікує ваш бот і дозволяє йому взаємодіяти із сервісами Telegram.

Ініціалізація об’єктів для зв’язку:

```
WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
```

WiFiClientSecure client – створює об’єкт для встановлення захищених (SSL) з’єднань.

UniversalTelegramBot bot – створює об’єкт бота, який використовує вказаний токен та захищений клієнт для зв’язку із Telegram-серверами.

Налаштування програмного послідовного порту:

SoftwareSerial swSer(D7, D8); // Підключіть TX Mega до D7 і RX Mega до D8

String receivedData = "";

SoftwareSerial swSer(D7, D8) – ініціалізує програмний послідовний порт, де:

D7 - використовується для прийому даних із Arduino Mega (Mega надсилає дані через свій TX, підключений до D7 ESP),

D8 - використовується для передачі даних (якщо потрібно, але тут основна увага приділяється отриманню даних від Mega).

receivedData – глобальна змінна, яка буде містити отриману рядкову інформацію від Arduino Mega.

Функція `handleNewMessages()`:

```
void handleNewMessages(int numNewMessages) {
  for (int i = 0; i < numNewMessages; i++) {
    String chat_id = bot.messages[i].chat_id;
    String text = bot.messages[i].text;

    if (text == "/start") {
      bot.sendMessage(chat_id, "Привіт! Я ваш бот для звітів. Надішліть команду /report, щоб отримати дані зі сенсорів.", "");
    } else if (text == "/report") {
      if (swSer.available()) {
        receivedData = swSer.readStringUntil('\n'); // Отримання даних від Arduino Mega
```

```
// Парсинг отриманих даних
int comma1 = receivedData.indexOf(',');
int comma2 = receivedData.indexOf(',', comma1 + 1);
int comma3 = receivedData.indexOf(',', comma2 + 1);
int comma4 = receivedData.indexOf(',', comma3 + 1);
int comma5 = receivedData.indexOf(',', comma4 + 1);
int comma6 = receivedData.indexOf(',', comma5 + 1);

float temperature1 = receivedData.substring(0, comma1).toFloat();
float humidity1 = receivedData.substring(comma1 + 1, comma2).toFloat();
float temperature2 = receivedData.substring(comma2 + 1, comma3).toFloat();
float humidity2 = receivedData.substring(comma3 + 1, comma4).toFloat();
int soilMoisture1 = receivedData.substring(comma4 + 1, comma5).toInt();
int soilMoisture2 = receivedData.substring(comma5 + 1, comma6).toInt();
String lightStatus = receivedData.substring(comma6 + 1);

// Формування звіту
String report = "Звіт:\n";
report += "Температура 1: " + String(temperature1) + "°C\n";
report += "Вологість 1: " + String(humidity1) + "%\n";
report += "Температура 2: " + String(temperature2) + "°C\n";
report += "Вологість 2: " + String(humidity2) + "%\n";
report += "Вологість ґрунту 1: " + String(soilMoisture1) + "\n";
report += "Вологість ґрунту 2: " + String(soilMoisture2) + "\n";
report += "Стан освітлення: " + lightStatus + "\n";

bot.sendMessage(chat_id, report, ""); // Відправка звіту
} else {
```

```
            bot.sendMessage(chat_id, "Дані недоступні. Перевірте підключення до Arduino Mega.", "");
          }
        } else {
          bot.sendMessage(chat_id, "Невідома команда. Використовуйте /report для отримання звіту або /start для початку роботи.", "");
        }
      }
    }
```

Призначення:

Функція обробляє всі нові повідомлення, отримані від користувачів у Telegram.

Хід роботи:

Цикл повідомлень: Для кожного нового повідомлення витягуються `chat_id` (ідентифікатор чату) та текст повідомлення.

Команда `/start`:

- Якщо користувач надіслав `/start`, бот надсилає привітальне повідомлення з інструкціями.

Команда `/report`:

- Перевіряється, чи є доступні дані у програмному послідовному порту від Arduino Mega.

- Якщо є дані, виконується зчитування рядка до символу нового рядка (`\n`).

- Потім рядок розбивається на частини за допомогою знаходження позицій ком і `substring()`, перетворюючи частини на числові значення:

- Температура і вологість з першого модуля,

- Температура і вологість з другого модуля,

- Дані з датчиків ґрунтової вологості,

- Статус освітлення.

- Формується звіт із зчитаними даними та надсилається як відповідь користувачу.

Інші команди: Якщо команда невідома, бот надсилає повідомлення з вказівкою, які команди використовувати.

Функція `setup()`

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  swSer.begin(9600); // Ініціалізація програмного послідовного порту для Arduino Mega

  // Підключення до WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Підключення до WiFi...");
  }
  Serial.println("WiFi підключено");
  Serial.println("IP адреса: " + WiFi.localIP().toString());
  client.setInsecure(); // Встановлення небезпечного підключення
  Serial.println("ESP готовий до роботи.");
}
```

Налаштування послідовного зв'язку:

`Serial.begin(115200);` встановлює швидкість для стандартного апаратного послідовного порту, що допомагає відлагоджувати роботу пристрою.

Ініціалізація SoftwareSerial:

`swSer.begin(9600);` встановлює швидкість програмного послідовного порту для спілкування з Arduino Mega.

Підключення до WiFi:

Викликається `WiFi.begin(ssid, password);` для встановлення з’єднання з заданою мережею.

Цикл `while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)` чекає, поки з’єднання не буде встановлено, періодично виводячи статус у Serial Monitor.

Після підключення:

Виводиться IP-адреса, отримана від роутера, що свідчить про успішне підключення до мережі.

Налаштування безпечного клієнта:

Виклик `client.setInsecure();` дозволяє встановлювати небезпечне TLS-з’єднання (без перевірки сертифікатів). Це спрощує роботу, але варто пам’ятати про безпеку в реальних проектах.

Завершення `setup()`:

Після усіх налаштувань у Serial Monitor виводиться повідомлення, що ESP готовий до роботи.

Головна функція `loop()`:

```
void loop() {
  // Перевірка на нові повідомлення кожну секунду
  static unsigned long lastTimeBotRan;
  int botRequestDelay = 1000; // Затримка в мілісекундах

  if (millis() > lastTimeBotRan + botRequestDelay) {
    int numNewMessages = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
```

```
    handleNewMessages(numNewMessages);
    lastTimeBotRan = millis();
  }
}
```

Призначення:

Функція `loop()` періодично (кожну секунду) перевіряє, чи є нові повідомлення від користувачів Telegram.

Механізм перевірки:

- Використовується змінна `lastTimeBotRan` для реєстрації останнього часу виконання запиту.

- Якщо поточний час (`millis()`) перевищує час останнього виконання плюс затримку (`botRequestDelay`), викликається метод `bot.getUpdates()` для отримання нових повідомлень, починаючи з наступного за останнім отриманим.

- Кількість нових повідомлень передається у функцію `handleNewMessages()`, яка їх обробляє.

- Потім змінна `lastTimeBotRan` оновлюється до поточного часу, що гарантує регулярне опитування сервера.

Цей код реалізує наступний функціонал:

- З'єднання з мережею WiFi за допомогою модуля ESP8266.

- Надійне спілкування з Telegram – через UniversalTelegramBot і захищений клієнт, що дозволяє отримувати запити від користувачів.

- Спілкування з Arduino Mega – за допомогою програмного послідовного порту, який приймає дані сенсорів (температура, вологість, стан ґрунту, освітлення) із Arduino Mega.

- Обробка команд Telegram – бот відповідає на команду `/start`, надсилаючи привітальне повідомлення, а за командою `/report` отримує дані

від Arduino, парсить отриману комами інформацію, формує зручний для читання звіт і відправляє його користувачу.

- Перевірка нових повідомлень в циклі – кожну секунду бот опитує сервер Telegram для нових повідомлень, що робить систему інтерактивною та актуальною.

Таким чином, цей скетч забезпечує інтеграцію ESP8266 з Telegram і Arduino Mega для створення системи дистанційного моніторингу з отриманням звітів через месенджер. [25]

3 МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Вибір моделюючого пакету

В бакалаврській кваліфікаційній роботі, для проведення моделювання використовували програмне забезпечення Proteus.

Proteus - це програмне забезпечення для симуляції електронних схем і проектування печатних плат. Воно використовується інженерами, розробниками та студентами для моделювання, тестування і влагодження електронних пристроїв і систем. [15]

Переваги Proteus:

1. Симуляція електронних схем: Proteus дозволяє моделювати поведінку електронних компонентів, включаючи мікроконтролери, сенсори, периферійні пристрої, логічні вентилі, аналогові пристрої та інші елементи. Це дозволяє виконувати тестування та відлагодження без необхідності фізичного збирання компонентів зі складних схем.

2. Велика бібліотека компонентів: Proteus має широкий вибір вбудованих компонентів, що дозволяє використовувати популярні електронні компоненти і мікросхеми без необхідності створення їх моделей вручну. Це спрощує і прискорює процес проектування, на рисунку 3.1 зображено використання бібліотеки в Proteus.

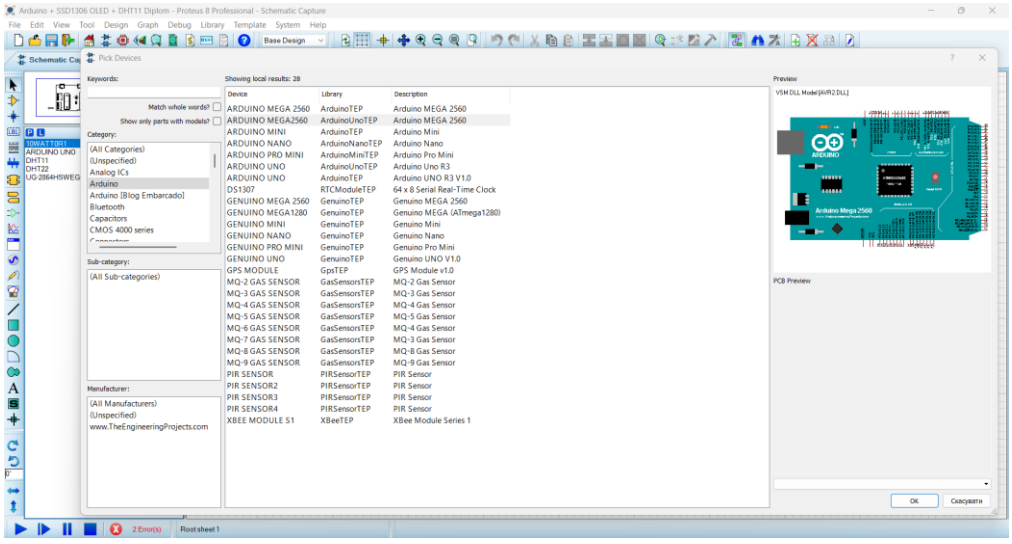

Рисунок 3.1 – Використання бібліотеки Proteus

Також в Proteus досить широко використовується така функція, як додавання нових бібліотек, розглянемо як їх під’єднати та встановити.

Щоб під’єднати або додати нову бібліотеку в Proteus, слід дотримуватися наступних кроків:

Завантажте потрібну бібліотеку: Знайдіть і завантажте бібліотеку, яку ви хочете додати до Proteus. Зазвичай ви можете знайти бібліотеки на веб-сайтах виробників компонентів або на форумах спільноти Proteus.

Розпакуйте бібліотеку: Після завантаження ви отримаєте архів з бібліотекою. Розпакуйте архів і збережіть його в зручному для вас місці на комп'ютері.

Відкрийте Proteus: Запустіть програму Proteus на вашому комп'ютері.

Відкрийте "Library Manager" (Менеджер бібліотек): У головному меню Proteus виберіть "Library" і потім "Library Manager". Відкриється вікно "Library Manager".

Додайте нову бібліотеку: У вікні "Library Manager" клацніть правою кнопкою миші на потрібній категорії (наприклад, "PICK Devices" для компонентів) і виберіть "Import" (Імпортувати) з контекстного меню. Знайдіть розпаковану бібліотеку на вашому комп'ютері та виберіть її для імпорту.

Перевірте додану бібліотеку: Після імпорту бібліотеки вона з'явиться у вікні "Library Manager". Ви можете переглянути компоненти бібліотеки та їх властивості.

Використовуйте нову бібліотеку: Тепер ви можете використовувати компоненти з доданої бібліотеки у своїх схемах в Proteus. Виберіть потрібний компонент з бібліотеки та перетягніть його на вашу схему

3. Ефективне використання ресурсів: Proteus має оптимізовану архітектуру, що дозволяє ефективно використовувати ресурси комп'ютера. Він працює швидко та забезпечує зручність в роботі з великими і складними схемами.

4. Візуалізація результатів: Proteus надає візуальне представлення результатів симуляції. Ви можете спостерігати зміну сигналів, напруг, струмів і влагоджувати проблеми або помилки в електронній схемі.

5. Інтеграція з мікроконтролерами: Proteus має підтримку різних мікроконтролерів, таких як Arduino, AVR, PIC, ARM та багато інших. Це дозволяє виконувати симуляцію програмного коду, перевіряти його працездатність та влагоджувати програмні помилки, на рисунку 3.2 зображено підключення hex файлу до мікроконтролера Arduino Nano.

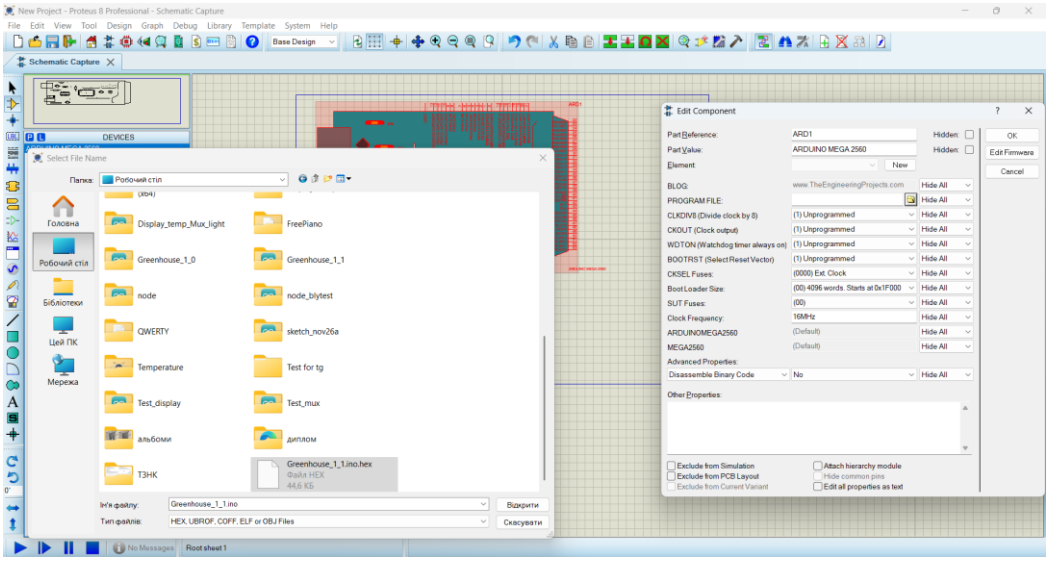

Рисунок 3.2 – Підключення лістингу

Лістинг програми для системи, ми компілюємо в Arduino IDE. Дане середовище розробки, та інструмент для написання та компіляції коду досить широко використовується у сферах кодування різних приладів та систем.

Arduino IDE має простий та легкий у використанні інтерфейс, що робить його дружнім для початківців. У ньому доступні різні функції та інструменти, які допомагають спростити процес розробки.

Наприклад, ви можете легко вибрати модель плати Arduino, змінити налаштування компіляції та завантаження, а також взаємодіяти зі з'єднаним пристроєм.

Arduino IDE містить бібліотеки, які дозволяють використовувати різні модулі та сенсори для плат Arduino безпосередньо з програмного коду. Це

дозволяє легко працювати з різними периферійними пристроями, такими як сенсори температури, акселерометри, дисплеї та багато інших.

Окрім того, Arduino IDE підтримує мережеве програмування, що дозволяє з'єднувати плати Arduino з іншими пристроями через інтернет. Це відкриває безліч можливостей для розробки Інтернету речей (IoT) та інших проектів, які вимагають комунікації з серверами чи хмарними сервісами. На рисунку 3.3 зображено компіляцію лістингу для Arduino mega.

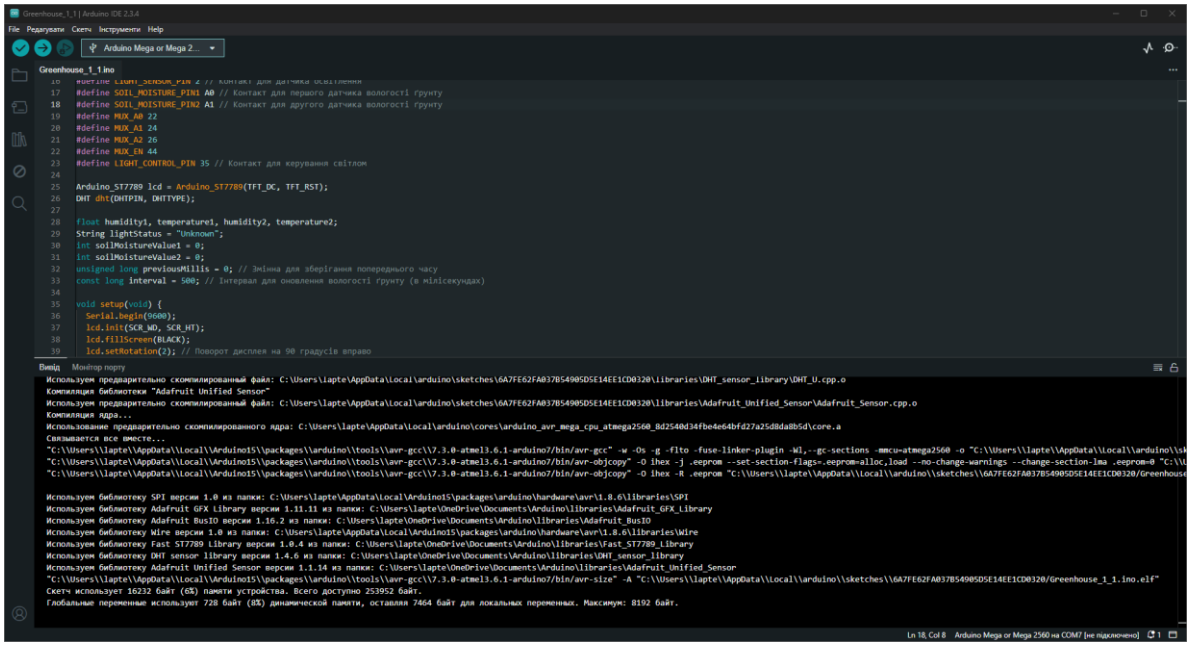

Рисунок 3.3 – Компіляція лістингу

Arduino IDE є відкритим програмним забезпеченням, що означає, що ви можете змінювати та розширювати його функціональність. Ви можете створювати власні бібліотеки, додавати нові функції та налаштовувати середовище розробки під свої потреби. А також досить багато розроблених систем саме в ньому. [26]

Нарешті, варто відзначити, що Arduino IDE підтримує не тільки оригінальні плати Arduino, але й сумісні клони, що розширює коло пристроїв, з якими можна працювати у цьому середовищі.

Загалом, Arduino IDE є потужним інструментом для розробки програмного забезпечення для плат Arduino. Воно дозволяє створювати

різноманітні проекти, від простих до складних, і відкриває безліч можливостей для творчості та інновацій.

Недоліки Proteus:

1. Вартість ліцензії: Повна версія Proteus є комерційним програмним забезпеченням і має платну ліцензію. Це може бути недоцільним для студентів та непрофесійних користувачів, які мають обмежений бюджет.

2. Обмежена безкоштовна версія: Існує безкоштовна версія Proteus, але вона має обмежені можливості та функціональність. Деякі функції можуть бути недоступні, а розмір симульованих схем може бути обмежений.

3. Складність в освоєнні: Proteus є потужним і комплексним програмним забезпеченням, яке може вимагати певного часу та зусиль для його освоєння. Деякі функції і можливості можуть бути складними для розуміння початківцями.

4. Обмежена підтримка платформ: Proteus підтримує обмежений перелік мікроконтролерних платформ і компонентів. Якщо ваша цільова платформа не підтримується, вам може знадобитися власноручне створення моделей компонентів.

Хоча Proteus має свої недоліки, він є потужним і корисним інструментом для симуляції електронних схем і відлагодження проектів. Його можливості та зручність в роботі зробили його популярним серед інженерів і студентів.

3.2 Моделювання мультиплексора

Моделювання роботи проводилось в Proteus 8 Professional. На рисунку 3.4 зображено підключення мультиплексора до плати Arduino Mega.

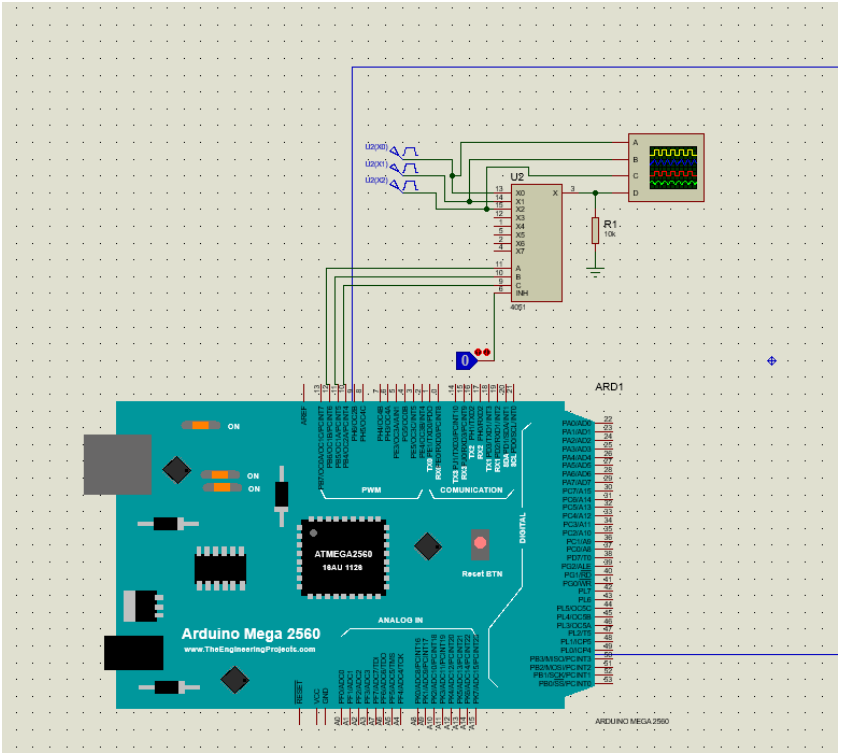

Рисунок 3.4 – Підключення мультиплексора до плати

Далі ми підключаємо програмне забезпечення, на рисунку 3.5 зображено підключення програмного забезпечення.

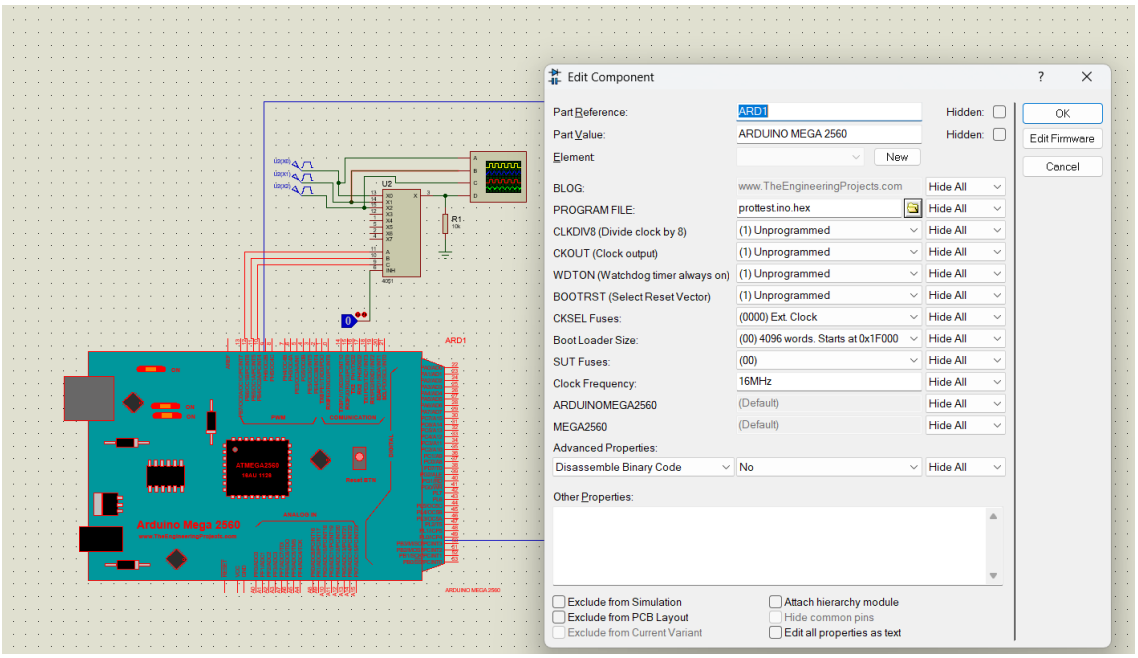

Рисунок 3.5 – Підключення програмного забезпечення

Після підключення програмного забезпечення, з допомогою осцилографа знімаємо данні, про зміну стану мультиплексора. На рисунку 3.6, зображено сигнали на осцилографі.

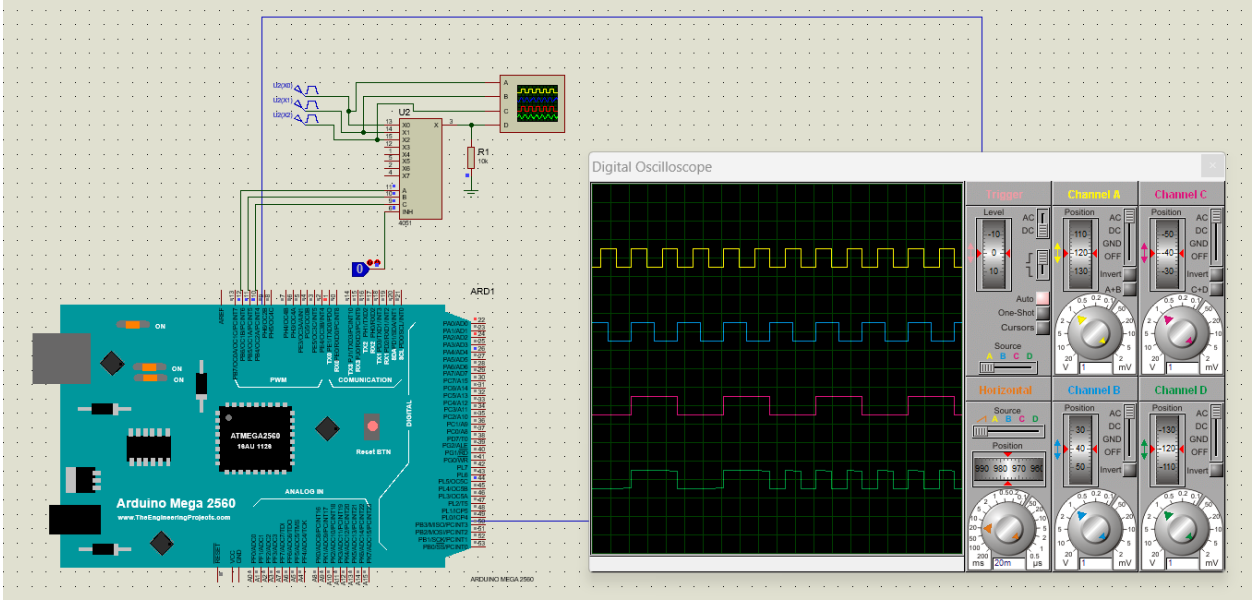

Рисунок 3.6 – Демонстрація перемикання мультиплексора з виходa X2 на вихід X0

При проведенні експериментального дослідження в Proteus, ми побачили схему підключення та роботи. За допомогою осцилографа провели дослідження роботи мікроконтролера і мультиплексора (рисунок 3.6). Побачили, що контролер періодично перемикає виходи мультиплексора від першого виходa до третього. Та переконались, що програмне забезпечення працює вірно.

3.3 Моделювання модулю температури і вологості повітря

Проведемо моделювання блоку температури і вологості повітря в Proteus. Моделювання роботи проводилось в Proteus 8 Professional. На рисунку 3.7 зображено підключення датчика DHT11 до Arduino Mega.

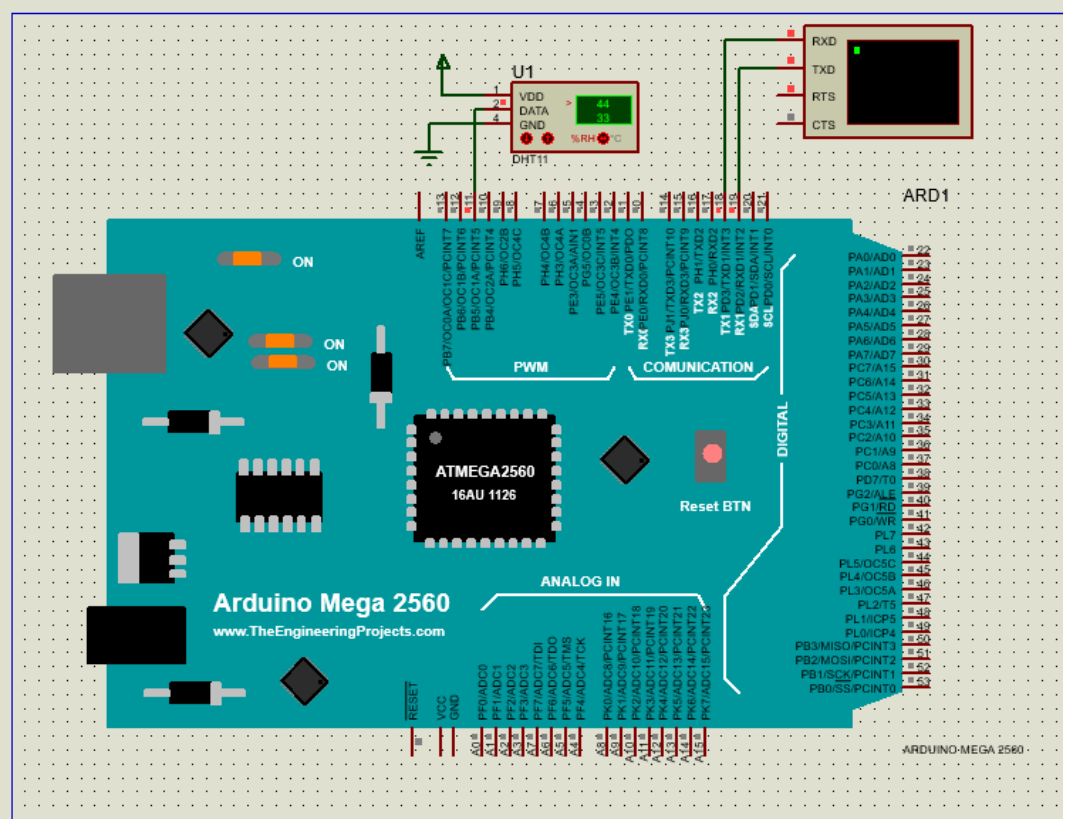

Рисунок 3.7 – Підключення DHT11 до Arduino

Після підключення датчика ми підключаємо програмне забезпечення, на рисунку 3.8 зображено підключення програмного забезпечення.

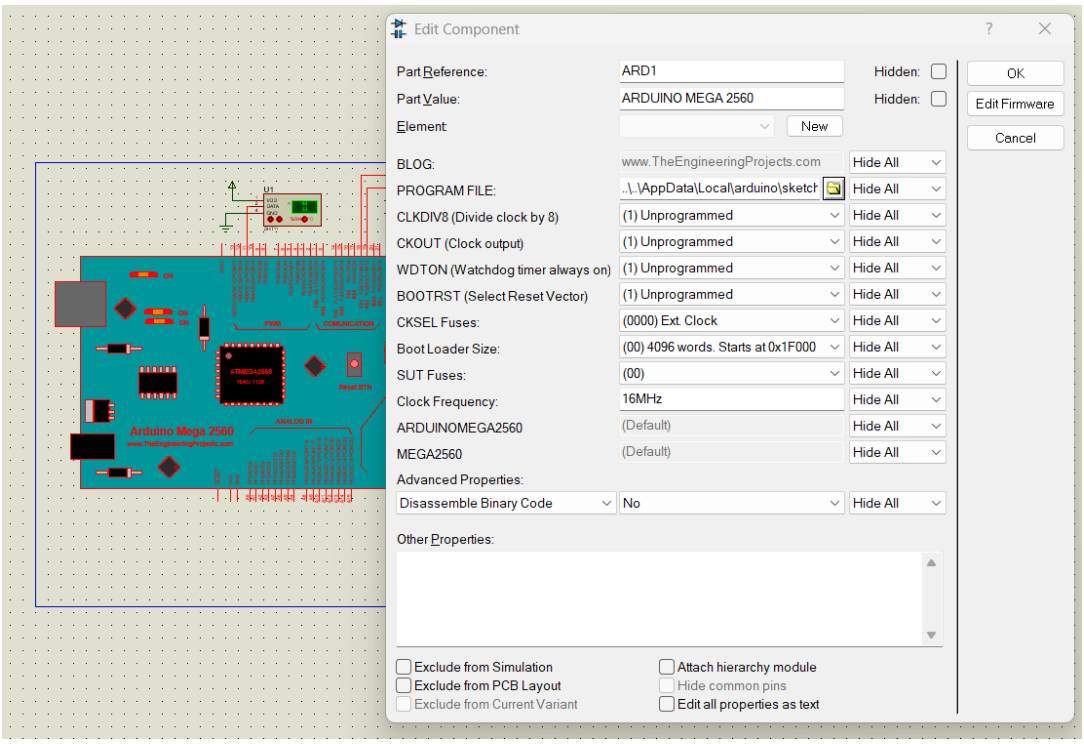

Рисунок 3.8 - Підключення програмного забезпечення

Після підключення програмного забезпечення, з допомогою датчика знімаємо дані, про навколишнє середовище. На рисунку 3.9, дані температури і вологості виведені на віртуальний термінал.

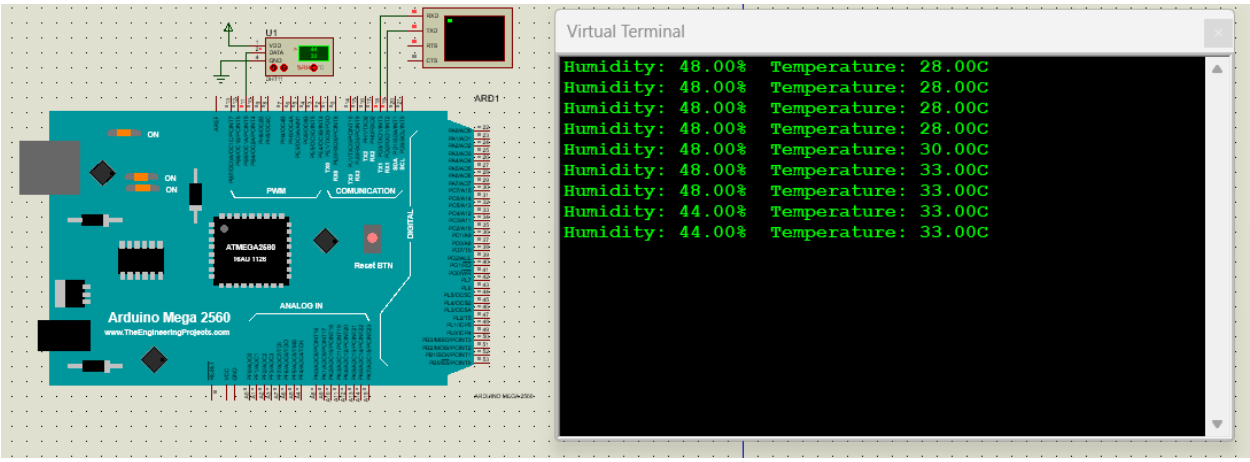

Рисунок 3.9 – Дані температури середовища

У даному моделюванні, ми використовували віртуальний термінал. Віртуальний термінал - це просто цифрова модель, і також не вимагає жодних специфічних рівнів напруги на своїх виводах. На рисунку 3.10, зображено налаштування термінала.

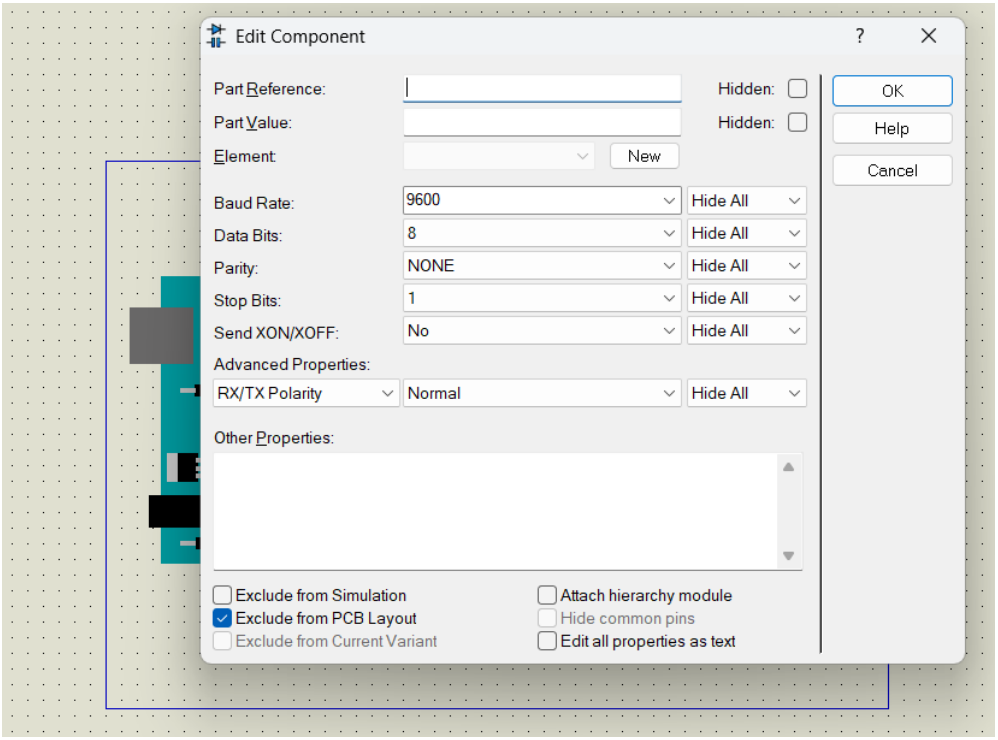

Рисунок 3.10 – Налаштування віртуального термінала

Віртуальний термінал має такі характеристики:

1. Повний дуплекс - дані, що послідовно надходять, відображаються, як символи ASCII, в той час, як натискання клавіш передаються, так само, як послідовні дані ASCII;

2. Простий двопровідний інтерфейс даних: RXD для отриманих даних і TXD для даних, що передаються;

3. Простий двопровідний апаратний інтерфейс встановлення зв'язку:

4. RTS (ready-to-send) готовий до передачі, і CTS (clear-to-send) очищений для передачі;

5. Швидкість від 300 до 57600 бодів;

6. 7 чи 8 інформаційних розрядів;

7. Парність, непарність чи ні;

8. 0, 1 або 2 стопові біти;

9. Процедура встановлення зв'язку програмного забезпечення XON/XOFF на додаток до апаратної процедури встановлення зв'язок;

10. Нормальна або негативна полярність сигналів і RX/TX, і RTS/CTS.

Використання віртуального термінала:

1. Щоб під’єднати термінал до Вашої системи, що моделюється:

2. Виберіть піктограму мультиметра на правій панелі, виберіть Віртуальний термінал (VIRTUAL TERMINAL) і розмістіть її на схемі.

3. Під’єднати виводи RX і TX до передавальної та приймальної ліній системи, що тестується. RX – вхід, TX – вихід.

4. Якщо цільова система використовує апаратну процедуру встановлення зв'язку, під’єднайте виводи RTS і CTS до відповідних шин управління потоком. RTS — вихід, що сигналізує, що віртуальний термінал готовий прийняти дані, а CTS — вхід, у якому має бути високий рівень (чи він повинен висіти повітря), щоб віртуальний термінал почав передачу.

5. Запустіть моделювання звичайним способом. Термінал відобразить вхідні дані, як тільки отримає їх; Щоб надсилати символи в систему, переконайтеся, що фокус зараз на вікні терміналу, а потім надрукуйте текст на клавіатурі персонального комп'ютера.

6. Як тільки почнеться моделювання, подальші функціональні можливості будуть доступні в контекстному меню, яке з'явиться правою кнопкою миші на вікні терміналу. Це меню дає можливість Вам призупинити дисплей, копіювати та вставляти текст в буфер обміну і з нього.

3.4 Дослідження тестового зразка

Проведемо збірку та дослідження тестового зразка радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами зібраної на макетній платі та демонстрація роботи Telegram бота для збору даних.

3.4.1 Вибір IoT сервісу для моніторингу даних через інтернет

В бакалаврській кваліфікаційній робот, для моніторингу даних через інтернет я використовуватиму бота в месенжері Telegram.

Telegram - це популярний месенджер, який широко використовується в Україні та інших країнах світу. Ця платформа забезпечує швидкий та безпечний обмін інформації між користувачами та пропонує широкі можливості для реалізації дистанційного контролю.

Переваги Telegram:

Надійність та швидкість передачі повідомлень Telegram спроектований як високопродуктивна платформа з моментальною доставкою повідомлень. Це означає, що команди або сповіщення від IoT-пристроїв надходять практично в режимі реального часу, що особливо важливо для систем моніторингу та управління, де мінімальна затримка має вирішальне значення.

Простота інтеграції завдяки потужному API та ботам Завдяки добре документованому Telegram Bot API, розробка власних ботів для взаємодії з пристроями стає простою задачею. Інструмент BotFather дозволяє легко створювати і налаштовувати ботів. Ця можливість знімає необхідність розробки власного серверного рішення для обміну даними, що суттєво пришвидшує процес прототипування IoT-систем.

Безкоштовність та крос-платформеність Telegram є безкоштовним сервісом, доступним на численних платформах (Android, iOS, десктопи), що забезпечує універсальний доступ до системи навіть при змінних умовах інтернет-зв’язку. Це дуже зручно, адже IoT-пристрої можуть бути інтегровані в уже існуючу інфраструктуру користувача .

Оптимізація передачі даних та ефективність у мережах з низькою пропускною здатністю Протоколи Telegram спроектовані таким чином, що навіть у випадку повільного або обмеженого з’єднання мережа ефективно передає стиснуті дані. Це дозволяє IoT-пристроям працювати в умовах низького інтернет-покриття, гарантуючи доставку повідомлень незалежно від якості зв’язку .

Високий рівень безпеки Telegram використовує сучасні криптографічні технології для забезпечення захищеності даних під час передачі, що є критично важливим аспектом для IoT-систем, де безпека та конфіденційність інформації мають першорядне значення.

Можливість використання в системах автоматизації Завдяки своїй універсальності та простоті інтеграції з мікроконтролерами (ESP8266, ESP32 та ін.), Telegram дозволяє створювати системи дистанційного керування, моніторингу, сповіщення та збору даних без необхідності розробки від нуля окремої платформи комунікації. Це відкриває нові можливості, наприклад, для домашньої автоматизації або промислових рішень, що використовують IoT .

3.4.2 Дослідження дисплея

В тестовому зразку я використовую 1.3 дюймовий TFT-модуль GMT130-V1.0 який має роздільну здатність 240 на 240 пікселя що забезпечує яскравий і детальний вивід графіки завдяки використанню драйвера ST7789, також завдяки компактним розмірам та низькому електросподиванню цей дисплей може бути легко інтегрований в будь-якийкорпус та застосовуватись в системах з автономним живленням. На рисунку 3.11, зображений модуль.

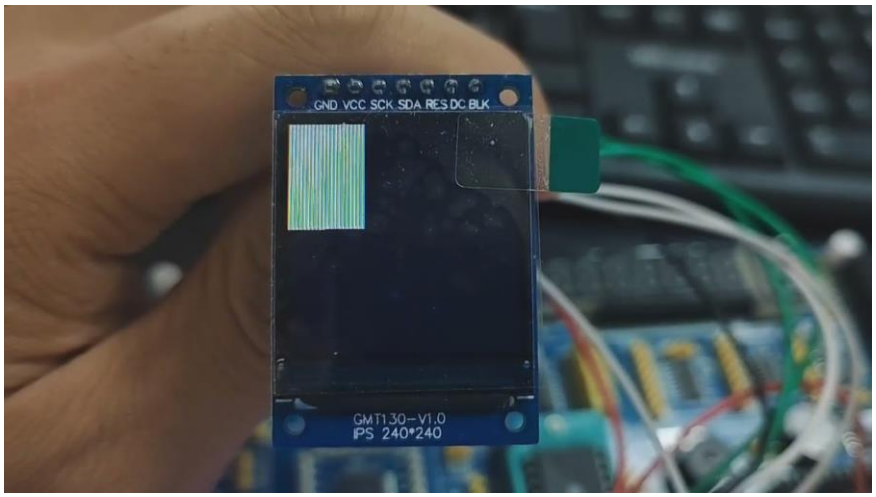

Рисунок 3.11 - Модуль GMT130-V1.0

Цей модуль буде використовуватися для виведення виміряних параметрів з датчиків такі як температура повітря, вологість повітря, рівень освітлення та вологість грунту. На рисунку 3.12, зображений вже встановлений в макетну плату дисплей та виведена на нього інформація.

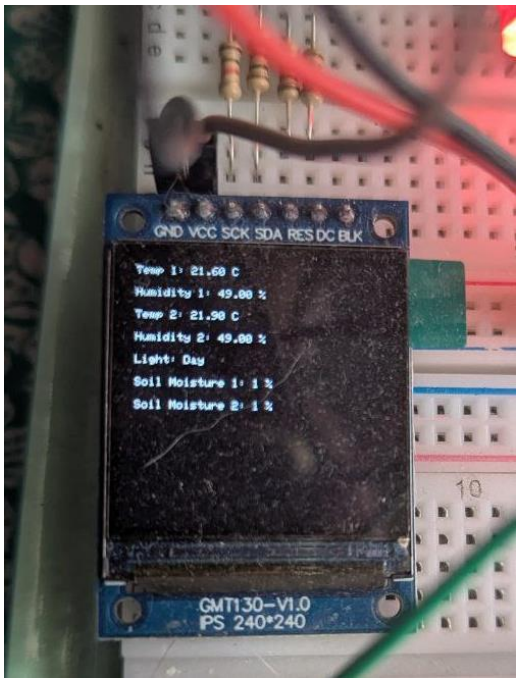

Рисунок 3.12 - Модуль GMT130-V1.0

3.4.3 Дослідження термогігрометра та датчика освітлення.

В тестовому зразку я використовую датчик температури та вологості DHT11-це цифровий датчик температури та вологості, що дозволяє

калібрувати цифровий сигнал на виході. Складається з ємнісного датчика вологості та термістора. Також, датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості та температури. На рисунку 3.13, зображений модуль DHT11.

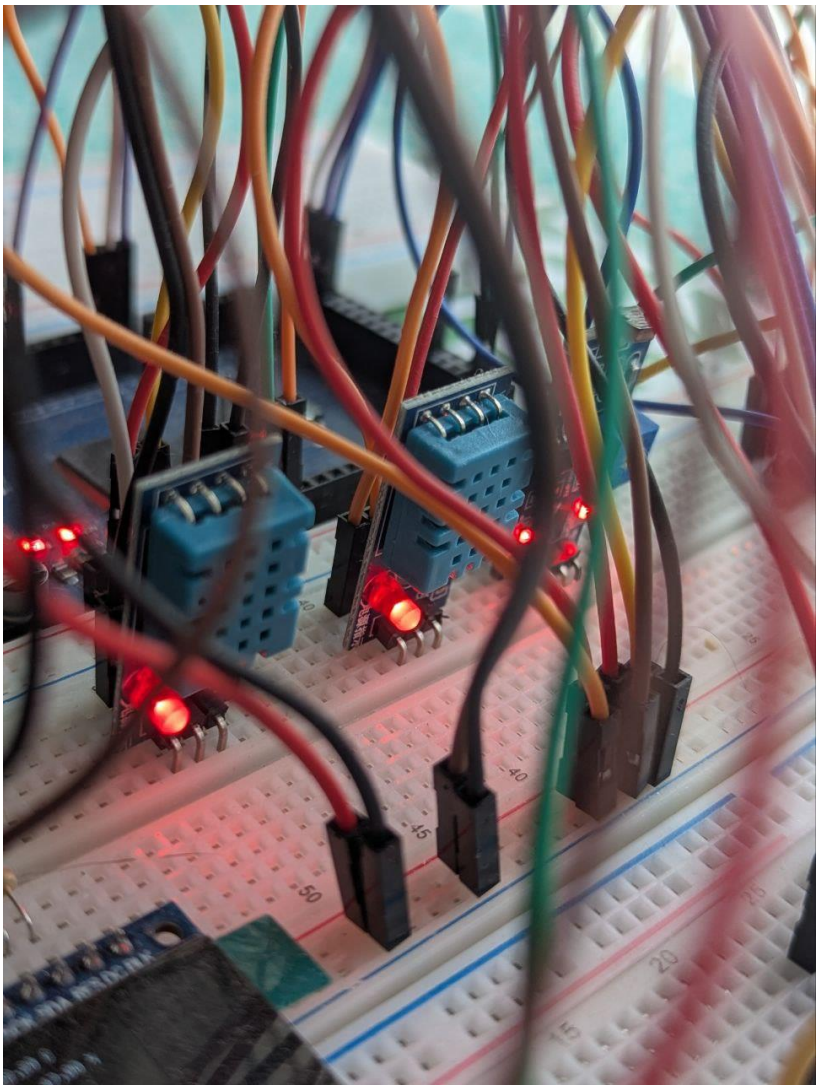

Рисунок 3.13 - Модуль DHT11

В проекті використовуються два датчики що дозволяє моніторити клімат в різних місцях. Також для більш детального аналізу використовується датчик освітлення на базі модуля hw-072. Цей модуль дозволяє вчасно реагувати на зміну доби та ночі та при низькому освітлені модуль подає високий сигнал на пін мікроконтролера який вмикає освітлення. На рисунку 3.14, зображений модуль датчика освітлення.

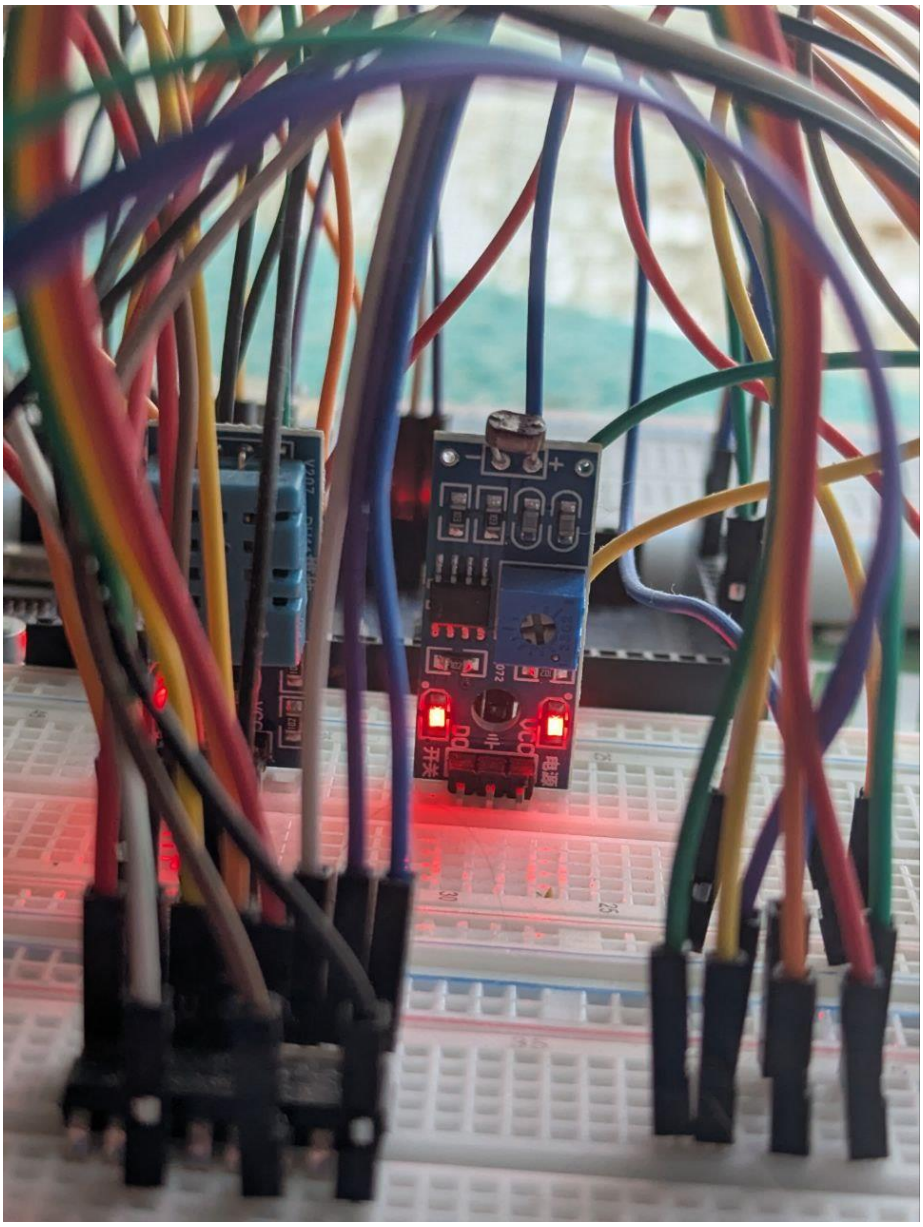

Рисунок 3.14 - Модуль hw-072

3.4.4 Дослідження мультиплексора.

В проекті використовуються два мультплексора К561КП2 - це універсальний мультиплексор/демультиплексор у корпусі DIP-16, побудований на базі інтегральної схеми CD4051A. Завдяки своїй схемі він дозволяє перемикати один спільний аналоговий або цифровий сигнал між вісімма можливими каналами. Це здійснюється за допомогою трьох адресних входів що дозволяють вибрати необхідний канал для комутації. В проекті я його використовую для економії виходів-входів мікроконтролера. Використання мультилексора дає виграш в контактах мікроконтролера в 2

рази. Завдяки мультплексорам здійснюється перемикання та зчитування інформації з датчиків DHT11 та hw-072 та керування модулем реле для вмикання потужної електроніки. Через особливості роботи мультиплексора одночасно може бути активний один вихід тому на мультиплексору датчиків виходи перемикаються по колу з затримкою дві секунди через що для повного оновлення даних потрібно шість секунд, на мультиплексору контролю модуля реле використовується пріоритет першого реле над другим але через низькі вимоги до швидкості такі особливості не є проблемою. На рисунку 3.15, зображений мультиплексор контролю модуля реле.

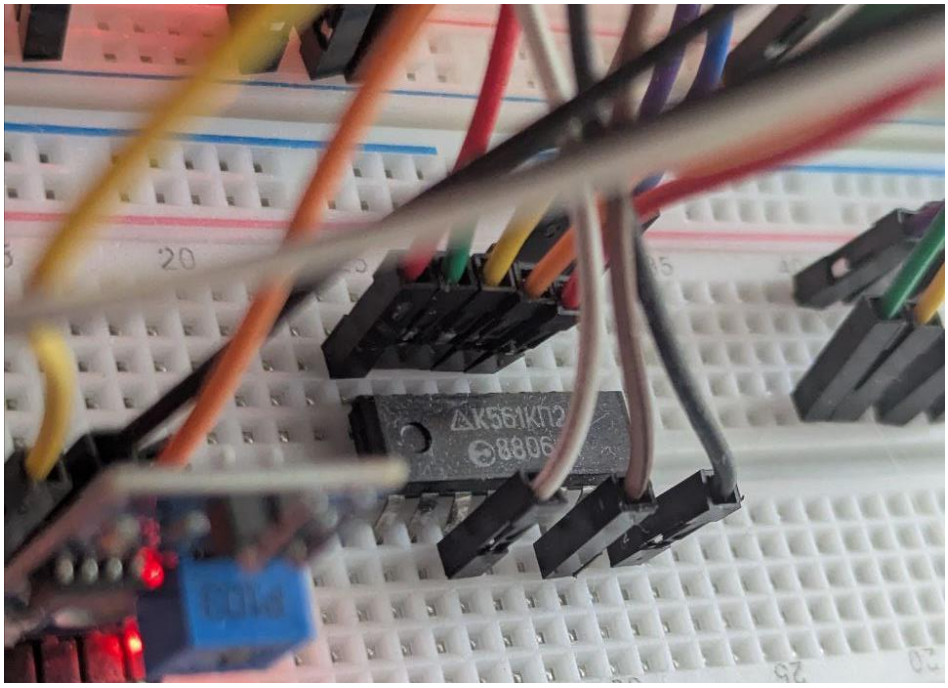

Рисунок 3.15 – Мультиплексор К561КП2

3.4.5 Дослідження модуля реле HW-316 5V 4.

У проекті використовується 4-канальний релейний модуль HW-316 5V 4, який керується мультиплексором К561КП2. Завдяки цьому рішенню можна керувати чотирма пристроями, що споживають високий струм, використовуючи слабкострумовий сигнал від мікроконтролера Arduino Mega.

При з'єднанні входу з заземленням котушка реле отримує живлення, що приводить до замикання контактів і вмикання підключеного пристроя.

Відключення входу від землі призводить до знеструмлення котушки, внаслідок чого контакти розмикаються, вимикаючи підключений пристрій.

5-вольтовий 4-канальний релейний модуль чудово підходить для керування потужними пристроями, якими неможливо керувати безпосередньо через цифрові контакти Arduino Mega через їх обмеження по струму і напрузі. Цей універсальний та простий у використанні пристрій можливо застосувати для різноманітних проектів, наприклад, для керування двигуном, лампочкою або електромагнітним клапаном. Він сумісний із широким спектром мікроконтролерів, що робить його зручним вибором для багатьох розробників. Контакти кожного реле розраховані на роботу з напругою до 250 В змінного струму та 30 В постійного струму, з максимальною силою струму до 10 А, що зазначено на корпусі. Модуль містить всі необхідні комутаційні та ізоляційні компоненти, що значно спрощує інтеграцію з мікроконтролером або датчиком. На рисунку 3.16 - 3.19, зображені стани реле в залежності від стану навколишнього середовища.

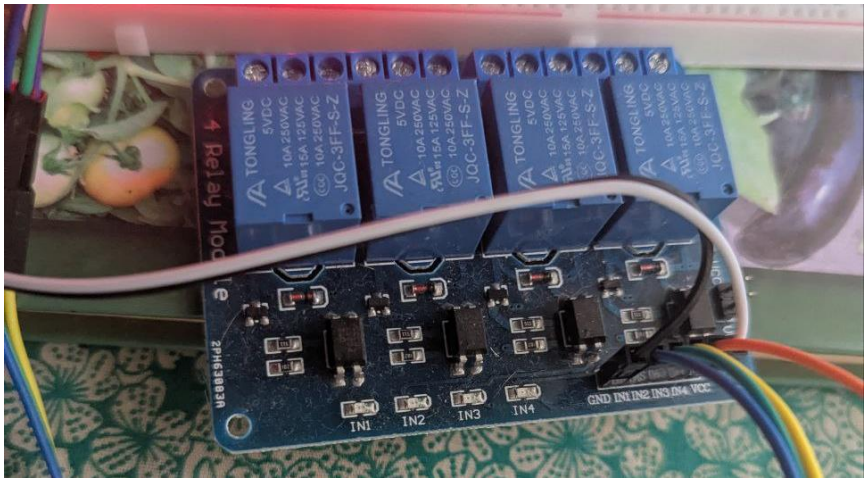

Рисунок 3.16 - Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та високому рівні освітлення (не горить жоден світлодіод)

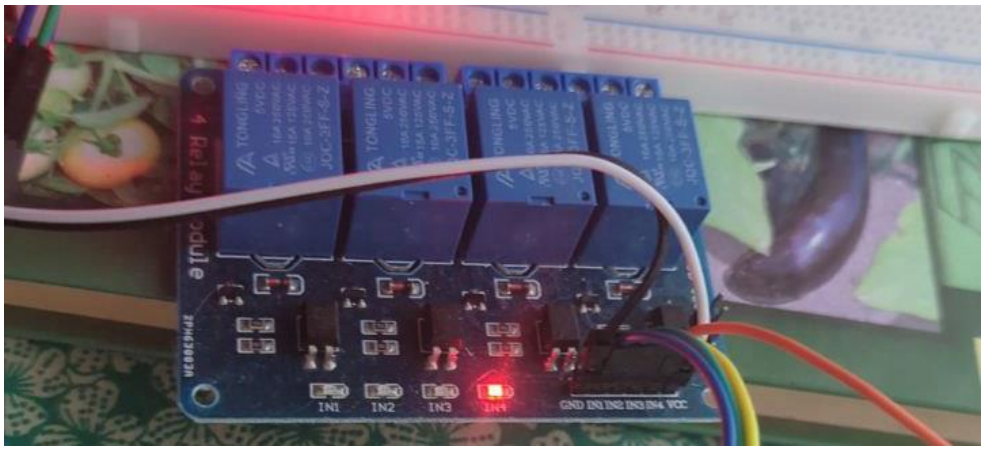

Рисунок 3.17 - Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та низькому рівні освітлення

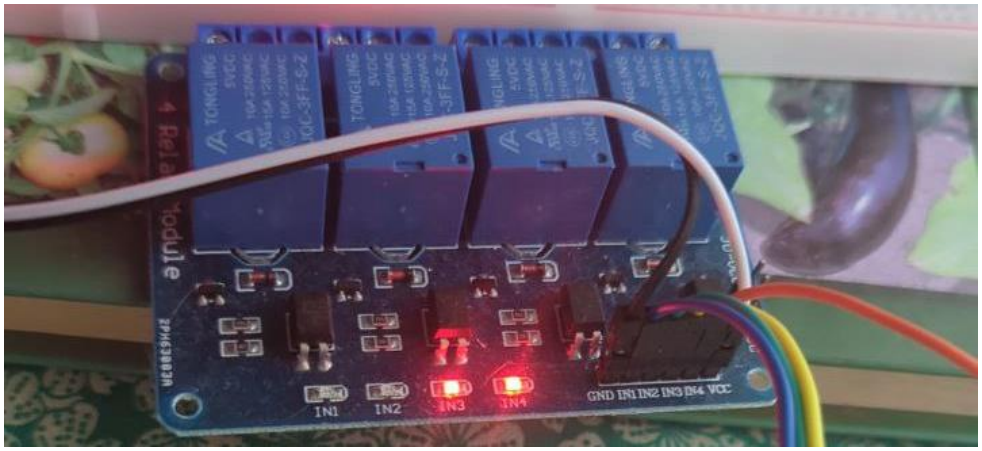

Рисунок 3.18 - Модуль реле при низькому рівні вологості на другому датчику вологості грунту та низькому рівні освітлення

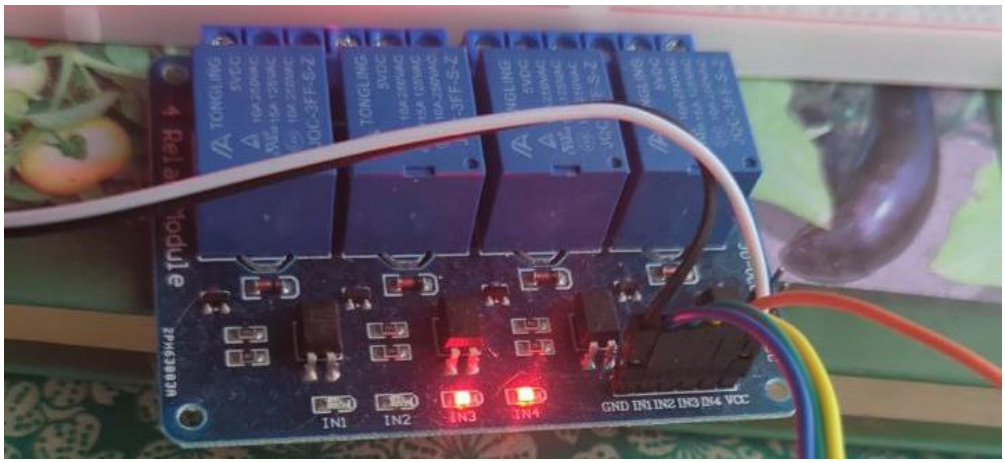

Рисунок 3.19 - Модуль реле при низькому рівні вологості на обох датчиках вологості грунту та низькому рівні освітлення

(Світиться лише світлодіод In1 через вищий пріоритет першого датчика, In4 світиться через те що цей пін приєднаний напряму до Arduino Mega.

3.4.6 Дослідження Telegram бота.

В даному пункті я проведу дослідження моніторингу данних через Telegram бот. На рисунках 3.20 - 3.23, зображені відповіді бота в різних ситуаціях.

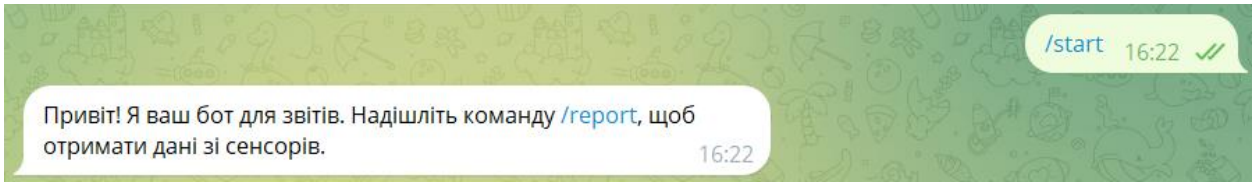

Рисунок 3.20 – Відповідь бота на команду /start

Рисунок 3.21 – Відповідь бота на команду /report

Рисунок 3.22 – Відповідь бота при помилці підключення між ESP8266 і Arduino Mega

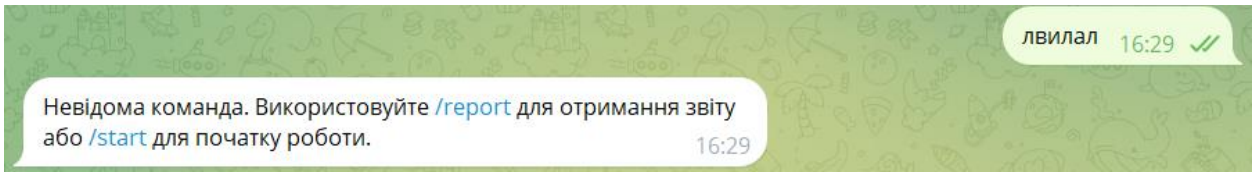

Рисунок 3.23 – Відповідь бота при неправильно написаній команді

На рисунку 3.24, зображений дослідний зразок цілком.

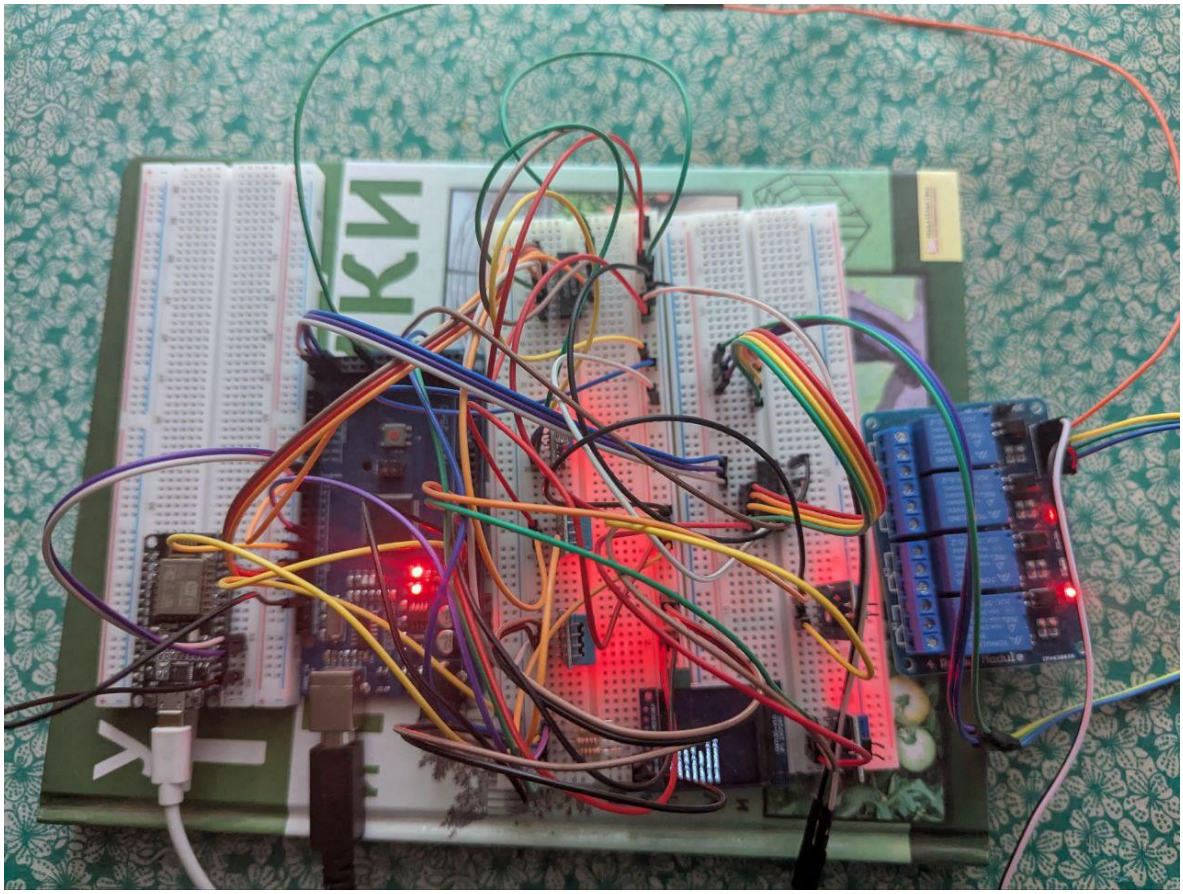

Рисунок 3.24 – Дослідний зразок

Отже після проведених досліджень тестового зразка і моделювання я роблю висновок що система відповідає поставленим задачам

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система заходів, спрямована на запобігання аваріям та професійним захворюванням під час виконання виробничих процесів. Вона є ключовим елементом будь-якого підприємства, оскільки забезпечує фізичну безпеку та здоров’я працівників, що, у свою чергу, підвищує ефективність роботи.

Крім того, важливою складовою охорони праці є розвиток культури безпеки — система свідомого та відповідального ставлення співробітників до власного захисту та безпеки колег. Ця культура формується через систематичне навчання та наслідування позитивних прикладів.

Впровадження науково обґрунтованих методів забезпечення охорони праці дозволяє застосовувати сучасні знання і технології, що сприяють суттєвому зниженню ризиків нещасних випадків і профзахворювань.

Розробка та дослідження радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами відбувалася в приміщені, яке обладнане комп’ютеризованими робочими місцями. На дослідника, відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони. [27]

2. Хімічні: шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

3. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

4.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Сучасне виробництво відзначається широкою автоматизацією та вдосконаленням технологічних процесів. Комп’ютерна техніка стала невід’ємною складовою майже кожного підприємства, що зумовлює необхідність нормативного регулювання її використання, особливо в контексті охорони праці. Законодавство України встановлює конкретні вимоги до експлуатації комп’ютерної техніки, серед яких – ДСанПіН 3.3.2.007-98, НПАОП 0.00-7.15-18, ДСТУ 8604:2015 та інші документи. Ці норми та стандарти визначають умови безпечної і ефективної роботи з комп’ютерами та іншими технічними засобами, спрямовані на запобігання нещасним випадкам і профзахворюванням, а також сприяють створенню комфортних умов для працівників.

Перед початком використання комп'ютерів та іншої офісної техніки на робочому місці необхідно дотриматися наступних вимог: роботу допускаються лише особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, ознайомилися з інструкціями з охорони праці при роботі з офісною технікою та не мають медичних обмежень.

Приміщення, які використовуються для роботи з комп'ютерами, повинні відповідати проектним вимогам будівлі, узгодженим із компетентними державними органами. Крім того, роботодавець зобов’язаний дотримуватися санітарних норм і вимог щодо освітлення, мікроклімату (температури і вологості), вібрації, шумового фонду та пожежної безпеки в приміщенні. Конкретні параметри цих умов визначені у зазначених нормативних документах. [28]

Організація робочого місця дослідника відповідає наступним вимогам:

1. Робочі місця з відеотерміналами та ПК розміщуються на відстані не менше 1 метра від стін зі світловими прорізами.
2. Відстань між бічними поверхнями відеотерміналів повинна бути не

менше 1,2 метра.

3. Відстань між тильною поверхнею одного відеотермінала та екраном іншого не повинна бути менше 2,5 метра.

4. Прохід між рядами робочих місць повинен бути не менше 1 метра.

5. Робоче сидіння (крісло) розробника складається з наступних основних елементів: сидіння, спинки і стаціонарних або знімних підлокітників.

Організація робочого місця дослідника має на меті створення оптимальних умов для роботи з відеотерміналами та комп'ютерами, що сприяє збереженню здоров'я й безпеки співробітника. З цією метою дотримання нормативних вимог щодо розташування обладнання є ключовим етапом у формуванні робочого простору. Особливу увагу слід звертати на місце для сидіння, адже саме крісло є важливим елементом, що впливає як на комфорт, так і на продуктивність роботи. Воно повинно бути зручним, підтримувати правильну поставу та допомагати запобігати втомі, а також неприємностям у хребті та спині протягом тривалого робочого дня. При цьому важливо не тільки звертати увагу на дизайн крісла, але й враховувати можливості регулювання його висоти, нахилу та підтримки для плечей. [29]

Загальна площа робочого приміщення становить 15 м^2 та об'єм 42 м^3. Кількість працівників у приміщенні – 2 особи, всі робочі місця комп'ютеризовані. На одного працівника в даному приміщенні припадає в середньому $\frac{15}{2} = 7.5$ (м^2/ос.) робочої площі. Об'єм повітря на одного працівника припадає $\frac{42}{2} = 21$ м^3.

За вимогами НПАОП 0.00-7.15-18, для приміщень, де працюють з відеотерміналами, встановлено, що на одне робоче місце має припадати не менше 6,0 кв. м площі та 20,0 куб. м об'єму (з урахуванням максимальної кількості осіб, які працюють одночасно протягом зміни). Аналіз фактичних розмірів приміщень показав, що ці нормативні вимоги повністю дотримано.

4.1.2 Електробезпека приміщення

Згідно з проведеним дослідженням, визначаємо, що приміщення, де виконувалася робота, відноситься до 1-го класу безпеки, що свідчить про відсутність підвищеної електричної небезпеки. У цьому приміщенні переважають безпечні умови для праці: воно має низьку вологість, обмежене накопичення пилу, умови щодо температури повітря в ньому є комфортними, а також наявні ізольовані підлоги та обладнання з обмеженою кількістю заземлених приладів. [30] На робочому місці одним із елементів обладнання є металевий корпус системного блоку комп'ютера. Важливо відзначити, що цей корпус має властивості ізоляції для забезпечення безпеки, а також містить елементи для заземлення та провід зі заземлюючим проводом для підключення до джерела живлення. Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки та запобігання можливим електричним ризикам при використанні комп'ютерної техніки у відповідному приміщенні.

Для забезпечення надійної роботи електротехнічного устаткування в умовах як нормальної експлуатації, так і під час коротких замикань, перенапруг і перевантажень, були впроваджені ряд технічних рішень та заходів з безпеки:

1. Струмопровідні частини недоступні для працівників, використовується схована проводка або кабелі прокладені у спеціальних ринвах, що мінімізує можливість контакту з електричними компонентами.

2. Струмопровідні частини ізольовані з використанням ізоляції, опір якої не менше 1 кОм/В, і регулярно перевіряються та обслуговуються для забезпечення надійності ізоляції.

3. Напруга в системі освітлення становить 220 В і має заземлену нейтраль для підвищення безпеки при можливих неполадках.

4. Для захисту від коротких замикань і перевантажень використовуються запобіжники та автоматичні вимикачі.

5. Всі металеві частини обладнання та електричних систем заземлені, щоб ефективно зебезпечити відведення надлишкової напруги та запобігання ураженню електричним струмом.

6. Використовуються високоякісні кабелі, які відповідають стандартам безпеки та електробезпеки для запобігання можливим проблемам.

7. Забезпечується постійний нагляд та планова профілактика електротехнічного обладнання та ізоляції для попередження можливих проблем та забезпечення безпеки працівників.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Оптимальний мікроклімат приміщення, який охоплює такі показники, як температура, швидкість повітряного потоку та вологість, відіграє вирішальну роль у збереженні працездатності людини. [31] Для того, щоб організм міг нормально функціонувати, необхідно забезпечити збалансований теплообмін, що виникає внаслідок фізичної активності співробітника. Зниження температури в офісному просторі може викликати надмірні втрати теплової енергії, що, у свою чергу, підвищує ризик переохолодження. Натомість, надмірно високі температури стимулюють організм до потовиділення, що може призводити до втрати важливих мінеральних ресурсів. Саме тому важливо підтримувати оптимальні параметри мікроклімату для збереження здоров’я та працездатності людини. [32]

Робота дослідника відповідає категорії 1а за гігієнічною класифікацією праці, оскільки вона характеризується невисоким рівнем фізичної активності та невисокими енергетичними витратами. Для цієї категорії праці допустимі параметри мікроклімату наведені в таблиці 4.1 і включають температурний режим та вологість повітря.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t,°C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов у приміщенні використовується система кондиціонування повітря з можливістю індивідуального регулювання температури, система центрального опалення та систематичне вологе прибирання приміщення.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Для створення належних умов роботи на підприємстві важливо враховувати не лише сприятливі метеорологічні умови, а й підтримувати високий рівень якості повітря в приміщенні. У процесі технологічних операцій у робочій зоні можуть утворюватися різноманітні шкідливі домішки, які при недотриманні заходів безпеки здатні спричинити виробничі травми, професійні захворювання чи іншим чином вплинути негативно на здоров’я працівників. Тому життєво необхідно дотримуватися встановлених норм безпеки і вживати відповідних заходів для забезпечення чистоти повітря у виробничих приміщеннях.

В приміщенні, де виконувалося дослідження, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. [33] ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99, які знаходяться в досліджуваному приміщені, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	10	6	4
Озон	0,1	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 $см^3$	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення відповідного складу повітря в робочій зоні здійснюється за допомогою таких заходів:

– система кондиціювання, яка регулює температуру, вологість та чистоту повітря в робочій зоні;

– регулярне провітрювання, яке допомагає видаляти з повітря шкідливі речовини, такі як пил, гази та пари;

– вологе прибирання, яке сприяє видаленню пилу, бруду та мікроорганізмів з поверхонь.

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення виробничих приміщень визначається як через кількісні, так і через якісні показники, що мають вирішальне значення для комфорту та безпеки працівників. До основних кількісних параметрів відносяться світловий потік, сила світла, яскравість та рівень освітленості. Щодо якісних ознак, важливими є фон, контрастність між об'єктом і його оточенням, а також загальна видимість у робочому середовищі. Як недостатнє, так і надмірне освітлення, нерівномірне розподілення світла в полі зору, пульсації або зміни в колірній гаммі освітлюваних об'єктів можуть викликати перевтому зору та загальну втому співробітників. Також занадто висока яскравість джерел світла здатна спричинити головний біль, мерехтіння перед очима і погіршення гостроти зору. Всі ці фактори створюють потенційні ризики нещасних випадків і можуть стати причиною виникнення

професійних захворювань, тому забезпечення оптимальних параметрів освітлення є надзвичайно важливим для формування безпечних і комфортних умов праці.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні (згідно ДБН В.2.5-28:2018) зазначені у таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_н$, %			
						Штучне освітлення		Природнє освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Робоче місце було організовано з урахуванням запобігання прямого потрапляння світла в очі. Для усунення відблисків світла використовується обладнання з матовою поверхнею. Захисні козирки та жалюзі встановлені на вікнах, щоб захистити очі від прямого сонячного світла або штучного освітлення. Система вимикачів дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення в залежності від природного освітлення та освітлювати тільки ті зони приміщення, які необхідні для роботи. Для забезпечення відповідного рівня освітленості важливо максимально використовувати доступне природне освітлення, регулярно очищати вікна від бруду та вчасно замінювати випалені лампи.

4.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99. Норми

шумового навантаження на працівника в процесі дослідження наведені в табл.4.5.

Таблиця 4.5 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньогеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Сучасна комп'ютерна техніка відзначається високою ефективністю та низьким споживанням електроенергії, зазвичай у межах 200–250 Вт. Вона об'єднує в собі різноманітні електро- та радіоелектронні пристрої, які працюють за різними фізичними принципами. Слід враховувати, що така техніка генерує електричні та магнітні поля, що характеризуються різноманітним частотним діапазоном і просторовим розподілом. Окрім того, у робочих зонах із комп'ютерною технікою можуть виникати й інші потенційно шкідливі фактори, наприклад, електромагнітне випромінювання в радіочастотному діапазоні та магнітні поля, які створюються іншими джерелами. Усе це може негативно впливати на здоров’я працівників, тому необхідно впроваджувати відповідні заходи безпеки та здійснювати контроль за їх дотриманням. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівників наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м^2
	за електричною складовою (Е), В/м	за магнітною складовою (Н), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 мм)			0,001
УФ-В (280...320 мм)			0,01
УФ-А (320. ..400 мм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 вВ/м

Для обмеження впливу ЕМП на розробника слід використовувати лише якісну техніку із сертифікатом якості і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК.

4.3 Пожежна безпека

Запобігання пожежам є надзвичайно важливою задачею, яка полягає у виключенні можливості утворення горючих чи вибухонебезпечних середовищ та джерел запалювання. На підприємстві слід вжити комплекс ефективних заходів пожежної безпеки, що дозволить зменшити ризики для людей та мінімізувати матеріальні збитки у разі пожежі. До забезпечення пожежної безпеки об’єкта входить комплекс заходів, який складається з системи запобігання пожежам, системи протипожежного захисту та організаційно-технічних рішень.

Основна мета цих заходів полягає у відповідності нормативним вимогам і профілактиці пожеж, а якщо пожежа все ж виникла – в

оперативному стримуванні її поширення, своєчасному виявленні та загашенні, а також у захисті людських життів і матеріальних цінностей. Відповідно, зазначене приміщення класифікується як категорія "Д".

Варто відмітити, що пожежна безпека є важливою складовою безпеки на робочому місці, і вона повинна бути серйозною перевіреною та врахована в усіх аспектах діяльності підприємства. [34]

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

У приміщенні існують фактори, які можуть спричинити пожежу. Серед них:

– перевантаження електромережі та перегрів струмоведучих частин і з'єднань;

– порушення правил експлуатації технічного обладнання;

– недостатня електрична безпека, така як перевантаження електричних мереж і недостатнє заземлення, що може спричинити перегрів і коротке замикання;

– порушення правил використання електроприладів, наприклад, неправильне підключення або залишення увімкненими приладів без нагляду;

– несправність електричного обладнання, включаючи пошкоджену ізоляцію, старі та зношені кабелі, дефекти в електричних приладах.

Система запобігання пожежі передбачає наступні заходи:

– регулярна перевірка цілісності ізоляції;

– наявність спеціально відведених місць для куріння;

– проведення періодичних навчань та інструктажів з протипожежної безпеки;

– уникання накопичення горючих матеріалів у приміщенні;

– встановлення системи захисту від атмосферних розрядів.

Ці заходи мають на меті зменшити ризик пожежі, зберегти безпеку людей і майна, а також забезпечити відповідність нормам протипожежної безпеки.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Згідно з ДБН В.2.5-56:2014, системи протипожежного захисту для офісних приміщень можуть включати в себе різноманітні компоненти та підсистеми з метою забезпечення найвищого рівня захисту від пожеж та інших надзвичайних ситуацій. Розглянемо ці компоненти докладніше:

1. Автоматичні системи пожежогасіння: включають різні види систем, такі як водяні, пінні, аерозольні, газові, порошкові, локального застосування. Ці системи автоматично виявляють пожежу та подають гасіння, знижуючи ризик поширення пожежі.

2. Системи пожежної сигналізації: вони призначені для раннього виявлення пожежі або диму. Це включає датчики диму та тепла, мануальні вимикачі, індикатори та системи оповіщення персоналу.

3. Системи оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей: ці системи включають в себе динамічні оповіщувачі, світлові сигнали, динамічні плани евакуації, а також засоби комунікації для організації та керування евакуацією персоналу.

4. Системи протидимного захисту: дим виникає під час пожежі і може створити значні труднощі для евакуації та рятувальних операцій. Системи протидимного захисту включають вентиляцію, димовідведення та димосмоктування, які допомагають контролювати та видаляти дим з будівлі.

5. Системи передавання тривожних сповіщень: ці системи дозволяють автоматично повідомляти служби пожежної безпеки та інших рятувальних служб про пожежу чи іншу надзвичайну ситуацію. Вони також можуть включати системи автоматичного виклику.

Ці компоненти працюють разом для створення комплексної системи протипожежного захисту, яка забезпечує вчасне виявлення, гасіння та

евакуацію в разі пожежі або іншої надзвичайної ситуації в офісних приміщеннях.

Несправності пожежної техніки слід повідомляти пожежній охороні. В приміщенні розташований один порошковий вогнегасник ПВ-3, який буде розміщуватись на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника, знаходитися на відстані від дверей, достатній для їх повного відчинення. Для позначення місцезнаходження вогнегасника буде встановлений вказівний знак, який розташовують на видних місцях на висоті 2,0 - 2,5 м від рівня підлоги.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі було розроблено радіотехнічну систему контролю поливу за рослинами. Систему було розроблено з метою економії водних і людських ресурсів та моніторинг параметрів навколишнього середовища в режимі реального часу. Головна ціль цього приладу полягає в отриманні точних даних про температуру, освітлення, вологість грунту і повітря та контроль цих параметрів, що визначають стан оточуючого середовища. Даний прилад може бути використаний в галузі сільського господарства.

У другому розділі в ході роботи було проведено дослідження та актуальність радіотехнічної системи, вибір та обґрунтування схеми пристрою, розробка програмного забезпечення. Узагальнюючи, реалізація радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами має значний потенціал для застосування та розширення. Використання Proteus для моделювання та налагодження системи є важливим етапом перед фізичною реалізацією.

У третьому розділі було проведено вибір моделюючого пакету, та проведені моделювання датчиків для радіотехнічної системи у програмному забезпечені Proteus, було також використано програмне забезпечення Arduino IDE, де ми компілювали та розробляли .hex файл для радіотехнічної системи контролю параметрів поливу за рослинами. Результати моделювання в Proteus демонструють можливості системи та її ефективність в зборі, обробці та візуалізації даних про навколишнє середовище. Моделювання дозволяє оцінити роботу системи, виявити можливі проблеми та зробити необхідні налаштування перед фізичною реалізацією проекту. Після моделювання був побудований дослідній зразок який довів відповідність параметрів технічному завданні.

У розділі «Охорона праці» було докладно проаналізовано комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних умов роботи в умовах

комп’ютеризованого середовища та використання сучасних технічних засобів. Запроваджено відповідну організацію робочого місця, дотримання норм мікроклімату, освітленості і електробезпеки, а також заходи з профілактики аварійних ситуацій та пожежної безпеки. Після проведеного аналізу я роблю висновок що робоче приміщення відповідає нормам безпеки.

Потенційні переваги радіотехнічної системи включають зручність в установці та використанні, можливість отримання в режимі реального часу інформації про параметри навколишнього середовища, а також можливість здійснення віддаленого моніторингу.

Тому розробка та впровадження радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами має великий потенціал для моніторингу та збору даних про фізичні параметри, такі як температура, рівень освітлення, вологість та контроль цих параметрів.

Це дозволяє отримати точні та зрозумілі дані про стан довкілля і забезпечити економію природних ресурсів та своєчасний догляд для рослин. Загалом, розробка радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами середовища має на меті забезпечити точний моніторинг та контроль параметрів навколишнього середовища, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення, здійснювати догляд без втручання людини та покращувати якість життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Environmental Monitoring Handbook" by Frank R. Burden and Joe A. Burden. 20 с.
2. "Environmental Science: Earth as a Living Planet" by Daniel B. Botkin and Edward A. Keller. 110 с.
3. "Introduction to Environmental Engineering" by Mackenzie L. Davis and David A. Cornwell. 20-54 с.
4. Environmental Monitoring:A Comprehensive Handbook" Glen Brown. 15 с.
5. "Principles of Environmental Monitoring and Assessment" by Monique T. Binet and David E. Fox. 24 с.
6. Smith, J. R., & Johnson, A. B. (2020). Radio Frequency Principles and Applications: The Generation, Propagation, and Reception of Signals and Noise. Wiley. 107 с.
7. Gupta, P., & Singh, M. (Eds.). (2021). Wireless Sensor Networks for Environmental Monitoring. CRC Press. 210 с.
8. Rappaport, T. S. (2019). Wireless Communications: Principles and Practice. Pearson. 86 с.
9. Gibson, J. D. (2019). Introduction to Environmental Monitoring Systems: Applications, Measurements, and Instrumentation. CRC Press. 144 с.
10. Skvarenina, T. L. (Ed.). (2019). Handbook of Measurement in Science and Engineering (Vol. 3). John Wiley & Sons. 34 с.
11. Karagiannidis, G. K., Chatzimisios, P., & Vazquez-Castro, M. A. (Eds.). (2020). Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks (WSN): Volume I. CRC Press. 164 с.
12. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645-1660. 15 с.

13."Introduction to Environmental Impact Assessment: A Guide to Principles and Practice" by Bram F. Noble, Riki Therivel, and Allan Thomas. 24-40 с.
14. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем. Вінниця: ВНТУ, 2012. 191с.
15. Офіційний веб-сайт Proteus URL: https://www.labcenter.com
16. Офіційний сайт Arduino IDE URL: https://www.arduino.cc/en/software
17. Розпіновка Arduino Mega URL: https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/
18. Мікроконтролери та електроні схеми URL: https://forum.arduino.cc
19. Розпіновка ESP8266 URL: https://lastminuteengineers.com/esp8266-pinout-reference/#google_vignette
20. Документація CD4051 URL: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26890/TI/CD4051.html
21. Сучасні Технології В Сільському Господарстві URL: https://eos.com/uk/blog/suchasni-tekhnolohii-v-silskomu-hospodarstvi/
22. Автоматизована система керування температурно-вологісним режимом теплиці на основі апарату нечіткої логіки URL: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/6_2020/part_1/24.pdf
23. Документація GMT130-V1.0 URL: https://goldenmorninglcd.com/tft-display-module/1.3-inch-240x240-st7789-gmt130-v1.0/
24. Схема підключення датчика температури DHT11 до Ардуіно URL: https://www.electronicwings.com/sensors-modules/dht11
25. Офіційна документація Telegram Bot API URL: https://core.telegram.org/bots
26. Колесник К. В. Мобільна радіотехнічна система контролю параметрів навколишнього середовища / К. В. Колесник, М. А. Шишкін, А. В. Кіпенський // Технологія конструювання в електронній апаратурі. 2013.URL:https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/cc083f0d-6e18-483b-8381-07e9b8cc4785/content

27. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с
28. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text.
29. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop _0 _ 00-7_ 15-18_01_ua.php
30. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn _v.1.1-7-2002.pdf
31. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL:Режим доступу: http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html
32. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень Режимдоступу URL:http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972
33. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с
34. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с

Додаток А
(обов`язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОЛИВУ ЗА РОСЛИНАМИ

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-21б спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
_____ Лаптєв М.В
(прізвище та ініціали)
Керівник: д.т.н., проф. каф. ІРТС
_____ Осадчук О.В
(прізвище та ініціали)
«10» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

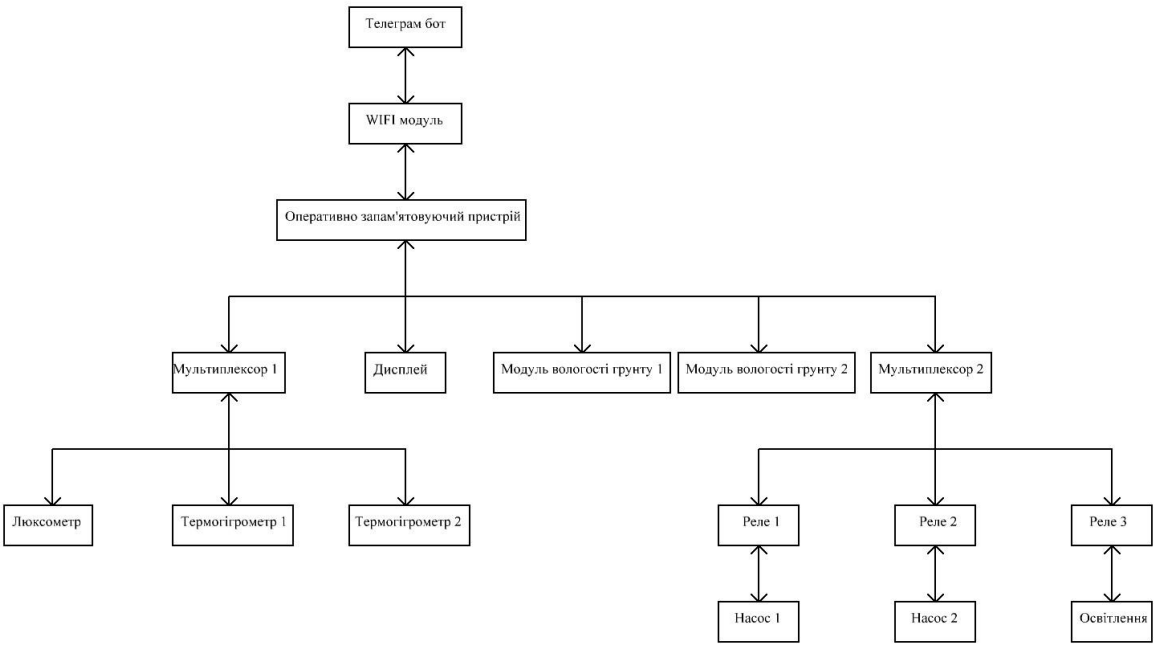

Рисунок 1 – Функціональна схема радіотехнічної системи

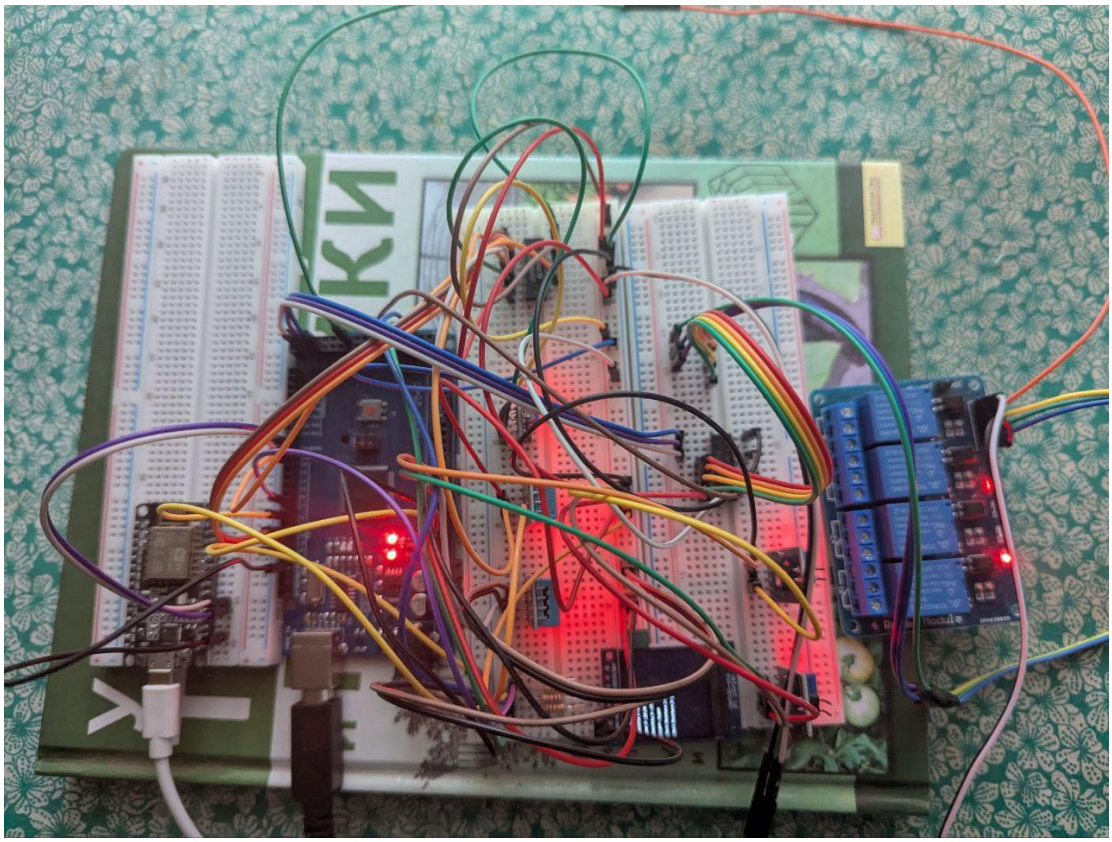

Рисунок 2 – Проектування дослідного зразка

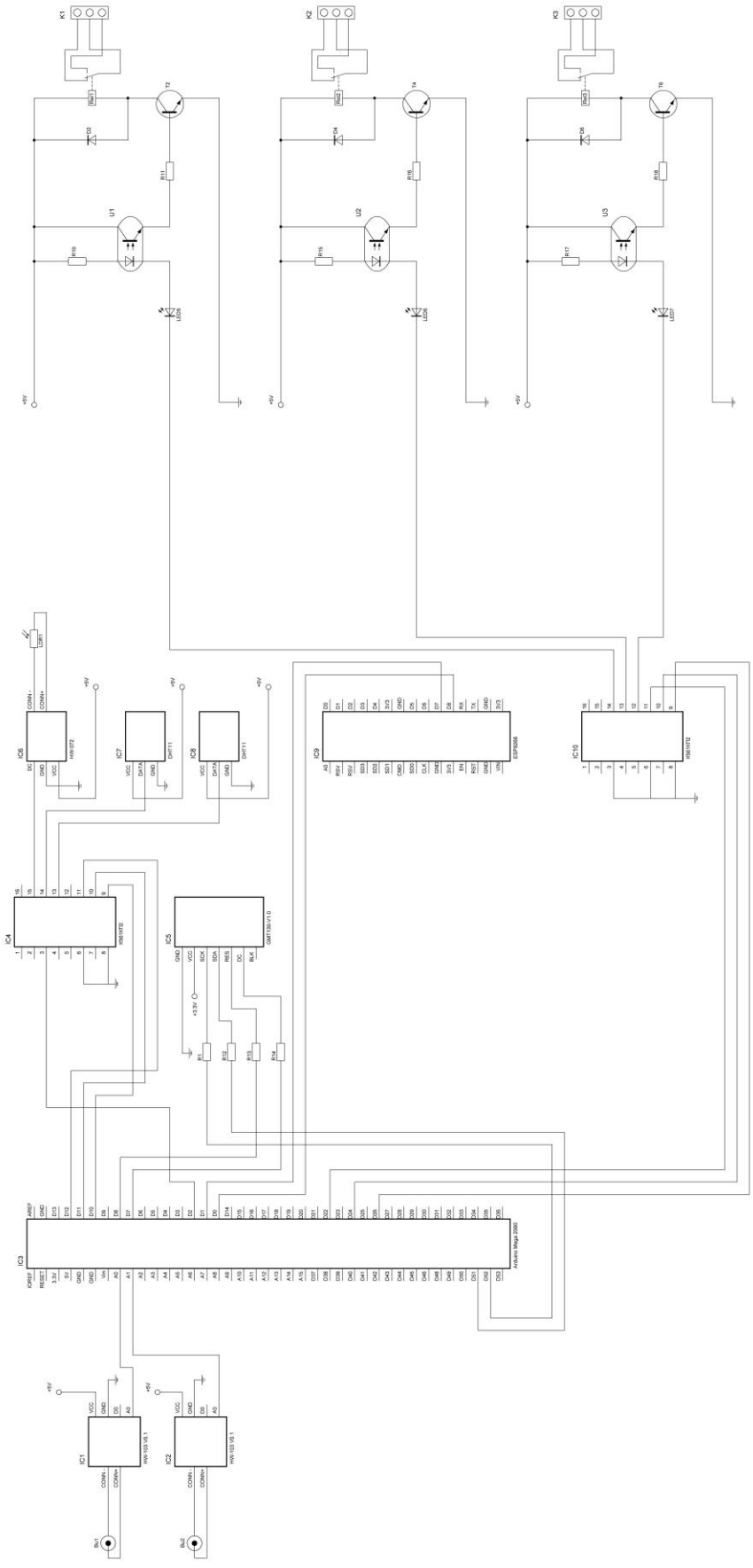

Рисунок 3 - Схема електрична принципова радіотехнічної системи контролю поливу за рослинами

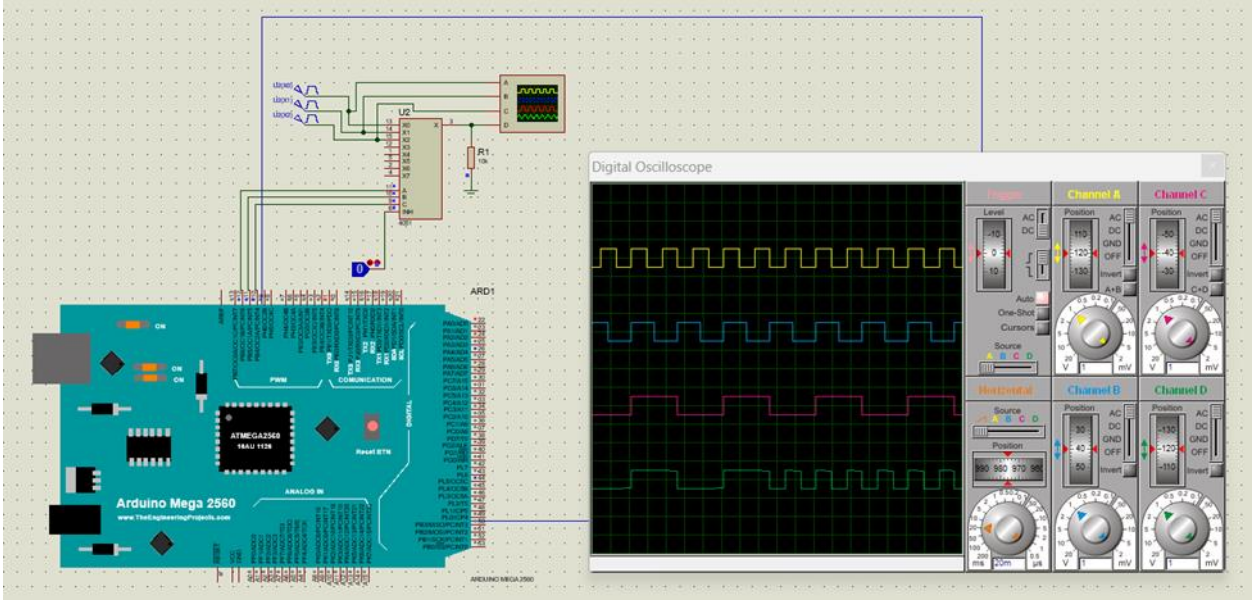

Рисунок 4 – Моделювання мультиплексора

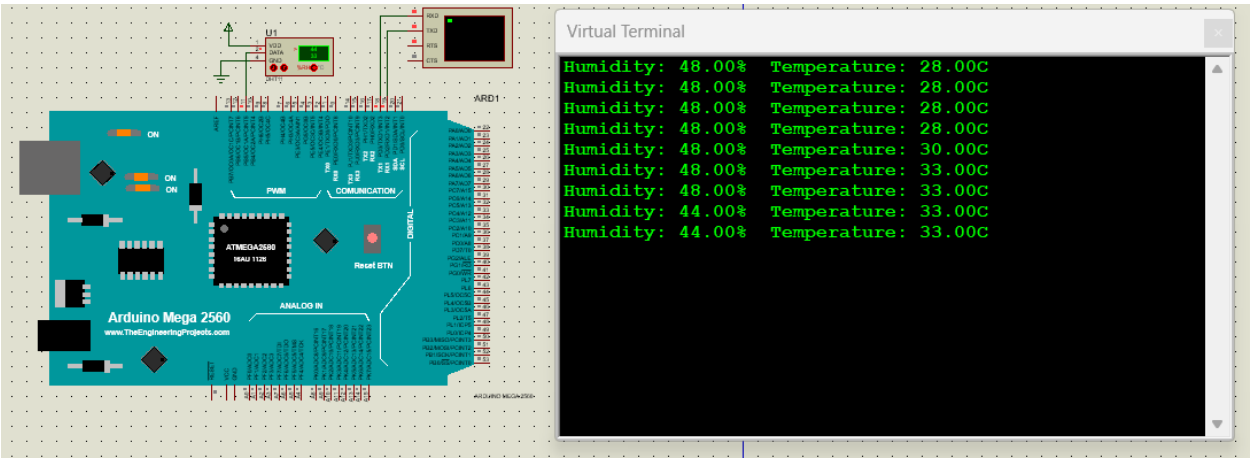

Рисунок 5 – Моделювання термогігрометра

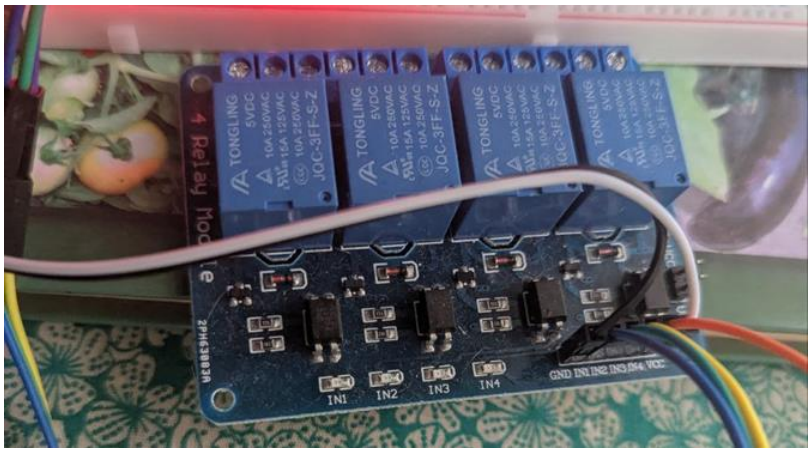

Рисунок 6 – Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та високому рівні освітлення (не горить жоден світлодіод)

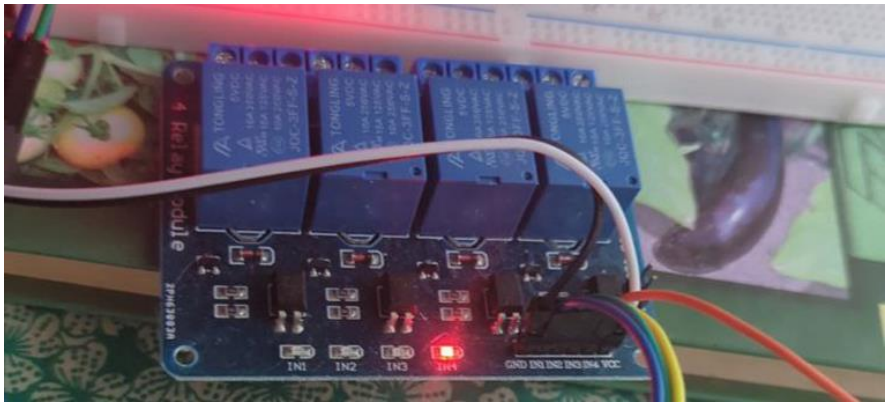

Рисунок 7 – Модуль реле при задовільній вологості грунту на обох датчиках та низькому рівні освітлення

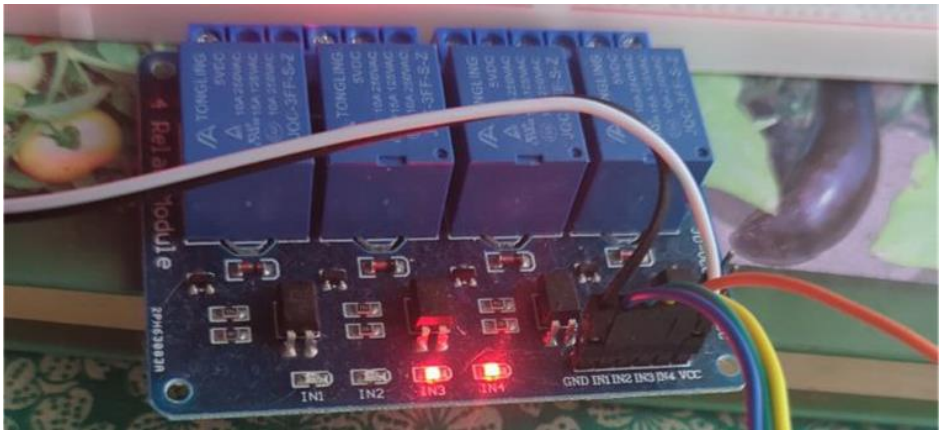

Рисунок 8 – Модуль реле при низькому рівні вологості на другому датчику вологості грунту та низькому рівні освітлення

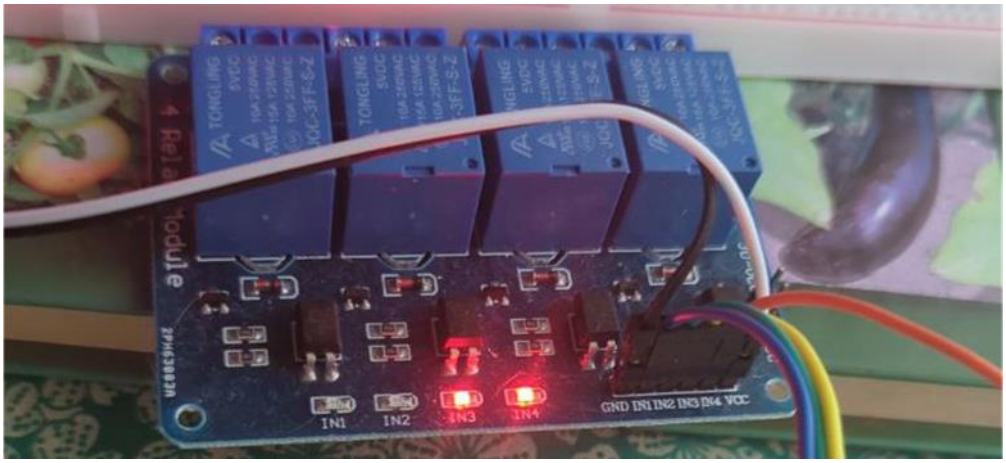

Рисунок 9 – Модуль реле при низькому рівні вологості на обох датчиках вологості грунту та низькому рівні освітлення (Світиться лише світлодіод In1 через вищий пріоритет першого датчика, In4 світиться через те що цей пін приєднаний напряму до Arduino Mega)

Рисунок 10 – Звіт Telegram бота

Додаток Б
(обов`язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ) КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОЛИВУ ЗА РОСЛИНАМИ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: **«Радіотехнічна система котролю поливу за рослинами»**

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ІРТС
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 22,31%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☑ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Воловик А.Ю. – д.т.н., доцент каф. ІРТС _____
(прізвище, ініціали, посада) (підпис)

Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС _____
(прізвище, ініціали, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____ Семенов А.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____ Лаптєв М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В

(довідниковий)

Лістинг програми для частини радіотехнічної системи контролю параметрів поливу за рослинами мікроконтролера Arduino Mega

```
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Arduino_ST7789_Fast.h>
#include <DHT.h>

// Визначення контактів
#define TFT_DC 7
#define TFT_RST 8
#define SCR_WD 240
#define SCR_HT 240
#define DHTPIN 2 // Контакт, до якого підключений DHT11
#define DHTTYPE DHT11 // Тип датчика DHT11
#define PIN_A 12
#define PIN_B 11
#define PIN_C 10
#define LIGHT_SENSOR_PIN 2 // Контакт для датчика освітлення
#define SOIL_MOISTURE_PIN1 A0 // Контакт для першого датчика вологості ґрунту
#define SOIL_MOISTURE_PIN2 A1 // Контакт для другого датчика вологості ґрунту
#define MUX_A0 22
#define MUX_A1 24
#define MUX_A2 26
#define MUX_EN 44
#define LIGHT_CONTROL_PIN 35 // Контакт для керування світлом

Arduino_ST7789 lcd = Arduino_ST7789(TFT_DC, TFT_RST);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

```
float humidity1, temperature1, humidity2, temperature2;
String lightStatus = "Unknown";
int soilMoistureValue1 = 0;
int soilMoistureValue2 = 0;
unsigned long previousMillis = 0; // Змінна для зберігання попереднього часу
const long interval = 500; // Інтервал для оновлення вологості ґрунту (в мілісекундах)

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init(SCR_WD, SCR_HT);
  lcd.fillScreen(BLACK);
  lcd.setRotation(2); // Поворот дисплея на 90 градусів вправо
  lcd.setTextColor(WHITE, BLACK);
  lcd.setTextSize(1); // Встановлення найменшого розміру тексту
  dht.begin(); // Ініціалізація датчика DHT11

  // Встановлення пінів як виходи
  pinMode(PIN_A, OUTPUT);
  pinMode(PIN_B, OUTPUT);
  pinMode(PIN_C, OUTPUT);
  pinMode(LIGHT_SENSOR_PIN, INPUT); // Встановлення піну для датчика освітлення як вхід
  pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN1, INPUT); // Встановлення піну для першого датчика вологості ґрунту як вхід
  pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN2, INPUT); // Встановлення піну для другого датчика вологості ґрунту як вхід

  // Встановлення пінів для мультиплексора як виходи
  pinMode(MUX_A0, OUTPUT);
  pinMode(MUX_A1, OUTPUT);
  pinMode(MUX_A2, OUTPUT);
  pinMode(MUX_EN, OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(MUX_EN, HIGH); // Вимкнення мультиплексора за замовчуванням

  // Встановлення піну для керування світлом як вихід
  pinMode(LIGHT_CONTROL_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();

  // Перемикання на перший датчик
  selectSensor(1);
  delay(100); // Затримка для стабілізації
  humidity1 = dht.readHumidity();
  temperature1 = dht.readTemperature();

  // Виведення температури та вологості з першого датчика
  lcd.setCursor(10, 10);
  lcd.print("Temp 1: ");
  lcd.print(temperature1);
  lcd.println(" C");
  lcd.setCursor(10, 30);
  lcd.print("Humidity 1: ");
  lcd.print(humidity1);
  lcd.println(" %");

  // Затримка перед наступним зчитуванням
  delay(2000);

  // Перемикання на другий датчик
  selectSensor(2);
  delay(100); // Затримка для стабілізації
  humidity2 = dht.readHumidity();
  temperature2 = dht.readTemperature();
```

```
  // Виведення температури та вологості з другого датчика
  lcd.setCursor(10, 50);
  lcd.print("Temp 2: ");
  lcd.print(temperature2);
  lcd.println(" C");
  lcd.setCursor(10, 70);
  lcd.print("Humidity 2: ");
  lcd.print(humidity2);
  lcd.println(" %");

  // Затримка перед наступним зчитуванням
  delay(2000);

  // Перемикання на датчик освітлення
  selectSensor(3);
  delay(100); // Затримка для стабілізації
  int lightLevel = digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN);

  // Визначення статусу освітлення
  if (lightLevel == LOW) {
    lightStatus = "Day";
    digitalWrite(LIGHT_CONTROL_PIN, HIGH); // Встановлення піну
D35 в високий стан
  } else {
    lightStatus = "Night";
    digitalWrite(LIGHT_CONTROL_PIN, LOW); // Встановлення піну
D35 в низький стан
  }

  // Очищення частини екрану для статусу освітлення
  lcd.fillRect(10, 90, 220, 30, BLACK);

  // Виведення статусу освітлення
  lcd.setCursor(10, 90);
  lcd.print("Light: ");
```

```
  lcd.print(lightStatus);

  // Оновлення інформації про вологість ґрунту в режимі реального часу
  if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
    previousMillis = currentMillis;
    soilMoistureValue1 = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN1);
    int soilMoisturePercent1 = map(soilMoistureValue1, 0, 1023, 100, 0); // Перетворення значення на відсотки у зворотному порядку
    soilMoistureValue2 = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN2);
    int soilMoisturePercent2 = map(soilMoistureValue2, 0, 1023, 100, 0); // Перетворення значення на відсотки у зворотному порядку

    // Оновлення інформації про вологість ґрунту
    lcd.setCursor(10, 110);
    lcd.print("Soil Moisture 1: ");
    lcd.print(soilMoisturePercent1);
    lcd.println(" %");
    lcd.setCursor(10, 130);
    lcd.print("Soil Moisture 2: ");
    lcd.print(soilMoisturePercent2);
    lcd.println(" %");

    // Управління мультиплексором на основі рівня вологості ґрунту
    if (soilMoisturePercent1 < 20) {
      controlMultiplexer(3); // Включення контакту номер 3
    } else if (soilMoisturePercent2 < 30) {
      controlMultiplexer(1); // Включення контакту номер 1
    } else {
      controlMultiplexer(-1); // Вимкнення мультиплексора
    }
  }
```

```
  // Відправка даних через Serial після оновлення дисплея
  sendDataToSerial();
}

// Функція для відправки даних через Serial
void sendDataToSerial() {
  // Виведення даних у Serial (USB, монітор порту)
  Serial.print(temperature1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(humidity1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(temperature2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(humidity2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(soilMoistureValue1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(soilMoistureValue2);
  Serial.print(",");
  Serial.println(lightStatus);

  // Виведення даних безпосередньо на TX0 (пін 1)
  Serial1.print(temperature1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(humidity1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(temperature2);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(humidity2);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(soilMoistureValue1);
  Serial1.print(",");
  Serial1.print(soilMoistureValue2);
  Serial1.print(",");
```

```
  Serial1.println(lightStatus);
}


void controlMultiplexer(int pin) {
  if (pin == -1) {
    digitalWrite(MUX_EN, HIGH); // Вимкнення мультиплексора
  } else {
    digitalWrite(MUX_EN, LOW); // Увімкнення мультиплексора
    digitalWrite(MUX_A0, bitRead(pin, 0));
    digitalWrite(MUX_A1, bitRead(pin, 1));
    digitalWrite(MUX_A2, bitRead(pin, 2));
  }
}

void selectSensor(int sensor) {
  switch(sensor) {
    case 1:
      digitalWrite(PIN_A, LOW);
      digitalWrite(PIN_B, LOW);
      digitalWrite(PIN_C, LOW);
      break;
    case 2:
      digitalWrite(PIN_A, HIGH);
      digitalWrite(PIN_B, LOW);
      digitalWrite(PIN_C, LOW);
      break;
    case 3:
      digitalWrite(PIN_A, LOW);
      digitalWrite(PIN_B, HIGH);
      digitalWrite(PIN_C, LOW);
      break;
  }
}
```

Лістинг програми для частини радіотехнічної системи контролю параметрів поливу за рослинами мікроконтролера ESP8266

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Для спілкування з Arduino Mega

// Налаштування WiFi
const char* ssid = "Smart_WIFI";
const char* password = "Asz12345";

// Налаштування Telegram
#define    BOTtoken    "8134456775:AAHb5pyzw0jmCUummsfUhsS97UAe9-
BWYYw" // Токен вашого Telegram-бота

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);

// Програмний послідовний порт для зв'язку з Arduino Mega
SoftwareSerial swSer(D7, D8); // Підключіть TX Mega до D7 і RX
Mega до D8
String receivedData = "";

void handleNewMessages(int numNewMessages) {
  for (int i = 0; i < numNewMessages; i++) {
    String chat_id = bot.messages[i].chat_id;
    String text = bot.messages[i].text;

    if (text == "/start") {
      bot.sendMessage(chat_id, "Привіт! Я ваш бот для звітів.
Надішліть команду /report, щоб отримати дані зі сенсорів.", "");
    } else if (text == "/report") {
      if (swSer.available()) {
        receivedData = swSer.readStringUntil('\n'); // Отримання
даних від Arduino Mega
```

```
        // Парсинг отриманих даних
        int comma1 = receivedData.indexOf(',');
        int comma2 = receivedData.indexOf(',', comma1 + 1);
        int comma3 = receivedData.indexOf(',', comma2 + 1);
        int comma4 = receivedData.indexOf(',', comma3 + 1);
        int comma5 = receivedData.indexOf(',', comma4 + 1);
        int comma6 = receivedData.indexOf(',', comma5 + 1);

        float temperature1 = receivedData.substring(0,
comma1).toFloat();
        float humidity1 = receivedData.substring(comma1 + 1,
comma2).toFloat();
        float temperature2 = receivedData.substring(comma2 + 1,
comma3).toFloat();
        float humidity2 = receivedData.substring(comma3 + 1,
comma4).toFloat();
        int soilMoisture1 = receivedData.substring(comma4 + 1,
comma5).toInt();
        int soilMoisture2 = receivedData.substring(comma5 + 1,
comma6).toInt();
        String lightStatus = receivedData.substring(comma6 + 1);

        // Формування звіту
        String report = "Звіт:\n";
        report += "Температура 1: " + String(temperature1) +
"°C\n";
        report += "Вологість 1: " + String(humidity1) + "%\n";
        report += "Температура 2: " + String(temperature2) +
"°C\n";
        report += "Вологість 2: " + String(humidity2) + "%\n";
        report += "Вологість ґрунту 1: " + String(soilMoisture1)
+ "\n";
        report += "Вологість ґрунту 2: " + String(soilMoisture2)
+ "\n";
```

```
        report += "Стан освітлення: " + lightStatus + "\n";

        bot.sendMessage(chat_id, report, ""); // Відправка звіту
      } else {
        bot.sendMessage(chat_id,  "Дані  недоступні.  Перевірте підключення до Arduino Mega.", "");
      }
    } else {
      bot.sendMessage(chat_id, "Невідома команда. Використовуйте /report для отримання звіту або /start для початку роботи.", "");
    }
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  swSer.begin(9600);  //  Ініціалізація програмного послідовного порту для Arduino Mega

  // Підключення до WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Підключення до WiFi...");
  }
  Serial.println("WiFi підключено");
  Serial.println("IP адреса: " + WiFi.localIP().toString());

  client.setInsecure(); // Встановлення небезпечного підключення
  Serial.println("ESP готовий до роботи.");
}

void loop() {
  // Перевірка на нові повідомлення кожну секунду
```

```
  static unsigned long lastTimeBotRan;
  int botRequestDelay = 1000; // Затримка в мілісекундах

  if (millis() > lastTimeBotRan + botRequestDelay) {
    int                    numNewMessages                    =
bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
    handleNewMessages(numNewMessages);
    lastTimeBotRan = millis();
  }
}
```