

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи керування процесом
культивування кімнатних рослин з використанням технологій
Інтернету речей

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КТ-41
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Демкович Н.О.

Керівник

(підпис)

Станько А.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Студенту Демковичу Назару Орестовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи керування процесом культивування кімнатних рослин з використанням технологій Інтернету речей

Керівник роботи Станько Андрій Андрійович, доктор філософії

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

Затверджені наказом ректора від «31» березня 2025 року № 4/7-239

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Вихідні дані, щодо кліматичних давачів системи керування

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

Вступ

Аналітична частина

Проектна частина

Спеціальна частина

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

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

Титульний слайд

Актуальність роботи

Завдання роботи

Основна частина

Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності,			
основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	20.05.2025	Виконано
2.	Підбір джерел по темі роботи	22.05.2025-24.05.2025	Виконано
3.	Опрацювання публікацій та збір даних по темі роботи	24.05.2025-27.05.2025	Виконано
4.	Виконання роботи згідно мети	27.05.2025-29.05.2025	Виконано
5.	Оформлення першого та другого розділів	29.05.2025-31.05.2025	Виконано
6.	Оформлення третього розділу	31.05.2025-11.06.2025	Виконано
7.	Оформлення четвертого розділу	11.06.2025-13.06.2025	Виконано
8.	Підготовка презентації	14.06.2025-15.06.2025	Виконано
9.	Підготовка доповіді	16.06.2025-17.06.2025	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.06.2025-19.06.2025	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.06.2025-20.06.2025	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.06.2025	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.06.2025	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

(підпис)

Демкович Н.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Станько А.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить __ слайдів. Об'єм пояснювальної записки складає __ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – __ друкованих сторінок формату А4.

У межах роботи було спроектовано та реалізовано інтелектуальну автоматизовану систему моніторингу параметрів вологості та мікроклімату в замкненому середовищі з використанням обчислювальної платформи Raspberry Pi. Система функціонує відповідно до принципів концепції Інтернету речей (IoT), забезпечуючи можливість дистанційного керування та передачі зібраних даних до хмарного середовища для подальшого аналізу та зберігання.

Було здійснено вибір апаратної складової системи та проведено аналіз базових алгоритмів керування, які відповідають за функціонування насоса, світлодіодних фітоламп, а також за моніторинг рівня вологості та мікрокліматичних параметрів у замкненому середовищі. У результаті аналізу особливостей функціонування системи та розробки відповідних алгоритмів було створено програмне забезпечення керування, що забезпечує ефективну реалізацію процесів контролю та регулювання параметрів мікроклімату.

Ключові слова: інтелектуальні агросистеми, закрите сільське господарство, технології Інтернету речей (IoT), мікрокомп'ютер Raspberry Pi, віддалене керування, хмарна платформа ThingSpeak, автоматизоване управління, гідропонні системи, аеропоніка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	17
2.1. Апаратне забезпечення системи керування.....	17
2.2. Розробка програмного забезпечення системи.	36
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	43
3.1 Розробка програмного коду для роботи системи керування.....	43
3.1.1. Встановлення останньої версії Python 3 на Raspberry Pi	43
3.1.2. Інтеграція ІС аналого-цифрового перетворювача MCP3008 із Raspberry Pi.....	45
3.1.3. Інтеграція датчика температури та вологості DHT22 із Raspberry Pi	46
3.1.4. Інтеграція Raspberry Pi з хмарною платформою ThingSpeak IoT	47
3.1.5. Тестування системи.....	48
3.1.6 Візуалізація даних ThingSpeak IoT	52
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	55
4.1. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером.	55
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62

ВСТУП

Сучасна ситуація у світі вимагає термінової потреби у сталому виробництві продуктів харчування. Стійкість означає здатність підтримуватися на певному рівні зростання. Згідно з останніми статистичними даними, нинішнє виробництво їжі здійснюється на вирубаних лісах, заглушаючи посіви токсичними пестицидами та знищуючи природне середовище існування дикої природи. Урбанізація та зростання населення ще більше впливають на проблему виробництва продуктів харчування. Проблема дефіциту води є давньою, і щороку країни страждають від посухи та нестачі водних ресурсів. У деяких частинах світу промислові відходи викидаються в прилеглі райони, що спричиняє неродючість ґрунту. Правильний вибір ґрунту та достатня кількість води можуть сприяти здоровому росту рослин. Сільське господарство в закритих приміщеннях (Indoor Farming) – це метод вирощування сільськогосподарських культур або рослин, як правило, у великих масштабах, повністю в закритих приміщеннях. Його можна класифікувати на основі вибору середовища для вирощування. Гідропонічні системи, як випливає з назви, використовують воду як основне середовище для вирощування, а аеропонні системи використовують водно-живильну суміш як середовище для вирощування замість ґрунту. Нижче наведено основні переваги внутрішнього землеробства перед традиційними методами:

- Оптимізація ресурсів: Аеропонічні системи потребують на 95% менше води порівняно з традиційним землеробством. Ця технологія є величезним проривом, оскільки дефіцит прісної води є величезною проблемою, і наразі 1% води у світі доступний для пиття. Майбутні тенденції вказують на те, що проблема дефіциту води загостриться в найближчі роки.

- Швидший ланцюг поставок: Коротші ланцюги постачання можуть вирішити програму харчових марнувань. Згідно з нещодавнім опитуванням, наразі 30% харчових відходів втрачається в ланцюжку постачання. Це також заохочує фермерів вирощувати врожай цілий рік, що означає, що їм не доведеться покладатися на закупівлю продукції з-за кордону.
- Відмова від використання добрив і пестицидів: Використання добрив і пестицидів підвищило врожайність сільськогосподарських культур, але, з іншого боку, є основним занепокоєння громадським здоров'ям, а також впливає на природне середовище існування комах і дикої природи. Indoor Farming черпає натхнення з органічного землеробства, що виключає використання токсичних хімікатів і вирощує культури в контрольованому середовищі.
- Клімат контроль: Зміна клімату та природні катаклізми щорічно завдають величезних збитків рослинництву в усьому світі. Непередбачувані погодні умови та проливні дощі також спустошили врожай і спричинили величезні економічні втрати в усьому світі. У контрольованому середовищі вирощування виробництво їжі може бути стабільним незалежно від зміни погодних умов. Рослинний світ піддається штучним умовам вирощування, таким як освітлювальні прилади, які можуть живитися від відновлюваних джерел енергії.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Упродовж останнього десятиліття в агропромисловому секторі відбувається активне впровадження технологій Інтернету речей (IoT) [1-2], роботизованих систем [3] та штучного інтелекту [4-5]. Ці технології відкривають нові можливості для створення інтелектуального сільського господарства, де автоматизація та адаптивне керування відіграють ключову роль у моніторингу стану рослин, ґрунтів та мікроклімату. Актуальність досліджень у цій сфері зумовлена потребою у підвищенні ефективності землеробства, зменшенні втрат води й ресурсів, а також необхідністю оперативного реагування на зміни в навколишньому середовищі.

Одним із перспективних підходів є біоінспіровані рішення, зокрема — створення систем, натхнених морфологією та функціональністю корневих структур рослин. Прикладом такого підходу є концепція Plantoid — роботизованої системи, що імітує ріст і поведінку кореня, використовуючи осмотичні приводи та вбудовані мікроелектромеханічні сенсори (MEMS) [6]. Система здатна вимірювати температуру, вологість повітря і ґрунту, а також передавати зібрані дані на зовнішній пристрій для подальшого аналізу. Архітектура Plantoid передбачає наявність кількох «коренів», де частина забезпечує ріст, а інші відповідають за згинання, що дозволяє системі адаптуватися до умов середовища.

Іншим напрямом розвитку інтелектуальних агросистем є створення екосистем на основі сенсорних мереж, які підключаються до хмарних платформ, зокрема ThingSpeak [7-8]. Платформа ThingSpeak дозволяє у режимі реального часу збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати дані з різних типів датчиків. Кожен канал на платформі підтримує до восьми полів даних, що дозволяє інтегрувати кілька сенсорів в одному середовищі спостереження. У рамках дипломного проєкту було використано датчик температури і вологості повітря DHT22 (AM2302) [9-10], резистивний та ємнісний датчики вологості ґрунту, дані з яких надсилаються на відповідні поля каналу ThingSpeak. Це дозволяє здійснювати детальний аналіз

мікроклімату у закритому приміщенні та керувати системою зрошення на основі логіки, яка враховує показники з обох датчиків вологості.

Сучасна наукова література також акцентує увагу на необхідності точного калібрування сенсорів та надійності передачі даних в умовах нестабільного середовища. Завдяки інтерфейсу Raspberry Pi [11-12], Python-програмуванню [13-14], використанню SPI-протоколу та підключенню через VNC, система забезпечує повну автономність, включаючи віддалене керування, збір і обробку даних, візуалізацію на інформаційній панелі та інтеграцію з автоматизованим поливом[15].

Давачі вологості

Давачі вологості, або гігрометри, є приладами, призначеними для виявлення, вимірювання та передачі інформації щодо рівня вологості повітря, а також температури. Одним із ключових параметрів, що вимірюються такими пристроями, є відносна вологість (Relative Humidity, RH), яка визначається як відношення парціального тиску водяної пари до рівноважного тиску насиченої водяної пари за певної температури [16].

Принцип дії датчиків вологості базується на фіксації фізичних змін у навколишньому середовищі, які впливають на електричні параметри або теплові характеристики середовища. Зокрема, ці зміни можуть спричиняти варіації електричного опору, ємності або теплопровідності, що дозволяє пристрою визначати поточний рівень вологості з високою точністю.

Ємнісні давачі вологості:

Ємнісні давачі вологості застосовуються для визначення відносної вологості повітря шляхом вимірювання змін електроємності в матеріалі, чутливому до вологості [17]. Типова конструкція такого датчика передбачає наявність тонкого шару оксиду металу, розміщеного між двома електродами. Електрична ємність цього шару змінюється залежно від вологості навколишнього середовища, що дозволяє точно визначати рівень відносної вологості.

Принцип дії ґрунтується на зміні діелектричної проникності матеріалу під впливом вологості. У найпростішому випадку датчик може бути реалізований у вигляді конденсатора, де повітря виступає діелектриком. Проте для практичного використання повітря як робочого середовища не підходить через нестабільність характеристик. Тому між пластинами конденсатора зазвичай розміщують спеціальний гігроскопічний діелектрик — наприклад, полімерну плівку, яка змінює свої властивості під впливом вологи.

Типова конструкція ємнісного датчика включає два електроди, розташовані по обидва боки гігроскопічного шару. Такий підхід забезпечує стабільне та точне визначення відносної вологості.

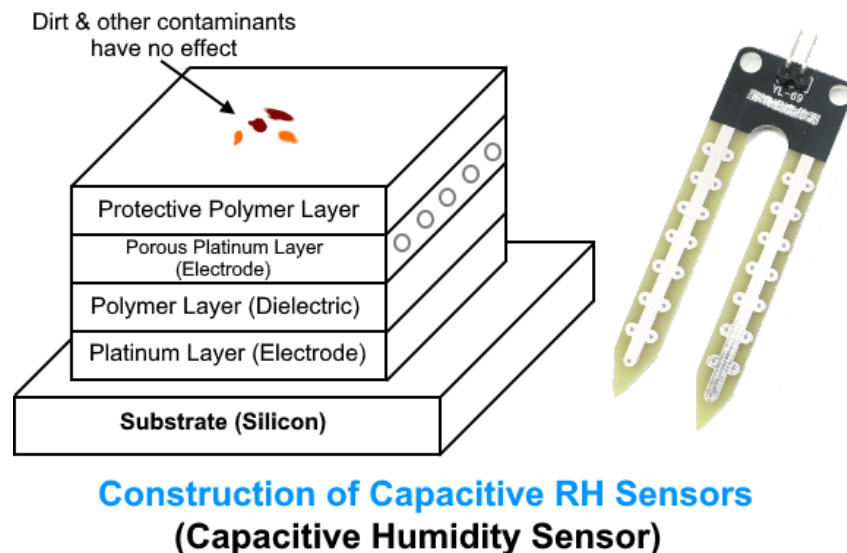


Рисунок 1.1 Ємнісні датчики відносної вологості

Іншим поширеним підходом до використання ємнісних датчиків відносної вологості є реєстрація змін частоти генератора, що побудований на основі коливального контуру з конденсатором, у якому в ролі діелектрика застосовується вологочутливий матеріал. У цьому випадку досліджуваний зразок розміщується між двома електродами, які утворюють пластини конденсатора, інтегрованого у схему LC-генератора. Зміна вологості навколишнього середовища впливає на діелектричну проникність зразка, що, у свою чергу, спричиняє зміну ємності конденсатора і, відповідно, частоти генерації сигналу. Таким чином, зміна частоти осциляцій є індикатором

коливань відносної вологості. Схематичне представлення цього явища наведено на рисунку 1.2, де показано взаємозв'язок між частотою генератора та параметрами тестового зразка, розміщеного між пластинами конденсатора.

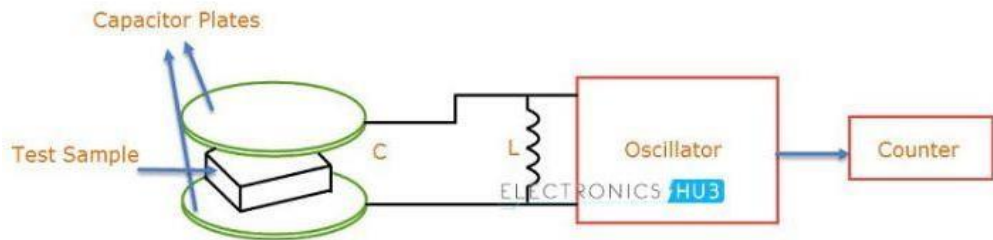


Рисунок 1.2 Тестовий суб'єкт, чутливий до RH, як діелектрик для спостереження за змінами частоти осцилятора.

Ємнісний сенсор вологості, створений на основі полімерної плівки термостата [18], реалізується на кремнієвій підкладці. На поверхню підкладки наносять два металеві електроди, які можуть бути виготовлені з алюмінію, платини або хрому. Конструктивно ці електроди формуються у вигляді міжпальцевої структури. Поверх металевих елементів наноситься діелектричний шар. Схематичне зображення датчика в плані та його поперечний переріз наведені на рисунку 1.3. Варто зауважити, що для забезпечення температурної стабільності, на тій самій підкладці розміщено два температурочутливі резистори, що виконують функцію температурної компенсації.

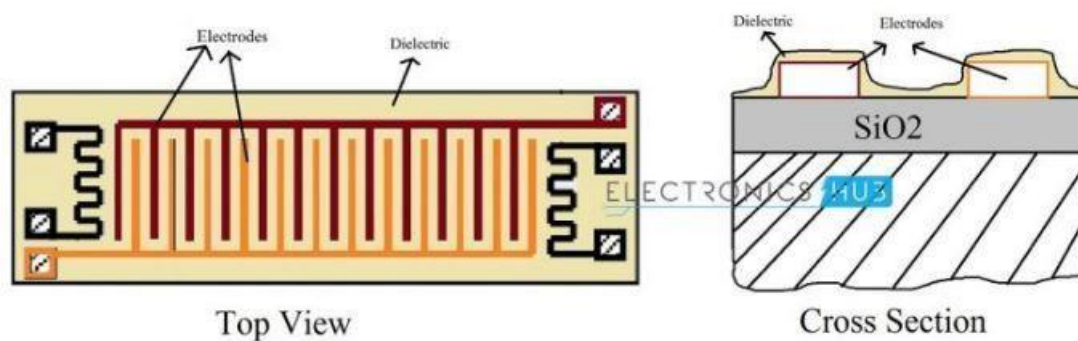


Рисунок 1.3 Вид зверху та поперечний розріз ємнісного датчика вологості.

Резистивні датчики вологості

Резистивні датчики вологості функціонують на основі використання іонів, присутніх у сольовому середовищі, для визначення електричного опору. Зі зміною рівня вологості змінюється електропровідність середовища, що, у свою чергу, впливає на величину опору між електродами, розміщеними з обох боків сольового шару.

Резистивний датчик вологості функціонує на основі зміни електричного опору в залежності від рівня вологості навколишнього середовища. Конструктивно такий датчик складається з матеріалу з відносно низьким питомим опором, який суттєво змінює свої електричні властивості під впливом вологості. Залежність між питомим опором і вологістю є обернено експоненційною. Чутливий матеріал наноситься на поверхню двох електродів, які зазвичай мають міжпальцеву (гребінчасту) геометрію для збільшення площі взаємодії. Коли поверхневий шар абсорбує вологу, питомий опір між електродами знижується. Цю зміну можна зафіксувати за допомогою простої електричної схеми.

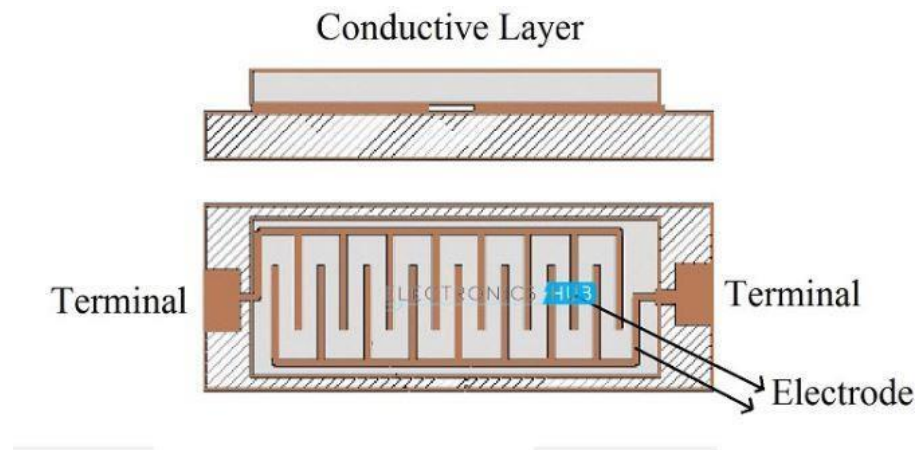


Рисунок 1.4 Резистивний датчик вологості

Серед поширених матеріалів, що використовуються у конструкції резистивних датчиків вологості, варто відзначити сіль, спеціально оброблені субстрати, тверді поліелектроліти та провідні полімери. Для підвищення стійкості до зовнішніх впливів сучасні резистивні датчики зазвичай

покриваються захисним шаром з керамічного матеріалу. Електроди у складі давача, як правило, виготовляються з благородних металів — зокрема золота, срібла або платини — з метою забезпечення високої хімічної інертності та надійного електричного контакту.

Давачі теплопровідності (давачі абсолютної вологості)

Датчики вологості, що працюють на основі теплопровідності, також відомі як давачі абсолютної вологості (Absolute Humidity, АН), оскільки вони безпосередньо вимірюють кількість водяної пари в повітрі. Абсолютна вологість визначається як маса водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря. Якщо позначити масу водяної пари як m , а загальний об'єм повітряної суміші — як V , абсолютна вологість обчислюється за формулою:

$$AH = m/V$$

На відміну від відносної вологості, абсолютна вологість не враховує температуру безпосередньо, однак залежить від змін температури й атмосферного тиску. Принцип дії давачів цього типу ґрунтується на вимірюванні теплопровідності як сухого повітря, так і повітря з водяною парою. Різниця між теплопровідностями дозволяє оцінити концентрацію водяної пари в повітрі.

Оптимальним елементом для реалізації теплопровідного давача є термістор — напівпровідниковий компонент із негативним температурним коефіцієнтом. У типовій конфігурації використовуються два мініатюрні термістори, включені в мостову схему. Один із них герметично ізольований у середовищі сухого азоту, тоді як інший взаємодіє з навколишнім повітрям через вентиляційні отвори. Після подачі живлення вимірюється опір обох термісторів. Різниця між їхніми опорами прямо пропорційна значенню абсолютної вологості в середовищі.

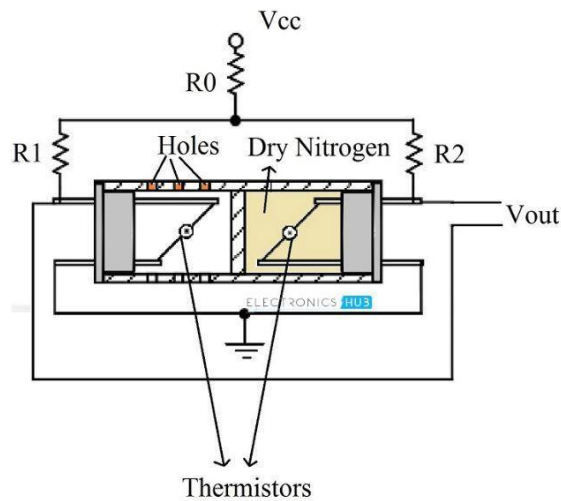


Рисунок 1. 5 Датчик вологості теплопровідності

Параметри давача

Точність:

Кожен давач має індивідуальну калібрувальну криву, що базується на 9-бальній шкалі. Така крива дозволяє оцінити технічні характеристики давача шляхом порівняння його переваг і обмежень у конкретному застосуванні.

Лінійність:

Цей параметр визначає відхилення вихідної напруги давача від значення, що відповідає ідеальній прямій лінії найкращого наближення (Best Fit Straight Line, BFSL). Отримані значення напруги трансформуються у відповідні значення відносної вологості.

Надійність:

Надійність вимірювань є критично важливою характеристикою, оскільки багаторазове використання може призводити до розсинхронізації давача. Водночас давач повинен стабільно забезпечувати достовірні та відтворювані результати упродовж усього терміну експлуатації.

Повторюваність:

Цей параметр визначає здатність давача забезпечувати однакові результати при багаторазовому вимірюванні однієї й тієї самої величини за незмінних умов. Повторюваність відображає ступінь дрейфу в межах серії вимірювань.

Час відгуку:

Під час роботи давача час реакції визначається як період, необхідний для досягнення 66% від максимального вихідного сигналу (час наростання) або зниження до 33% (час спаду). Цей параметр є показником динамічної чутливості давача до змін вологості в навколишньому середовищі.

Водно-грунтові характеристики

Доступність води в ґрунтовому середовищі визначається низкою фізичних властивостей ґрунту, серед яких провідну роль відіграють структура, текстура, пористість і гранулометричний склад. Ці параметри безпосередньо впливають на водоутримувальну здатність ґрунту, визначаючи його здатність накопичувати й утримувати вологу як у вигляді ґрунтової вологи, так і у формі підґрунтових вод [19].

Існують як прямі, так і непрямі методи визначення вологості ґрунту. До прямих належить, зокрема, метод зважування: рівень вологості визначається на основі різниці маси зразка до та після його висушування. Непрямі методи, у свою чергу, передбачають використання каліброваних фізичних змінних, які корелюють із фактичним вмістом води — наприклад, електричного опору, діелектричної проникності чи теплопровідності.

Одним із прикладів застосування аналітичного підходу до оцінки водного балансу є модель SPAW (Soil-Plant-Air-Water), розроблена Міністерством сільського господарства США. Ця модель слугує інструментом планування та моделювання водного режиму в межах сільськогосподарських угідь, зрошувальних систем, ставків і вологих екосистем. Вона дозволяє імітувати поведінку вологи в ґрунті на основі його текстури, з урахуванням додаткових факторів — таких як вміст органічної речовини, гравійної фракції, рівень ущільнення та солоність [20-21].

Для класифікації текстури ґрунту та її графічного представлення часто використовується трикутник текстур ґрунту — інструмент, що дозволяє візуалізувати співвідношення піску, глини й мулистих часток, а також робити висновки щодо водоутримувальної здатності того чи іншого ґрунту.

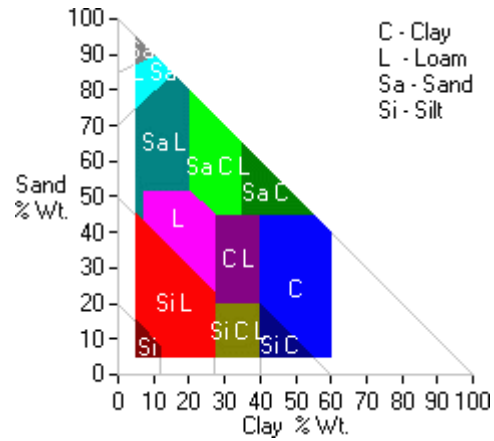


Рисунок 1.6 Трикутник текстури ґрунту

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Апаратне забезпечення системи керування

Raspberry Pi 3B+

Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3B+ — це компактний міні комп'ютер на одній платі, оснащений 64-бітним чотирядерним процесором. Технічні характеристики Raspberry Pi 3B+ наведені в Таб.2.1:

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики Raspberry Pi 3B+

SoC	Broadcom BCM2837B0 чотирьохядерний A53 (ARMv8) 64-розрядний @ 1,4 ГГц
GPU	Broadcom Videocore-IV
Оперативна пам'ять	1 ГБ LPDDR2 SDRAM
Мережа	Gigabit Ethernet (через канал USB), 2,4 ГГц і 5 ГГц 802.11b/g/n/ac Wi-Fi
Bluetooth	Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)
Зберігання	Micro-SD
GPIO	40-контактний роз'єм GPIO
Порти	HDMI, аналоговий аудіо-роз'єм 3,5 мм, 4x USB 2.0, Ethernet, послідовний інтерфейс камери (CSI), послідовний інтерфейс дисплея (DSI)
Розміри	82 мм x 56 мм x 19,5 мм
Вага	50 г

Двodiaпазонний модуль бездротової локальної мережі має модульну сертифікацію відповідності, що дає змогу інтегрувати його у кінцеві продукти зі зменшеними вимогами до тестування на відповідність стандартам бездротових мереж, що сприяє оптимізації витрат і скороченню термінів виведення продукту на ринок.

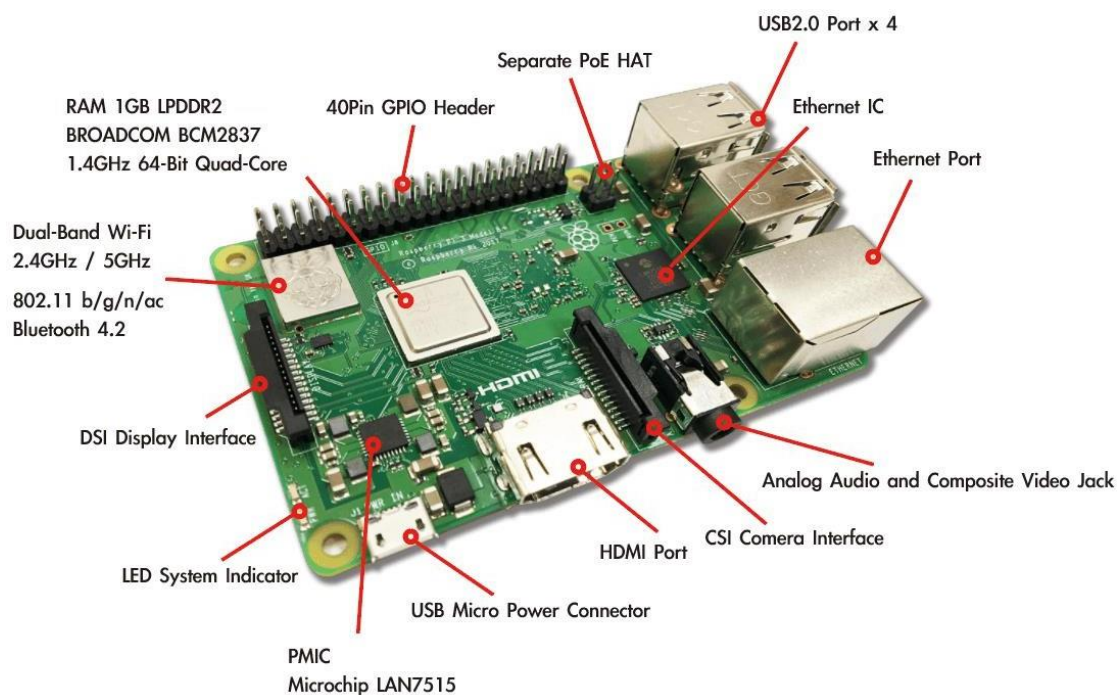


Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд Raspberry Pi Model 3B+

DHT22 AM2302 Модуль цифрового датчика температури та вологості.

AM2302 — це дротова модифікація датчика DHT22, інтегрована у збільшений пластиковий корпус. Зазвичай використовується як доступний цифровий датчик температури та вологості, що базується на ємнісному сенсорі вологості та термісторі для вимірювання параметрів навколишнього середовища. Виведення даних здійснюється у цифровому форматі через спеціальний вивід, що не потребує використання аналогових входів. Технічні характеристики наведені в таб. 2.2.

Таблиця 2.2 Основні технічні характеристики DHT22:

живлення	3,3 В – 6 В постійного струму
вихідний сигнал	одна шина
чутливий елемент	полімерний конденсатор вологості та DS18B20
діапазон вимірювання	вологість 0-100% RH / температура -40°C – 125°C
точність	вологість $\pm 2\%$ / температура $\pm 0,2^\circ\text{C}$
період чутливості	~ 2 с

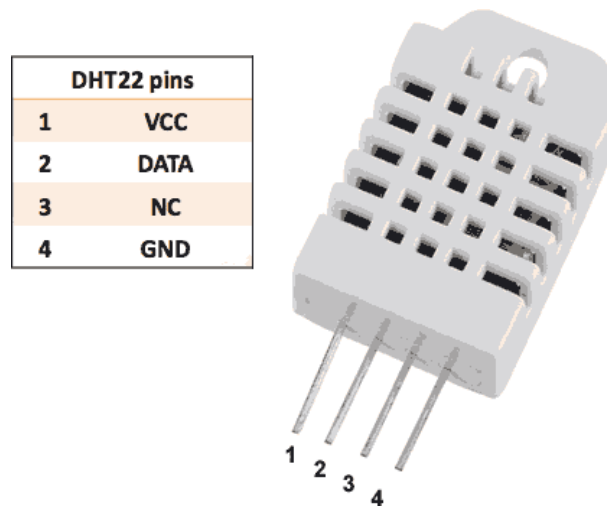


Рисунок 2.2 Схема розташування виводів DHT22

Функції DHT22:

- Технологія збору цифрового сигналу та вимірювання вологості забезпечує формування чистого цифрового вихідного сигналу без необхідності в аналого-цифровому перетворенні. Завдяки цьому датчик може бути безпосередньо підключений до одного з контактів GPIO на платі Raspberry Pi.

- Невеликий і компактний розмір
- Низьке енергоспоживання
- Велика відстань передачі (до 20 м)
- Один конденсатор 100 нФ можна додати між VDD і GND для фільтрації хвиль.

Ємнісний датчик вологості ґрунту v1.2

Ємнісний датчик вологості ґрунту версії 1.2 здійснює вимірювання вологості за допомогою ємнісного методу, що відрізняє його від традиційних резистивних датчиків. Пристрій виготовлений із корозійностійких матеріалів, що забезпечує його тривалий термін експлуатації.



Рисунок 2.3 Ємнісний датчик вологості ґрунту v1.2

Технічні характеристики ємнісного датчика вологості ґрунту v1.2:

- Робоча напруга: DC 3,3-5,5 В
- Вихідна напруга: DC 0-3.0V
- Інтерфейс: RH2.0-3P
- Розмір: 99x16 мм

Функції ємнісного датчика вологості ґрунту v1.2:

- Підтримує 3-контактний інтерфейс датчика гравітації.
- Аналоговий вихід: для підключення до Raspberry Pi потрібен аналого-цифровий перетворювач (A/D), оскільки pi не має вбудованого аналого-цифрового перетворювача.

Резистивний датчик вологості ґрунту

Резистивний сенсор вологості ґрунту складається з пари зондів, призначених для визначення об'ємного вмісту води в ґрунтовому середовищі. Ці зонди формують електричне коло, через яке пропускається струм, що проходить через ґрунт. Отримане значення електричного опору використовується для оцінки рівня вологості. Зі зростанням вмісту вологи ґрунт демонструє вищу електропровідність, що супроводжується зменшенням опору. Відповідно, фіксується підвищений рівень вологості. У сухому стані, навпаки, ґрунт має низьку провідність, що зумовлює зростання електричного опору та свідчить про нижчий вміст вологи.

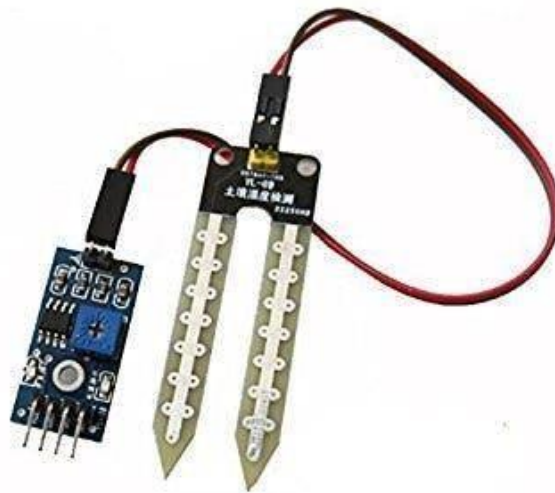


Рисунок 2.4 Резистивний датчик вологості ґрунту

Технічні характеристики резистивного датчика вологості ґрунту:

- Робоча напруга: 3.3V~5V
- Розмір друкованої плати панелі: 3 см x 1,5 см
- Розмір зонда для ґрунту: 6см x 3см
- Довжина кабелю: 21 см
- VCC: 3,3 В-5 В
- GND: GND
- DO: цифровий вихідний інтерфейс (0 і 1)
- АО: аналоговий вихідний інтерфейс

Функції резистивного датчика вологості ґрунту

- Режим подвійного виведення, аналоговий вихід більш точний
- Фіксований отвір під болт для легкої установки
- З індикатором живлення (червоний) та індикатором цифрового

комутаційного виходу (зелений)

Світлодіодні фітолампи для внутрішнього використання

Світлодіодні фітолампи для внутрішнього використання є комерційно доступними, проте їх конструкцію було частково модифіковано, оскільки ці пристрої виконують

функцію основних актуаторів у системі з перемикаючими реле, що забезпечують освітлення протягом запрограмованого циклу росту. Лампи випромінюють світло у вузькому спектральному діапазоні, що повністю засвоюється рослинами, сприяючи інтенсифікації їхнього росту. Таке освітлення є ефективним для всіх етапів розвитку овочевих і квітучих кімнатних рослин.



Рисунок 2.5 Світлодіодні фітолампи Infinity для внутрішнього використання

Функції світлодіодні фітолампи Infinity

- Покращене фітосвітло оснащено трьома незалежними світловими головами з гнучкими кронштейнами типу «гусяча шия», що дозволяє вирішити проблему обмеженої мобільності та складності встановлення, притаманних традиційним світлодіодним світильникам для рослин. Така конструкція забезпечує значно ширшу зону освітлення порівняно з моделями, оснащеними лише двома джерелами світла на кліпсі. Орієнтовна площа освітлення, що покривається однією світловою головою, становить близько 24–27 дюймів у діаметрі залежно від висоти її розміщення.
- Світлодіодний світильник повного спектру розроблений з урахуванням потреб рослин у фотосинтетично активному випромінюванні (PAR) залежно від їх виду та стадії розвитку. Пристрій підтримує три режими спектрального освітлення — червоне, синє та комбіноване світло — що дає

змогу цілеспрямовано впливати на фізіологічні процеси рослин. Крім того, передбачено п'ять рівнів регулювання яскравості в діапазоні від 20% до 100%, що дозволяє адаптувати освітлення до конкретних умов вирощування. Така конфігурація забезпечує ефективну компенсацію нестачі природного сонячного світла та сприяє оптимальному росту рослин на всіх етапах онтогенезу.

- Регульований на 360 градусів світильник живиться як від USB-порту, так і від розетки змінного струму (у комплекті постачається USB-адаптер), що забезпечує його портативність і зручність для використання в домашніх або офісних умовах. Гнучкий кронштейн типу «гусяча шия» обертається на 360 градусів, що дає змогу точно налаштовувати кут нахилу та відстань між джерелом світла і рослиною, забезпечуючи оптимальні умови освітлення для росту.

- Широке використання: Світлодіодне освітлення підходить для розсади кімнатних рослин, рослин у горщиках, тепличних овочів тощо, особливо коли рослині потрібне додаткове освітлення під час дощу, снігу, темно під накриттям тощо. Світло для рослин допомагає сприяти стадії росту, цвітіння та росту рослин.

MCP3008 Аналого-цифровий перетворювач ІС

10-розрядний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) MCP3008 поєднує високу продуктивність з низьким енергоспоживанням у компактному корпусі, що робить його придатним для використання у вбудованих системах керування. Пристрій реалізовано на основі архітектури послідовного наближення (SAR) та підтримує стандартний послідовний інтерфейс SPI, що забезпечує його сумісність із мікроконтролерами серії PIC®. MCP3008 характеризується швидкістю вибірки до 200 тис. зразків за секунду, підтримує вісім аналогових вхідних каналів, та має низький рівень енергоспоживання (типове значення в режимі очікування — 5 нА, в активному режимі — 425 мкА). Пристрій доступний у 16-вивідних корпусах типу PDIP та SOIC. Сфери застосування MCP3008 охоплюють системи збору

даних, вимірювальні прилади, багатоканальні реєстратори даних, промислові комп'ютери, системи керування електродвигунами, робототехніку, промислову автоматизацію, інтелектуальні сенсорні системи, портативні вимірювальні пристрої та медичне обладнання для домашнього використання.



Рисунок 2.6 Аналого-цифрового перетворювача MCP3008



Рисунок 2.7 Схема розташування виводів IC аналого-цифрового перетворювача MCP3008

Технічні характеристики IC АЦП MCP3008:

- Максимальна частота дискретизації (ksamples/sec): 200
- Максимальний струм живлення (мкА): 500
- Тип введення: Односторонній
- Кількість входних каналів: 8

- Роздільна здатність (біт): 10
- Інтерфейс: SPI
- Діапазон температур (°C): від -40 до +85°C
- Діапазон вхідної напруги (В): від 0 до 5,5 В

Функції ІС аналого-цифрового перетворювача MCP3008:

- Аналогові входи, програмовані як односторонні або псевдодиференціальні пари

- Зразок на чіпі та утримання
- Послідовний інтерфейс SPI (режими 0,0 і 1,1)
- Технологія CMOS з низьким енергоспоживанням
- 5 нА типовий струм очікування, 2 мкА макс.
- 500 мкА макс. активний струм при 5В
- Доступний у пакетах PDIP, SOIC і TSSOP

Мікрозанурювальний міні-водяний насос постійного струму 3-6 В

Мікрозанурювальний насос виконує функцію виконавчого елемента, який забезпечує подачу води або живильного розчину з основної ємності безпосередньо до кореневої зони рослини. Насос підключається до релейних модулів і автоматично активується відповідно до заздалегідь визначених порогових значень вологості, що дає змогу реалізувати автоматизоване планування поливу.

Рівень води в ємності для заповнення повинен бути вищим, ніж рівень насоса під час його занурення у воду. У разі надмірного зниження рівня рідини насос може перегріватися, що супроводжується підвищенням шуму під час роботи. Для забезпечення стабільної роботи необхідно регулярно очищувати насос з метою запобігання забрудненню, що може призвести до блокування ротора.

Особливої уваги потребують безщіточні моделі, оскільки вони мають високу чутливість до зміни напруги. З метою запобігання виходу з ладу важливо, щоб вхідна напруга джерела живлення відповідала технічним характеристикам насоса.

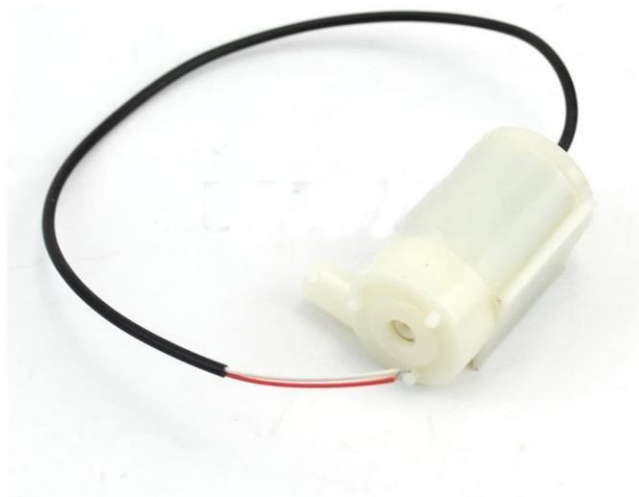


Рисунок 2.8 Мікрозанурювальний міні-водяний насос

Технічні характеристики мікрозанурювального міні-водяного насоса постійного струму 3-6 В:

- Напруга постійного струму: 2,5-6 В
- Максимальний підйом: 40-110 см
- Зовнішній діаметр виходу води: 7,5 мм
- Внутрішній діаметр виходу води: 4,7 мм
- розмір: Діаметр: 24 мм, довжина: 45 мм, висота: 33 мм.

Особливості мікрозанурювальної міні-водяної помпи постійного струму 3-6 В:

- Міні-занурювальний насос дуже компактний, має довгий потік води, тихий і використовується в акваріумах, фонтанах, комп'ютерному водяному охолодженні.

Літій-полімерна батарея 10000 мАг

Зовнішній акумуляторний блок виконує функцію джерела безперебійного живлення для Raspberry Pi 3B+, забезпечуючи стабільну роботу пристрою в умовах відсутності основного електроживлення або за наявності перепадів напруги. Такі порушення в енергопостачанні можуть суттєво впливати на працездатність електроніки, зокрема спричиняти перебої

у функціонуванні системи збору даних із сенсорів. Особливо це актуально в сучасних умовах, коли ворог цілеспрямовано атакує енергетичну інфраструктуру, що призводить до частих відключень електроенергії. У таких обставинах використання зовнішнього акумуляторного блоку забезпечує безперебійне живлення для Raspberry Pi 3B+, підтримуючи безвідмовний режим роботи системи. Це дозволяє уникнути ситуацій, за яких мікрокомп'ютер не зберігає або не відображає коректні дані з годинника реального часу внаслідок неочікуваного вимкнення живлення.



Рисунок 2.9 Літій-полімерна батарея 10000 мАг

Технічні характеристики акумулятора:

- Підключення: USB 2.0 (2 порти)
- Акумулятор: Li-ion
- Живлення: вхід (5 В, 2 А), вихід (5 В, 2,1 А)
- Ємність: 10000 мАг

Особливості акумулятора 10000 mAh:

- Світлодіодні індикатори
- Швидка зарядка

Вентилятор охолодження DC

Вентилятор охолодження відіграє важливу роль у підтримці температури вбудованої електроніки.



Рисунок 2.10 Вентилятор охолодження

Технічні характеристики вентилятора охолодження постійного струму:

Вхід: 5 В, 0,2 А

Особливості вентилятора охолодження:

- Безшумна продуктивність
- Дуже низьке споживання струму
- Легко встановити та підключити.

Модуль релейної плати - 4 канали 5В

Чотириканальна релейна плата з напругою живлення 5 В призначена для керування різними електричними приладами та обладнанням, що споживає високий струм. Пристрій оснащено потужними реле з номінальними параметрами АС 250 В / 10 А та DC 30 В / 10 А, що забезпечує надійну комутацію навантаження. Кожен із чотирьох каналів потребує струму керування в межах 50–60 мА. Типовими сферами застосування є керування мікроконтролерними системами (MCU), програмованими логічними контролерами (PLC), а також системами «розумного будинку». Крім того, плата обладнана вбудованими світлодіодними індикаторами для візуалізації стану вихідних реле.

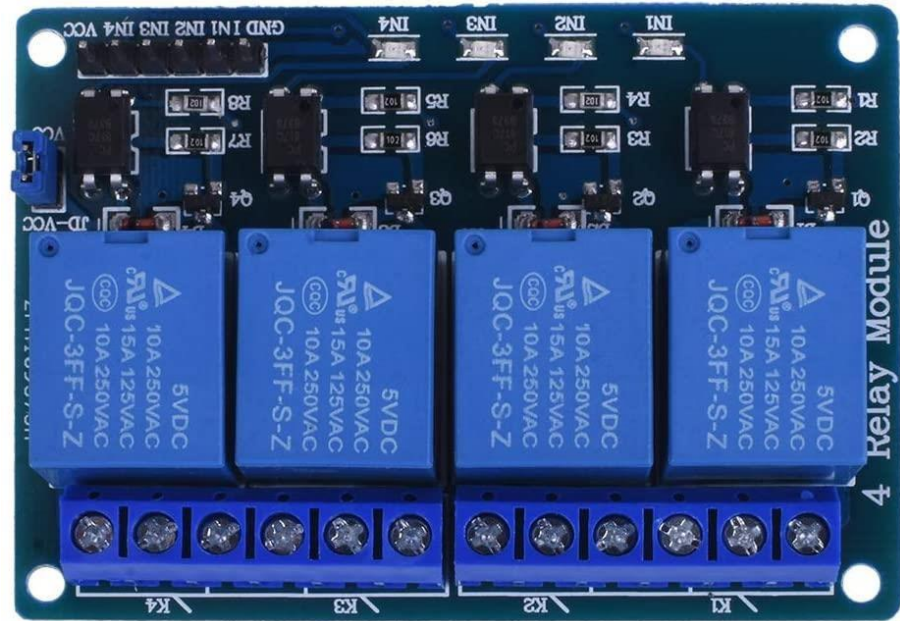


Рисунок 2.11 4-канальна плата реле 5 В

Технічні характеристики модуля релейної плати каналу 5 В:

- Живлення: 5В
- Розмір модуля: Д75 * Ш55 * В18,5 мм
- Вага нетто: 61 г
- 4 отвори для кріплення гвинта: діаметр отвору: 3,1 мм
- Розмір: 68 * 48 мм

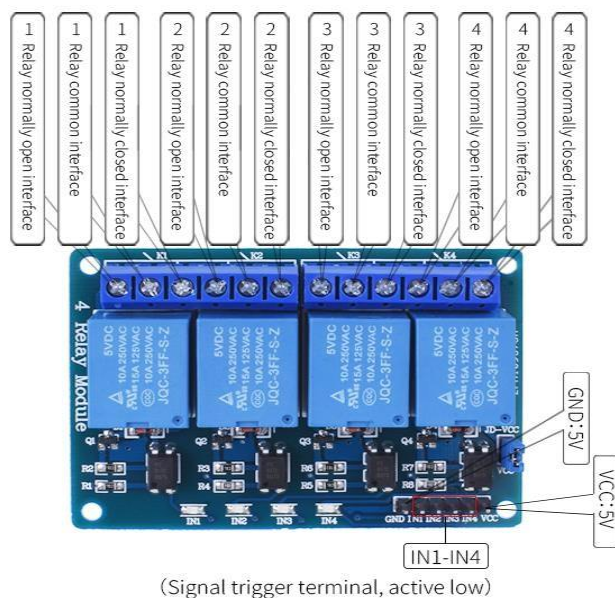


Рисунок 2.12 4-канальна плата реле 5 В – режими роботи

Особливості 4-канального модуля релейної плати 5 В:

- Модуль відповідає міжнародним стандартам безпеки. Незалежно розроблений на завантажувальній та контрольній зоні.
- Плата РСВ розроблена з подвійною підкладкою FR4, більш безпечною та стабільною.
- Модуль може безпосередньо керувати різними пристроями і заряджати.
- Він може бути повністю відкритим або повністю закритим.
- Точкове керування та циклічне керування.
- 4 релейних виходи, кожен з клеми 5.08-3P (вихід нормально відкритий і нормально закритий)

Апаратна архітектура.

Блок-схема, представлена на рис. 2.13, ілюструє архітектуру розробленої автоматизованої системи моніторингу та керування. У її основі лежить одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3B+, інтегрований із сенсорними модулями, зокрема датчиком температури й вологості DHT22, ємнісним датчиком вологості ґрунту v1.2 та резистивним датчиком вологості ґрунту. До складу системи також входять актуатори: світлодіодні лампи для стимулювання росту рослин та водяний насос постійного струму.

Сенсори вологості розміщено безпосередньо в середовищі вирощування, а безконтактні сенсори температури та вологості — над цим середовищем. Світлодіодні лампи для вирощування закріплюються на металевій рамі або тримачі за допомогою гнучких кронштейнів типу «гусяча шия» з орієнтацією на фронтальну частину рослини. Така орієнтація має критичне значення для забезпечення максимальної інтенсивності світлового спектру, необхідного для фотосинтетичних процесів.

Зібрані в реальному часі дані надсилаються з Raspberry Pi на хмарний веб-сервер, де вони обробляються, аналізуються та використовуються для

прийняття рішень за допомогою програмної логіки інтелектуальної автоматизації. Користувач має доступ до стану системи через веб-застосунок, який надає можливість моніторингу параметрів вологості повітря, температури та вологості ґрунту за допомогою інтерактивної панелі з візуалізацією часових рядів.

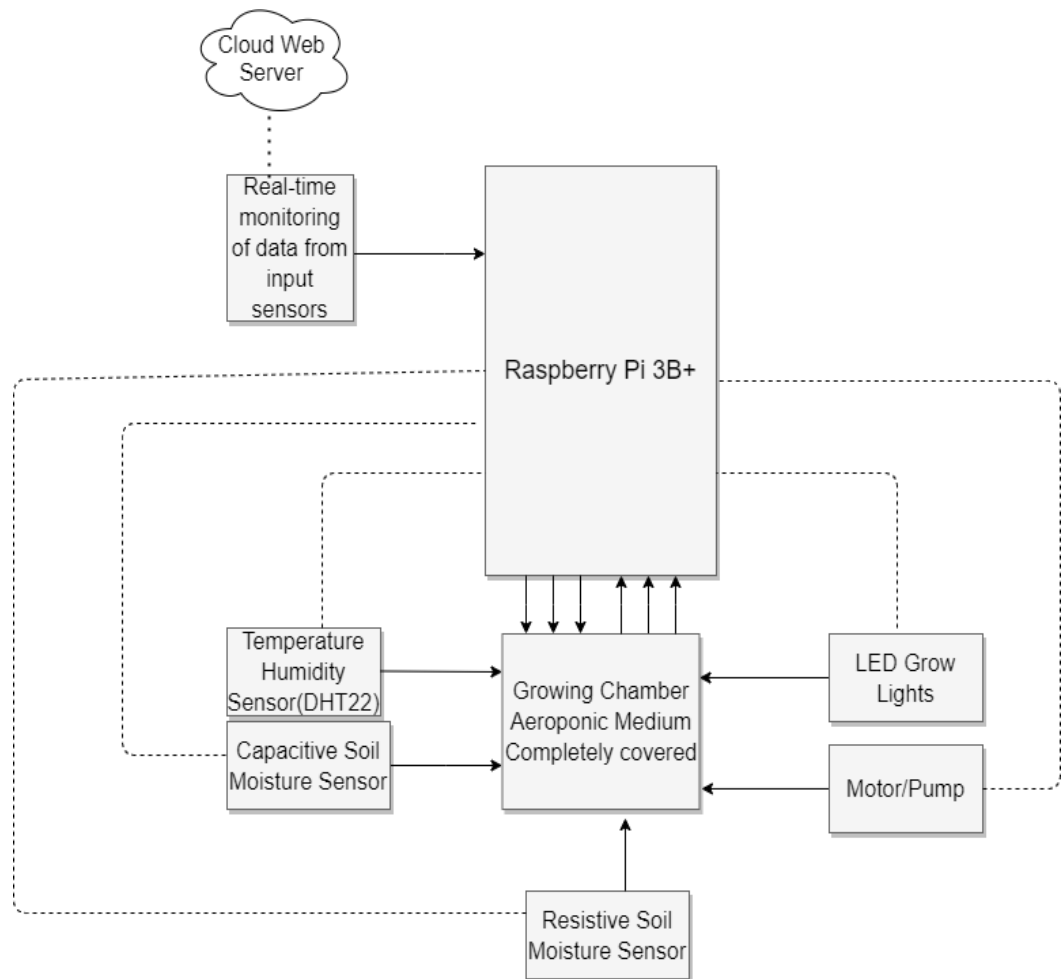


Рисунок 2.13 Блок-схема системного рівня

EasyEDA — це веборієнтований інструмент автоматизації електронного проектування, призначений для розробки, моделювання та спільного опрацювання електричних схем і друкованих плат. Платформа надає розробникам апаратного забезпечення засоби для створення специфікацій матеріалів (BOM), генерації Gerber-файлів, а також експорту вихідної документації у форматах PDF, PNG і SVG.

EasyEDA підтримує створення, редагування та трасування макетів друкованих плат із можливістю подальшого замовлення їх виготовлення безпосередньо з інтерфейсу середовища. Крім того, система забезпечує сумісність із широким спектром популярних інструментів САПР завдяки підтримці крос-платформного імпорту з форматів Altium Designer, CircuitMaker, Eagle, KiCad, LTspice та стандартних SPICE-мережевих списків, що робить її зручною для інтеграції в існуючі робочі процеси розробників.

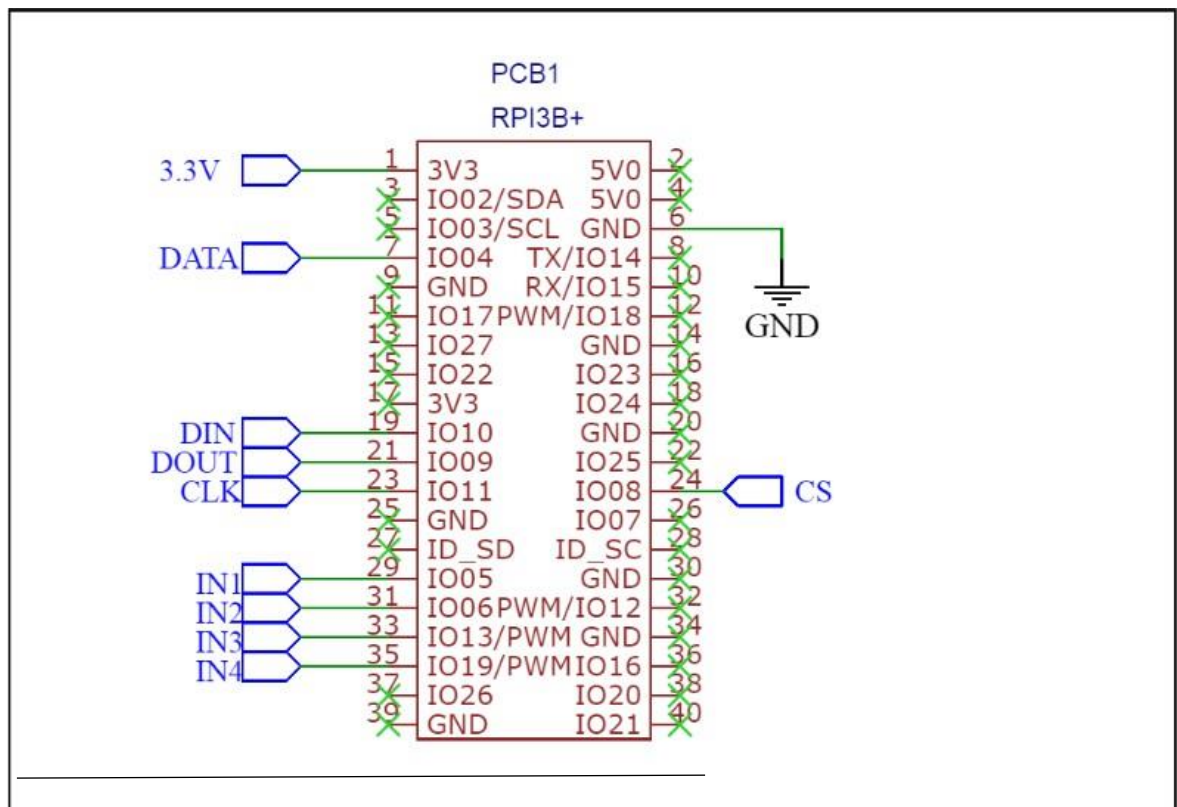


Рисунок 2.14 Блок-схема системного рівня

На рисунку 2.14 представлено схему з'єднання між апаратними компонентами системи та одноплатним комп'ютером Raspberry Pi 3B+. Як було зазначено раніше, Raspberry Pi отримує живлення від джерела постійного струму з напругою 5 В, підключеного через адаптер змінного струму. Альтернативно можливе живлення від зовнішнього акумуляторного блоку, який забезпечує стабільну вихідну напругу 5 В при струмі 2,1 А, що дозволяє підтримувати безперервний режим роботи навіть у разі перебоїв з електропостачанням.

З'єднання між компонентами здійснюється за допомогою макетної (прототипної) плати, що дає змогу швидко та зручно організувати підключення без пайки. Вивід 3V3 Raspberry Pi використовується для стабільного живлення зовнішніх модулів і підключений до однієї з шин живлення макетної плати. Вивід GND з'єднано із загальною шиною заземлення макетної плати, що забезпечує спільну «нульову» точку для всієї схеми.

Цифровий вихід даних датчика температури та вологості DHT22 підключено до контакту GPIO4 Raspberry Pi, що дозволяє зчитувати значення з сенсора через відповідний цифровий інтерфейс.

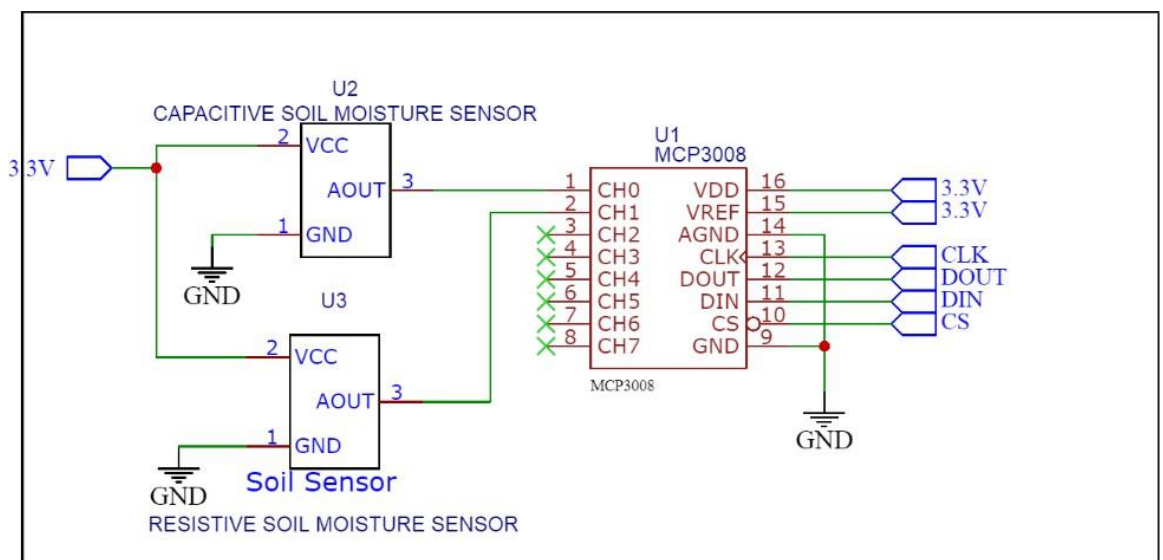


Рисунок 2.15 Підключення ланцюга – взаємодія датчика з MCP3008

На рисунку 2.15 представлено схему підключення двох сенсорів вологості ґрунту — ємнісного та резистивного типу — до аналогово-цифрового перетворювача MCP3008, інтегрованого з одноплатним комп'ютером Raspberry Pi 3B+. Живлення обох сенсорів здійснюється від загального джерела напруги 3,3 В, яке надходить із виводу Raspberry Pi на прототипну (макетну) плату. Також обидва сенсори мають спільне заземлення, підключене до загальної шини GND тієї ж макетної плати. Аналогові виходи сенсорів спрямовано на входи CH0 та CH1 мікросхеми

MCP3008, яка дозволяє перетворювати аналогові сигнали на цифрові для подальшої обробки мікроконтролером.

Із восьми вхідних каналів MCP3008 наразі використано лише два, що залишає можливість для підключення до шести додаткових сенсорів у межах подальшого розширення системи, як зазначено в розділі «Майбутній обсяг». Виводи VDD та VREF MCP3008 приєднані до лінії живлення 3,3 В макетної плати, а AGND — до спільного заземлення. Передача даних між MCP3008 і Raspberry Pi реалізована через послідовний периферійний інтерфейс (SPI), що забезпечує надійну цифрову комунікацію. Вивід CS (Chip Select) мікросхеми з'єднано з GPIO8 Raspberry Pi, який відповідає за активацію MCP3008 під час обміну даними. Комунікаційні лінії DOUT, DIN та CLK підключено відповідно до GPIO9, GPIO10 та GPIO11, що забезпечує повноцінну реалізацію SPI-зв'язку, включаючи передавання даних у двох напрямках і тактування сигналу. Така конфігурація дає змогу точно зчитувати показники з аналогових сенсорів і передавати їх на обробку в цифровому вигляді, інтегруючи ці дані в систему автоматизованого моніторингу стану середовища вирощування.

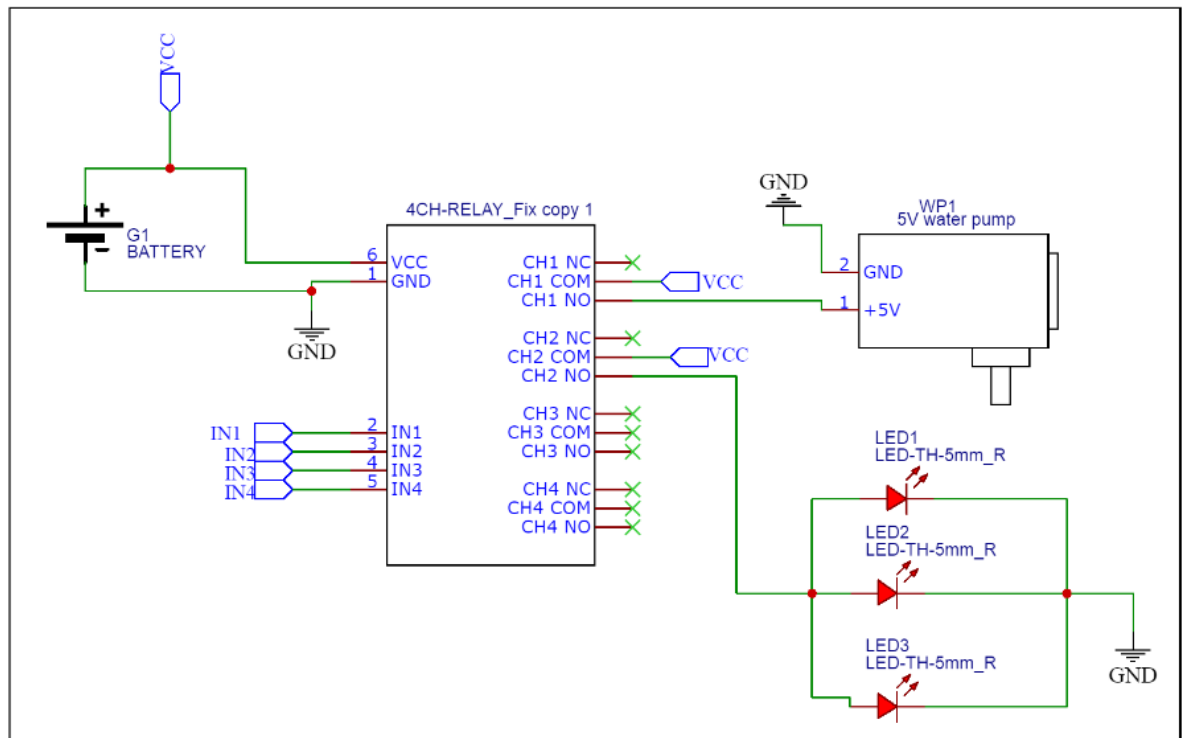


Рисунок 2.16 З'єднання ланцюга – приводи з релейним модулем

На рисунку 2.16 представлено схему підключення виконавчих пристроїв — світлодіодних ламп для вирощування рослин і насоса з двигуном постійного струму — до чотириканального релейного модуля, керованого одноплатним комп'ютером Raspberry Pi 3B+. Для забезпечення стабільного живлення 5 В і струму 2,1 А релейний модуль може бути підключений як до зовнішнього акумуляторного блоку, так і до мережевого адаптера змінного струму. Загальний висновок VCC (5 В) формується на макетній платі й підводиться до відповідного контакту живлення на релейному модулі, тоді як GND реле також приєднано до спільної шини заземлення тієї ж плати. Виводи GND виконавчих пристроїв — насоса та світлодіодів — підключені до тієї ж заземлювальної шини.

Контакт живлення насоса (5 В) з'єднаний із нормально відкритим (NO) контактом першого каналу релейного модуля, у той час як загальний контакт (COM) цього ж каналу під'єднано до лінії VCC макетної плати. Світлодіодні лампи для вирощування підключаються за аналогічною схемою: контакт живлення з'єднано з NO-контактом другого каналу реле, а COM — з тією ж лінією VCC. Керувальні сигнали для реле надходять через відповідні входи IN1, IN2, IN3 і IN4, які підключені до виводів GPIO5, GPIO6, GPIO13 та GPIO19 Raspberry Pi відповідно. Подання активного низького сигналу на ці входи дозволяє керувати перемиканням каналів реле в програмно задані моменти часу.

Окрім того, виводи GPIO6, GPIO13 і GPIO19 можуть бути використані як апаратні виходи для генерації широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), що дозволяє здійснювати більш точне керування живленням виконавчих механізмів, зокрема для регулювання інтенсивності світла або частоти подачі води. Алгоритм взаємодії з цими каналами реалізується програмно, як буде докладно описано в наступних розділах.

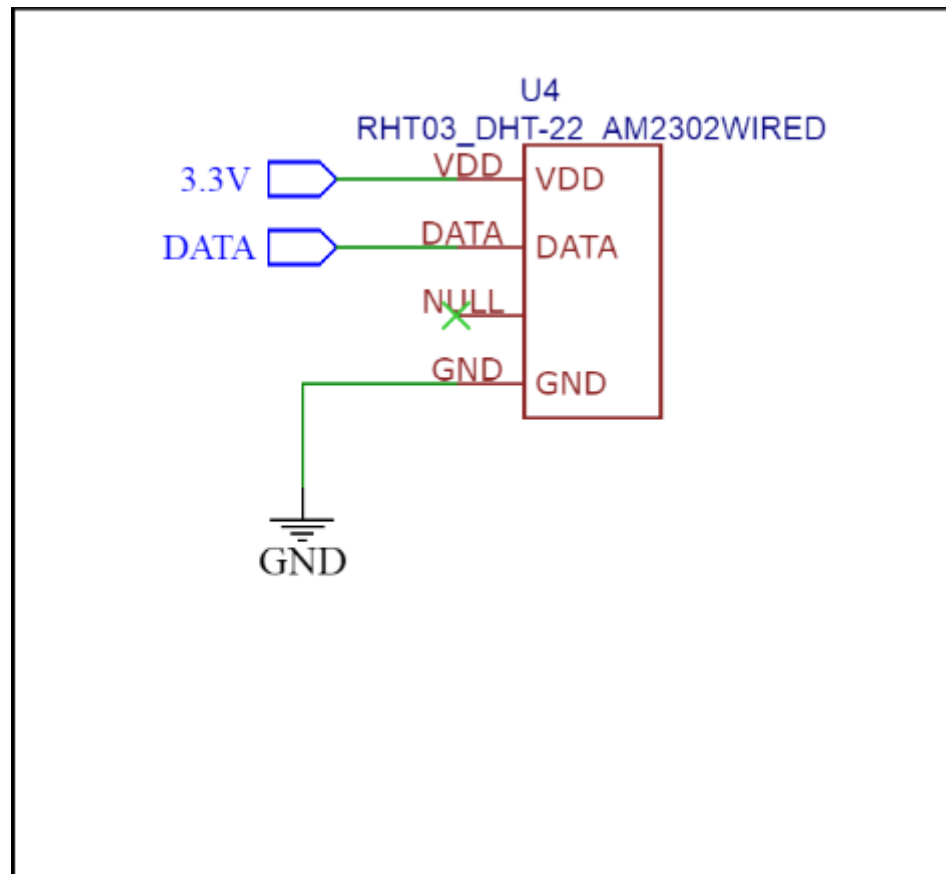


Рисунок 2.17 З'єднання ланцюга – приводи з релейним модулем

На малюнках 2.17 показано схему між датчиком температури/вологості DHT22 і платою Raspberry Pi 3B+. З'єднання прості: клемма GND датчика підключена до загального заземлення макетної плати. Для стабільної роботи датчика потрібно мінімум 3,3 В, що забезпечується підключенням порту VDD датчика до загальної шини 3V3 на платі для прототипування. Усі датчики в проекті живляться від вхідного джерела живлення від плати Raspberry Pi 3B+

2.2. Розробка програмного забезпечення системи.

У цьому розділі описано інструменти програмного забезпечення та архітектуру підключених апаратних компонентів. На малюнку 2.18 показана блок-схема проекту та графічно зображена логіка автоматизації проекту.

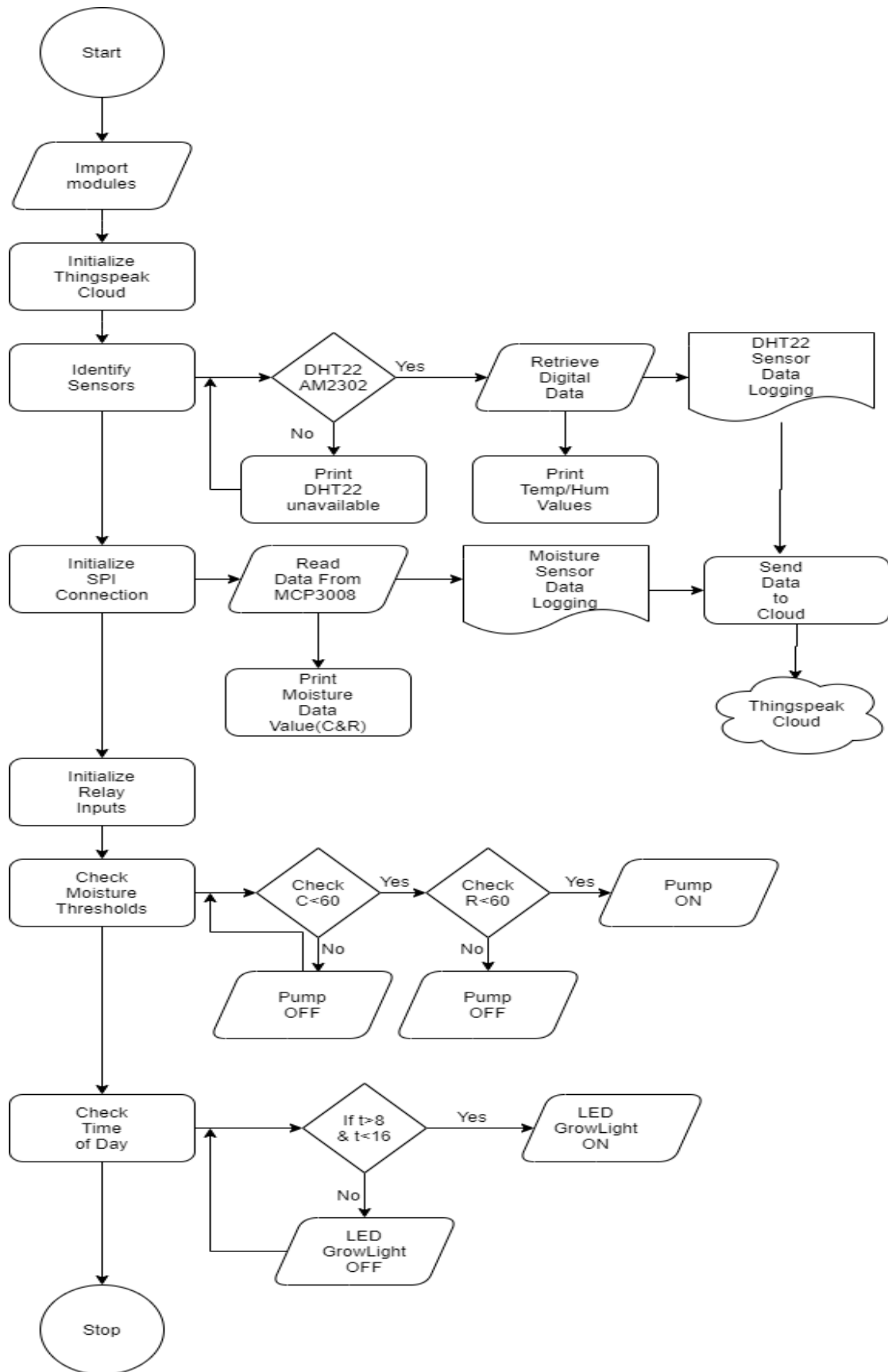


Рисунок 2.18 Блок-схема автоматизованої інтелектуальної системи ведення фермерського господарства в закритих приміщеннях з використанням технологій Інтернету речей.

Рисунок 2.18 демонструє послідовність виконання програмного коду. Робота програми розпочинається з імпорту необхідних модулів — програмних пакетів і бібліотек. Далі здійснюється ініціалізація хмарного сервісу Thingspeak Cloud з метою подальшої передачі даних. Наступний етап коду передбачає виявлення сенсорів, інтегрованих у систему. Зокрема, здійснюється перевірка наявності датчика DHT22 – AM2302, і у разі його підключення відбувається автоматичне зчитування цифрових значень температури та вологості повітря. Реалізований функціонал також забезпечує автоматичну реєстрацію отриманих даних. У випадку відсутності датчика виводиться відповідне повідомлення про його недоступність. Механізм виводу повідомлень може бути корисним також у ситуаціях, пов'язаних із пошкодженням або несправністю сенсора.

Наступним етапом виконання програмного коду є ініціалізація протоколу SPI (Serial Peripheral Interface — послідовний периферійний інтерфейс), що має ключове значення для отримання сигналів від ємнісних та резистивних датчиків вологості. Після встановлення з'єднання цифрові значення вологості, які надходять через мікросхему аналого-цифрового перетворювача MCP3008, виводяться на екран, а також автоматично реєструються у системі. Реєстрація даних усіх датчиків тепер надсилається до хмари Thingspeak.

Подальшим кроком є ініціалізація релейних виходів для реалізації функцій перемикавання. На цьому етапі програма виконує перевірку логіки автоматизації, зокрема — порогових значень вологості, визначених для ємнісного (C) та резистивного (R) датчиків вологості. Значення з обох сенсорів аналізуються за принципом логічної операції І (AND). Якщо показники обох сенсорів опускаються нижче встановленого порогу 60% вологості, активується насос. У разі, якщо значення хоча б одного з сенсорів перевищують вказаний поріг, насос залишається у вимкненому стані. Такий підхід підвищує надійність роботи системи в умовах можливого виходу з ладу одного з датчиків.

Завершальним етапом є перевірка поточного часу з метою керування світлодіодним освітленням (LED Growlights). Якщо значення часу перебуває в межах від 08:00 до 16:00, освітлення активується; в інший час лампи залишаються вимкненими. Система автоматизації побудована таким чином, що її параметри можна оперативно змінювати шляхом коригування окремих рядків коду відповідно до вимог дизайну або умов вирощування конкретних рослин.

Підключення до віддаленого робочого столу

Існує кілька способів забезпечення доступу до віддаленого робочого столу Raspberry Pi. Один із базових варіантів — підключення пристрою до зовнішнього монітора через HDMI-порт, що дає змогу безпосередньо взаємодіяти з графічним інтерфейсом системи. Такий метод може бути зручним на етапі початкової конфігурації або в умовах лабораторного використання. Проте у реальних умовах експлуатації Raspberry Pi часто розміщується у важкодоступних, закритих або рідко відвідуваних місцях, зокрема — у сільськогосподарських об'єктах, теплицях, технічних шафах чи автоматизованих установках. У таких випадках фізичний доступ до пристрою обмежений або взагалі недоцільний. З огляду на це, пріоритетним підходом стає налаштування дистанційного доступу до Raspberry Pi. Завдяки цьому користувач має змогу здійснювати повноцінне керування пристроєм, виконувати моніторинг стану системи, проводити оновлення програмного забезпечення, а також переглядати або редагувати дані без фізичної присутності на місці встановлення пристрою. Такий спосіб доступу забезпечує не лише зручність, але й підвищує ефективність експлуатації, особливо у випадках розгортання IoT-рішень або автономних систем контролю та керування.

Встановлення підключення до віддаленого робочого столу

Наступні кроки виконуються для встановлення підключення до віддаленого робочого столу за допомогою сервера RealVNC:

Насамперед для організації віддаленого підключення необхідно переконатися, що як Raspberry Pi, так і комп'ютер, з якого здійснюється підключення, перебувають у межах однієї локальної мережі. Це є базовою умовою для встановлення стабільного з'єднання. У графічному інтерфейсі операційної системи Raspbian (нині Raspberry Pi OS) користувач має відкрити головне меню, натиснувши на піктограму із зображенням малини у верхньому лівому куті екрана, після чого перейти до розділу «Налаштування» та обрати пункт «Конфігурація Raspberry Pi».

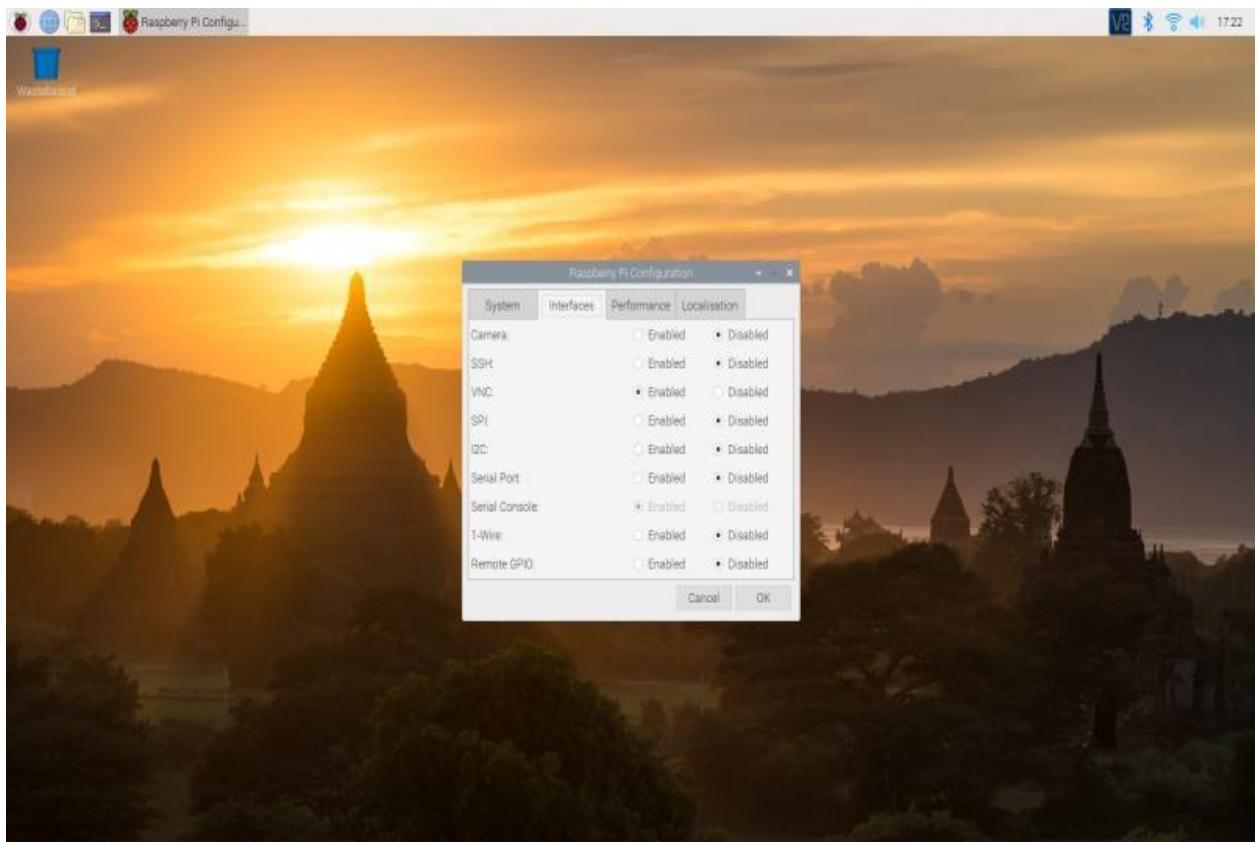


Рисунок 2.19 Конфігурація Raspberry Pi – увімкнення сервера VNC

У межах вікна конфігурації Raspberry Pi користувач має можливість змінити пароль за замовчуванням, який у стандартній конфігурації операційної системи Raspbian встановлений як `raspberry`. Для цього слід скористатися опцією «Змінити пароль», що забезпечує базову безпеку пристрою під час використання у відкритих або потенційно незахищених мережах. Зміна стандартного пароля є рекомендованою практикою з погляду інформаційної безпеки.

У вкладці «Інтерфейси» необхідно активувати перемикач поруч із опцією VNC, що дозволяє увімкнути відповідний сервер для віддаленого графічного доступу. Після завершення налаштувань у верхньому правому куті екрана з'являється іконка VNC, натиснувши на яку, користувач може запустити VNC-сервер. У вікні цього застосунку відображається IP-адреса (Internet Protocol) пристрою, яка є необхідною для встановлення підключення з іншого комп'ютера. Зазвичай це чотири десяткові числа, розділені крапками (наприклад, 192.168.0.101), що ідентифікують Raspberry Pi у межах локальної мережі. Така мережа може бути як дротовою локальною мережею (LAN), так і бездротовою мережею Wi-Fi.

На цьому етапі Raspberry Pi готовий до встановлення з'єднання з іншим комп'ютером, що працює під керуванням Windows, macOS, Linux або навіть з іншим Raspberry Pi у межах тієї самої мережі. Оскільки сервер VNC уже активовано, для доступу до віддаленого робочого столу необхідно використовувати програму VNC Viewer. Цей клієнт доступний для операційних систем macOS, Linux, Android, iOS, а також через веб-інтерфейс.

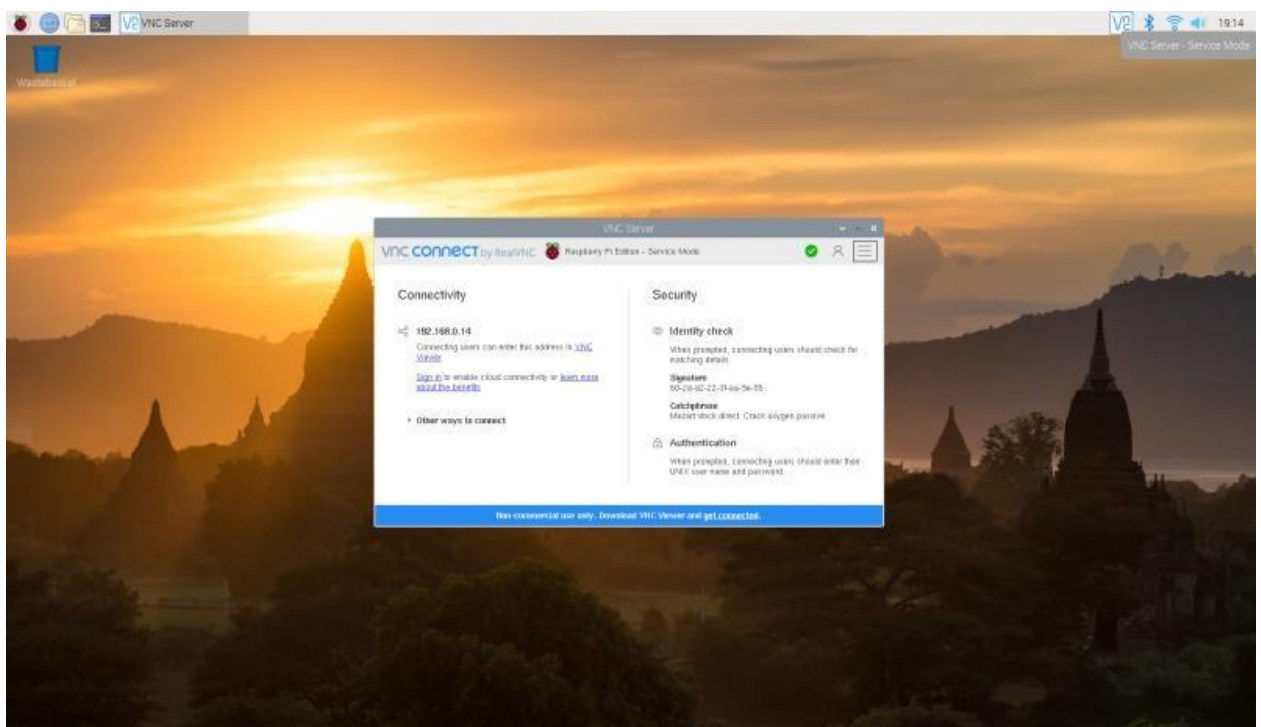


Рисунок 2. 20 Конфігурація Raspberry Pi – сервер VNC

IP-адресу Raspberry Pi (наведену у вікні VNC-сервера у вигляді чотирьох чисел) необхідно ввести в рядок пошуку програми VNC Viewer. Для ініціалізації з'єднання слід вибрати опцію Return. На початковому етапі з'являється повідомлення-попередження про відсутність попередніх з'єднань із цим сервером VNC, що унеможлиблює перевірку його ідентифікаційних даних. У разі підтвердження продовження підключення система запропонує ввести облікові дані за замовчуванням, які використовуються для входу в Raspberry Pi. Активування опції збереження облікових даних спрощує процедуру майбутніх підключень.

На комп'ютері з операційною системою Windows з'являється вікно, в якому відображається графічний інтерфейс робочого столу Raspberry Pi під керуванням системи Raspbian. Відтепер пристрій безпечно підключений через віддалений сервер VNC, що дає змогу здійснювати повноцінне дистанційне керування ним у межах локальної мережі.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка програмного коду для роботи системи керування

У наведеному нижче розділі описано необхідну поведінку програмного забезпечення з графічним інтерфейсом користувача та відповідними розділами коду

3.1.1. Встановлення останньої версії Python 3 на Raspberry Pi

Python — це потужна та водночас доступна для освоєння мова програмування, яка вирізняється зручністю синтаксису та підтримкою об'єктно-орієнтованої парадигми. Її мовні конструкції спрямовані на полегшення написання зрозумілого й логічно структурованого коду, що робить Python ефективним інструментом як для невеликих, так і для масштабних програмних проектів. Мова забезпечує підтримку високорівневих структур даних, а також пропонує простий, проте дієвий підхід до об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). Основна філософія Python полягає в забезпеченні високої читабельності коду, зокрема завдяки обов'язковим відступам, що мають синтаксичне значення. Завдяки елегантному синтаксису, динамічній типізації та інтерпретованій природі, Python є ідеальним вибором для створення сценаріїв, прототипів і прикладних програм у різних галузях, сумісних із більшістю сучасних операційних систем — зокрема Windows, macOS і Linux.

Процедура встановлення Python 3 на Raspberry Pi включає кілька послідовних етапів:

Крок 1: Встановлення необхідних залежностей для компіляції. Перед початком компіляції необхідно оновити систему та інсталювати всі необхідні пакети. Для цього у терміналі вводяться такі команди:

```

sudo apt-get update
sudo apt-get install -y build-essential tk-dev
libncurses5-dev libncursesw5-dev \
libreadline6-dev libdb5.3-dev libgdbm-dev libsqlite3-
dev libssl-dev \
libbz2-dev libexpat1-dev liblzma-dev zlib1g-dev libffi-
dev

```

Крок 2: Завантаження та компіляція вихідного коду Python. Завантажується архів із вихідним кодом Python 3.8.0, після чого виконується його розпакування та компіляція:

```

wget https://www.python.org/ftp/python/3.8.0/Python-
3.8.0.tar.xz
tar xf Python-3.8.0.tar.xz
cd Python-3.8.0
./configure --prefix=/usr/local/opt/python-3.8.0
make -j 4

```

Крок 3: Встановлення скомпільованої версії. Після завершення компіляції Python інсталюється за допомогою команди:

```

sudo make altinstall

```

Крок 4: Очищення непотрібних файлів. Для оптимізації простору на диску видаляються залишкові файли:

```

cd ..
sudo rm -r Python-3.8.0
rm Python-3.8.0.tar.xz
. ~/.bashrc

```

Крок 5: Активація Python 3.8 як версії за замовчуванням та перевірка. Щоб встановити Python 3.8 як версію за замовчуванням у системі, необхідно виконати:

```
sudo update-alternatives --config python
```

Перевірити активну версію Python можна за допомогою команди:

```
python -V
```

3.1.2. Інтеграція ІС аналого-цифрового перетворювача MCP3008 із Raspberry Pi

Для активації протоколу SPI (Serial Peripheral Interface) на Raspberry Pi необхідно виконати наступні дії:

Крок 1: Відкриття конфігураційного меню. У терміналі Raspberry Pi слід ввести команду:

```
sudo raspi-config
```

Ця команда відкриває конфігураційне меню системи.

Крок 2: Перехід до параметрів інтерфейсів. У меню налаштувань необхідно обрати пункт «Interface Options», який відповідає за керування периферійними інтерфейсами.

Крок 3: Активація інтерфейсу SPI. У підменю параметрів інтерфейсів потрібно вибрати інтерфейс SPI і активувати його, підтвердивши ввімкнення.

Крок 4: Встановлення бібліотеки NumPy. Бібліотека NumPy необхідна для виконання математичних операцій, зокрема — для масштабування значень. Для її інсталяції слід виконати команду:

```
sudo apt-get install python-numpy
```

Масштабування значень за допомогою функції `interp`. Функція `interp(output, [0, 1023], [0, 100])` використовується для приведення значень, отриманих із аналого-цифрового перетворювача MCP3008, з

діапазону 0–1023 до шкали 0–100. Це дає змогу адаптувати вихідні дані до робочого діапазону, наприклад, для керування ШІМ-сигналами (PWM) у межах 0–100%.

3.1.3. Інтеграція датчика температури та вологості DHT22 із Raspberry Pi

Для коректної роботи датчика DHT22 та його розпізнавання операційною системою Raspberry Pi необхідно встановити відповідні бібліотеки та пакети для збірки. Нижче наведено послідовність дій для інсталяції необхідного програмного забезпечення.

Крок 1: Оновлення системи та встановлення залежностей. У терміналі Raspberry Pi вводяться наступні команди:

```
sudo apt update  
sudo apt install build-essential python-dev
```

Крок 2: Завантаження бібліотеки Adafruit для DHT22. Необхідно клонувати офіційний репозиторій бібліотеки Adafruit:

```
git clone  
https://github.com/adafruit/Adafruit\_Python\_DHT.git
```

Крок 3: Перехід до директорії та встановлення бібліотеки. Після завантаження слід перейти до відповідної директорії та виконати інсталяцію:

```
cd Adafruit_Python_DHT  
sudo python setup.py install
```

Ці дії дозволяють Raspberry Pi взаємодіяти з датчиком DHT22, забезпечуючи зчитування показників температури та вологості через відповідний GPIO-порт.

3.1.4. Інтеграція Raspberry Pi з хмарною платформою ThingSpeak IoT

Пристрій Raspberry Pi здатний не лише зчитувати дані з підключених сенсорів, але й передавати їх до хмарного середовища для подальшого аналізу, візуалізації та зберігання. Зокрема, надсилання даних у режимі реального часу на інформаційну панель платформи ThingSpeak є ефективним способом реалізації IoT-рішення. Для інтеграції Raspberry Pi з хмарною платформою необхідно встановити відповідний програмний модуль. У терміналі вводиться така команда:

```
sudo pip install thingspeak
```

Ця команда здійснює інсталяцію бібліотеки thingspeak, яка забезпечує програмну взаємодію між локальним пристроєм та хмарною платформою.

Налаштування хмарної платформи ThingSpeak IoT. Після встановлення бібліотеки слід виконати базове налаштування облікового запису на сайті ThingSpeak, створити новий канал для збору даних, а також згенерувати ключ API, який використовуватиметься для авторизованої передачі інформації з Raspberry Pi у хмару.

Конфігурація хмарного середовища ThingSpeak

Для забезпечення передачі даних із Raspberry Pi на платформу ThingSpeak необхідно виконати послідовну конфігурацію каналу в обліковому записі користувача. Нижче подано основні кроки налаштування:

Крок 1: Реєстрація або вхід до облікового запису. Необхідно зареєструвати новий обліковий запис на сайті ThingSpeak або скористатися наявним обліковим записом MathWorks.

Крок 2: Створення нового каналу. У панелі керування слід перейти до розділу Channels → My Channels → New Channel для створення нового каналу збору даних.

Крок 3: Введення інформації про канал. У формі створення каналу заповнюються відповідні поля:

Ім'я каналу: `data_sensor`

Опис: Датчик температури/вологості DHT22 та датчики вологості, керовані Raspberry Pi 3B+ зі сценарієм на Python.

Field 1: Температура (°C)

Field 2: Вологість (%)

Field 3: Резистивний датчик (VWC%)

Field 4: Ємнісний датчик (VWC%)

Крок 4: Отримання ключа API для запису. Після створення каналу необхідно перейти до вкладки API Keys та зберегти Write API Key, який використовується для передачі даних із коду. Цей ключ вставляється у Python-скрипт і автоматично активується під час виконання, коли імпортується модуль `thingspeak`.

3.1.5. Тестування системи

Значення вологості ґрунту (у мВ) зчитуються з обох сенсорів — ємнісного та резистивного — та обробляються згідно з логічною умовою І для спрощення програмного алгоритму й підвищення надійності системи. Такий підхід передбачає, що обидва датчики мають одночасно фіксувати рівень вологості, що виходить за межі встановленого порогового значення (θ), а також відповідати попередньо визначеному інтервалу часу ($t > 0$ і $t < 8$), тобто в часовому вікні між 00:00 і 08:00. Лише за дотримання цих умов система ініціює відповідну дію перемикавання.

У разі виходу з ладу будь-якого з датчиків під час роботи, алгоритм автоматизації функціонуватиме лише за наявності достовірних показників від обох сенсорів. У протилежному випадку можливе некоректне функціонування системи, що може призвести до надмірного зволоження або затоплення ґрунту, пошкодження рослин або порушення мікроклімату у приміщенні.

Стан системи класифікується на основі чотирьох умов перевірки:

I. Тестовий сценарій: $mv > \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$ У цьому тестовому випадку рівень вологості ґрунту, визначений за сигналом `mv`, перевищує

встановлене порогове значення θ , а значення поточного часу t належить до визначеного інтервалу між 00:00 та 08:00. Це свідчить про виконання умов для активації системи керування. На рисунку 4.2 представлено результати моделювання, що ілюструють поведінку системи за вказаного сценарію.

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ nano combined.py
pi@raspberrypi:~ $ python combined.py
03-22-2021_01.35.48
1
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :55
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :57

readings gotten
Temperature = 18.7999992371, Temperature Fahrenheit = 65.8399986267, Humidity = 46
.5

Pump OFF
LED Lights ON
03-22-2021_01.36.04
1
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :55
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :57

```

Рисунок 3.1 Тестовий приклад - $mv > \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$

У цьому тестовому випадку значення, зчитані з ємнісного та резистивного датчиків вологості, перевищують порогове значення 60. Одночасно час доби належить до попередньо визначеного інтервалу (00:00–08:00), внаслідок чого активуються світлодіодні індикатори.

Очікувана поведінка системи: Насос — ВИМКН., Індикатор — УВИМКН.

Результати моделювання демонструють повну відповідність фактичної роботи системи очікуваній поведінці, що підтверджує коректність функціонування алгоритму в заданому сценарії.

II. Тестовий сценарій: $mv < \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$

У даному тестовому випадку значення сигналу вологості mv є нижчим за задане порогове значення θ , що вказує на недостатню вологість ґрунту. При цьому час доби перебуває в межах попередньо визначеного інтервалу між 00:00 та 08:00:

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ nano combined.py
pi@raspberrypi:~ $ python combined.py
03-22-2021_01.18.29
1
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :57
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :57

readings gotten
Temperature = 19.0, Temperature Fahrenheit = 66.2, Humidity = 46.0

Pump ON
LED Lights ON
03-22-2021_01.18.43
1
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :57
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :57

readings gotten
Temperature = 18.8999996185, Temperature Fahrenheit = 66.0199993134, Humidity = 46.0

```

Рисунок 3.2 Тестовий приклад - $mv < \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$

Оскільки час доби перебуває в межах заданого інтервалу (00:00–08:00), система відповідно активує як насос, так і світлодіодні індикатори.

Очікувана поведінка системи: Насос — УВІМКН., Індикатор — УВІМКН.

Результати моделювання підтверджують, що фактична поведінка системи відповідає очікуваній, що свідчить про правильність реалізованої логіки керування в межах даного тестового сценарію.

III. Тестовий сценарій: $mv > \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$

У цьому випадку значення сигналу вологості mv , отримані від ємнісного та резистивного датчиків, перевищують нове порогове значення, встановлене на рівні 50%. Водночас поточний час не входить до оновленого інтервалу між 08:00 та 16:00, який визначає часові рамки для активування дій перемикачів.

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ nano combined.py
pi@raspberrypi:~ $ python combined.py
03-22-2021_00.45.37
0
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :51
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :53

readings gotten
Temperature = 18.0, Temperature Fahrenheit = 64.4, Humidity = 44.7000007629

Pump OFF
LED Lights OFF
03-22-2021_00.45.54
0
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :51
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :53

readings gotten
Temperature = 17.8999996185, Temperature Fahrenheit = 64.2199993134, Humidity = 44.7000007629

Pump OFF
LED Lights OFF
03-22-2021_00.46.07

```

Рисунок 3.3 Тестовий приклад - $mv > \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$

IV. Тестовий сценарій: $mv < \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ nano combined.py
pi@raspberrypi:~ $ python combined.py
03-22-2021_00.48.53
0
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :51
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :53

readings gotten
Temperature = 18.0, Temperature Fahrenheit = 64.4, Humidity = 44.7000007629

Pump ON
LED Lights OFF
03-22-2021_00.49.07
0
reading from analog channel0 capacitive moisture sensor :51
reading from analog channel1 resistive moisture sensor :52

readings gotten

```

Рисунок 3.4 Тестовий приклад - $mv < \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$

У цьому випадку значення вологості mv , отримані з ємнісного та резистивного датчиків, є нижчими за оновлене порогове значення, яке встановлено на рівні 80%. Водночас поточний час не належить до

визначеного інтервалу між 08:00 і 16:00, що обмежує умови для активації певних елементів системи.

Очікувана поведінка системи: Насос — УВІМКН., Індикатор — ВІМКН.

Результати моделювання свідчать про те, що система працює відповідно до заданої логіки: полив активується за низьких показників вологості незалежно від часу, тоді як освітлення залишається вимкненим, оскільки час виходить за межі визначеного діапазону. Таким чином, функціонування системи узгоджується з очікуваною поведінкою в даному тестовому випадку.

Таблиця 4. 1 Тестові випадки проти стану приводу

Тестовий приклад / Акт. Держава	Насос	Світлодіодні ліхтарі
$mv > \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$	ВІМКНЕНО	УВІМКНЕНО
$mv < \theta \wedge (t > 0 \wedge t < 8)$	УВІМКНЕНО	УВІМКНЕНО
$mv > \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$	ВІМКНЕНО	ВІМКНЕНО
$mv < \theta \wedge \neg(t > 8 \wedge t < 16)$	УВІМКНЕНО	ВІМКНЕНО

3.1.6 Візуалізація даних ThingSpeak IoT

Платформа ThingSpeak як середовище збору та обробки даних Інтернету речей (IoT)

ThingSpeak є хмарною платформою IoT, яка надає засоби для збору, зберігання, аналізу та візуалізації даних, що надходять від сенсорів, інтегрованих у систему. У межах реалізованого проєкту використано три типи сенсорів, які передають дані до чотирьох окремих полів одного каналу ThingSpeak.

Платформа зберігає дані в межах каналів, кожен з яких підтримує до восьми полів даних, а також поля для геолокації та статусу. Дані можуть надсилатися на сервер з мінімальним інтервалом у 15 секунд.

Сенсори, використані в системі:

- Датчик температури та вологості DHT22 (AM2302):

- Цей сенсор забезпечує вимірювання температури та вологості повітря.
 - Значення температури надсилаються у **поле 1** каналу ThingSpeak (Рис. 3.5).
 - Значення вологості — у **поле 2** (Рис. 3.6).
- **Резистивний датчик вологості ґрунту:**
- Вимірює рівень вологості ґрунту на основі зміни опору.
 - Показники передаються у **поле 3** каналу (Рис. 3.7).
- **Ємнісний датчик вологості ґрунту:**
- Використовує зміну електричної ємності для оцінки вологості.
 - Значення надсилаються у **поле 4** каналу (Рис. 3.8).

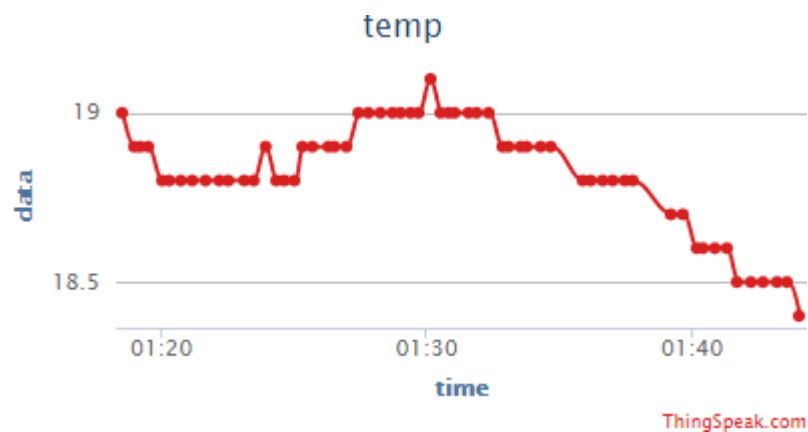


Рисунок 3.5 Датчик DHT22 (температура).

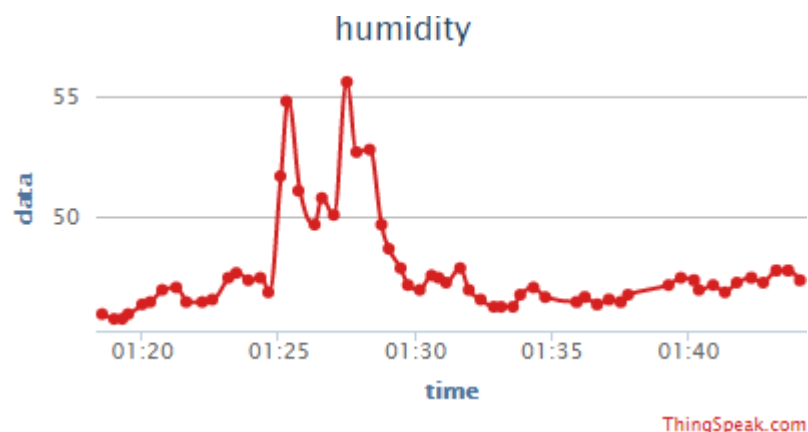


Рисунок 3.6 Датчик DHT22 (вологість).

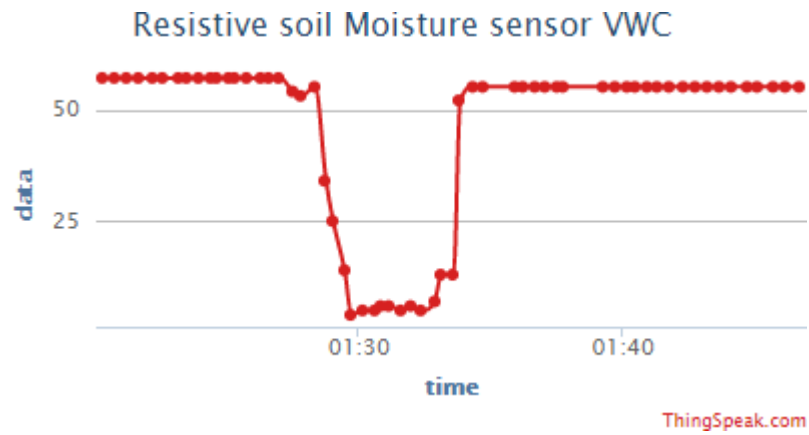


Рисунок 3.7 Резистивний датчик вологості ґрунту (вологість %).

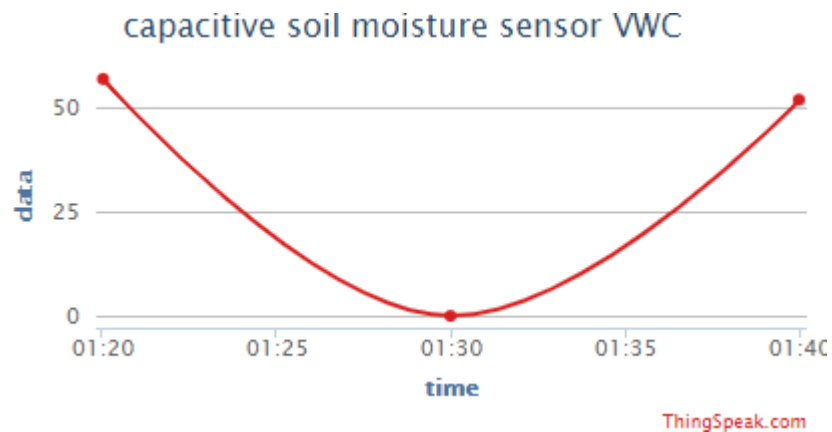


Рисунок 3.8 Ємнісний датчик вологості ґрунту (вологість %).

На основі графічної візуалізації даних можна зробити висновок, що система автоматизованого контролю вологості функціонує з метою підтримання рівня вологості ґрунту на рівні, наближеному до порогового значення 60%. У межах тестового сценарію, змодельованого о 01:30, до системи було додано сухий ґрунт, що спричинило миттєве зниження показників вологості до нульового рівня. Алгоритм автоматизації оперативно виявив зміну, внаслідок чого було активовано режим зрошення — автоматичне перекачування суміші води та поживних речовин з метою відновлення бажаного рівня вологості.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером.

У сучасному світі все більше людей проводять значну частину свого робочого часу за комп'ютером, що призводить до ряду ергономічних проблем, які негативно впливають на безпеку та здоров'я людей. Неправильна позиція тіла, незручне розташування робочого місця, тривале сидіння та напружена робота з клавіатурою та мишею спричиняють м'язове напруження, біль у спині та напругу очей, що викликає дискомфорт та незручності. Розташування робочого місця відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та здоров'я під час роботи за комп'ютером. Оптимальна висота столу та стільця є ключовим фактором для забезпечення комфорту і підтримки правильної позиції тіла. Стіл належної висоту, щоб лікті могли спокійно розташовуватися на клавіатурі, а стопи - на підлозі. Стілець обладнаний підтримкою для спини та належними регульованими підлокітниками. Клавіатура розташована на рівні ліктів, монітор - належним чином вирівняний перед очима, а миша - в зоні доступу для зап'ястя. Правильне розташування робочого місця сприяє уникненню незручностей та проблем зі здоров'ям. Ергономічні пристрої підтримки є корисними для забезпечення комфорту та запобігання напрузі м'язів. Використання регульованих підлокітників та підставок для зап'ястя допомагає знизити напругу на м'язах і запобігти незручностям. Оптимальне розташування робочого місця повинне враховувати індивідуальні особливості користувача та забезпечувати комфортні умови для роботи. Правильна позиція тіла та рухи є ключовими факторами для забезпечення комфорту та запобігання напрузі м'язів та незручностям. 58 Важливо пам'ятати про правильну позицію спини та уникати підгорблення або надмірного нахилу голови під час тривалої роботи за комп'ютером. Регулярні перерви для розтяжки та руху є

важливими для підтримання здоров'я. Прості фізичні вправи, такі як розтягування шиї, плечей, рук і ніг, допомагають зняти напругу з м'язів та покращити кровообіг. Регулярні перерви дозволяють розслабитися і зберегти енергію для продуктивної роботи. Очі є одними з найбільш вразливих органів під час роботи за комп'ютером. Постійне спрямування погляду на екран призводить до напруження та втому очей. Для зменшення негативного впливу необхідно використовувати екрани з антиблисковим покриттям, яке знижує відблиск та рефлексію світла. Також важливо налаштовувати яскравість та контрастність екрану для комфортного сприйняття. Щоб зменшити напругу на очі, необхідно робити перерви для відпочинку, фокусуючись на далеких предметах або виконуючи вправи для розслаблення очей. Використання неправильної клавіатури та миші призводить до м'язового напруження і тунельного синдрому. Важливо використовувати ергономічні клавіатури та миші з додатковою підтримкою для зап'ястя та комфортною формою. Правильна позиція рук та зап'ястя під час роботи з ними має велике значення. Регулярні перерви для розтяжки рук та масажу зап'ястя допомагають уникнути негативних наслідків від тривалого використання клавіатури та миші. Розглядаючи ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером, варто зазначити, що їх вирішення є ключовим для забезпечення безпеки та здоров'я під час роботи. Дотримання принципів ергономіки, налагодження робочого місця, правильна позиція тіла та виконання фізичних вправ сприяють покращенню безпеки та створенню здорового робочого середовища. Застосування ергономічних пристроїв підтримки, таких як регульовані підлокітники та підставки для зап'ястя, також сприяє комфорту та попередженню незручностей. Загальною метою є створення безпечного 59 та здорового робочого середовища для людей, які працюють за комп'ютером та виконують дослідження захищеності веб сервісу електронного навчання Atutor, що забезпечує збереження здоров'я та підвищення продуктивності працівників, сприяє запобіганню

травмам та ергономічним проблемам, а також сприяє загальному комфорту та задоволенню від роботи. Додатково, важливо зазначити, що належна освітленість приміщення також є важливим фактором, який впливає на комфорт та здоров'я під час роботи за комп'ютером. Потрібно забезпечити достатнє природне або штучне освітлення, яке не перевантажує очі. Розміщення робочого місця біля вікна або використання належної освітлювальної техніки допомагає забезпечити оптимальні умови освітлення. Важливо також уникати відблисків на екрані, розташовуючи монітор під правильним кутом до джерел світла. Безпека та конфіденційність інформації також є важливим аспектом при роботі за комп'ютером. Важливо зберігати конфіденційні дані та захищати їх від несанкціонованого доступу. Використання паролів, шифрування даних та регулярне оновлення програмного забезпечення допомагає забезпечити безпеку інформації. Крім того, необхідно усвідомлювати потенційні загрози з боку шкідливих програм та фішингових атак і приймати заходи для їх запобігання, такі як використання антивірусного програмного забезпечення та обережне відкривання електронних листів та посилань. Регулярне навчання та свідомість про важливість ергономіки та безпеки при роботі за комп'ютером є важливими. Працівники повинні мати бути проінформовані про правильні методи роботи, виконання пауз і фізичних вправ, а також процедур безпеки. Організації можуть проводити навчання та інформаційні тренінги, щоб підвищити свідомість та забезпечити правильну поведінку під час роботи за комп'ютером. 60 Враховуючи всі ці аспекти, створення комфортного, безпечного та здорового робочого середовища є важливим завданням як для працівників, так і для роботодавців. Захист здоров'я та добробуту працівників при роботі за комп'ютером не тільки покращує їхню якість життя, але й сприяє збільшенню продуктивності та задоволення від роботи, що має позитивний вплив на всю організацію.

4.2 Організація безпечної роботи електроустаткування задіяного при роботі системи електронного навчання

Безпечна робота електроустаткування є ключовим елементом для забезпечення стабільної та безперебійної роботи системи електронного навчання. Це включає в себе правильне проектування, встановлення, експлуатацію та обслуговування електроустаткування. Дотримання стандартів і правил охорони праці допомагає мінімізувати ризики електричних ударів, пожеж та інших небезпек. Перед встановленням електроустаткування необхідно ретельно оцінити його відповідність вимогам системи електронного навчання. Вибір обладнання повинен базуватися на таких критеріях: надійність та безпека: обладнання має відповідати стандартам якості та безпеки, мати сертифікати відповідності та бути розрахованим на довготривалу експлуатацію; відповідність технічним вимогам: обладнання повинно підтримувати необхідні технічні параметри, такі як напруга, потужність, тип з'єднання тощо; сумісність з іншими компонентами: всі компоненти системи повинні бути сумісні між собою, щоб уникнути збоїв та небезпек при експлуатації; Під час встановлення необхідно дотримуватися таких заходів безпеки: правильне заземлення: всі пристрої повинні бути заземлені відповідно до норм, щоб уникнути накопичення статичної електрики та можливості 61 удару струмом; використання захисних пристроїв: встановлення автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) та інших захисних засобів є обов'язковим для забезпечення безпеки; професійний монтаж: монтаж повинен виконуватися кваліфікованими спеціалістами з дотриманням всіх норм і правил; Для забезпечення безпечної експлуатації електроустаткування слід дотримуватися таких рекомендацій: регулярний контроль та технічне обслуговування: обладнання повинно регулярно перевірятися на наявність зношення, перегріву, пошкоджень проводів та інших дефектів. Технічне обслуговування повинно проводитися відповідно до інструкцій виробника; контроль температурного режиму: устаткування не повинно перегріватися. Необхідно забезпечити достатню вентиляцію та уникати розташування

пристроїв поблизу джерел тепла; правильне використання: обладнання має використовуватися тільки за призначенням, з дотриманням інструкцій та рекомендацій виробника; При обслуговуванні та ремонті електроустаткування необхідно дотримуватися таких заходів безпеки: відключення живлення: перед проведенням будь-яких робіт обладнання має бути відключене від джерела живлення; використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): спеціалісти повинні використовувати відповідні ЗІЗ, такі як діелектричні рукавички, килимки, інструменти з ізоляційними покриттями; дотримання процедур: всі ремонтні роботи повинні проводитися відповідно до технічних інструкцій та нормативних документів; Управління ризиками та навчання персоналу є невід'ємною частиною забезпечення безпеки електроустаткування: ідентифікація ризиків: постійний аналіз можливих ризиків та їх мінімізація є ключовим аспектом безпеки. Для цього проводяться регулярні оцінки стану обладнання та аналіз умов експлуатації; навчання та інструктаж: персонал повинен проходити регулярні навчання та інструктажі з питань безпечної роботи з електроустаткуванням. Це включає як базові знання, так і спеціальні навички для роботи з конкретними видами обладнання; 62 розробка та впровадження процедур безпеки: необхідно розробити детальні інструкції та процедури з безпеки, які повинні бути доступними для всіх працівників та регулярно оновлюватися. Таким чином, організація безпечної роботи електроустаткування задіяного при роботі системи електронного навчання вимагає комплексного підходу, що включає вибір надійного обладнання, правильне його встановлення, регулярне технічне обслуговування, навчання персоналу та управління ризиками. Дотримання цих заходів дозволяє забезпечити стабільну та безпечну роботу системи, що є критично важливим для ефективного функціонування освітнього процесу.

ВИСНОВКИ

У межах даної дипломної роботи було розроблено інтелектуальну автоматизовану систему моніторингу вологості та мікрокліматичних параметрів у закритому середовищі з використанням платформи Raspberry Pi. Система реалізована як частина концепції Інтернету речей (IoT) з можливістю дистанційного керування та передачі даних у хмарне середовище.

Апаратне забезпечення, обране для реалізації системи, включає:

мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3B+ як центральний обчислювальний модуль;

давач температури та вологості DHT22 (AM2302);

резистивний та ємнісний давачі вологості ґрунту для контролю стану зволоження субстрату;

аналогово-цифровий перетворювач MCP3008 для обробки сигналів від аналогових давачів;

релейний модуль для керування насосом;

світлодіодні фітолампи.

Програмне забезпечення реалізовано з використанням мови Python, із застосуванням таких бібліотек:

Adafruit_Python_DHT — для зчитування даних з DHT22;

NumPy — для масштабування аналогових сигналів;

ThingSpeak — для передачі даних до хмарної платформи;

вбудовані бібліотеки Raspberry Pi — для керування GPIO, SPI та реле.

Було налаштовано віддалений доступ до системи через VNC, що забезпечує повноцінне керування та моніторинг у режимі реального часу. Дані з усіх сенсорів передаються до хмарної платформи ThingSpeak, де вони візуалізуються в режимі реального часу для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Ключовими досягненнями роботи є:

створення прототипу IoT-системи моніторингу та автоматичного зрошення;

розробка алгоритму логічного керування, що базується на значеннях з двох типів датчиків вологості та враховує часові інтервали;

успішна інтеграція апаратної та програмної частин в єдину функціональну систему;

реалізація передачі даних до хмари з можливістю масштабування рішення.

Таким чином, розроблена система відповідає сучасним вимогам до автоматизації в аграрному секторі та має потенціал для подальшого розширення — як у напрямку оптимізації поливу, так і в інтеграції додаткових параметрів (освітлення, pH, рівень CO₂ тощо)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Станько А. Аналіз концепції всеосяжного інтернету – IoE / А. Станько // Матеріали X науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 7–8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 53–54.
2. Stanko, A., Mykytyshyn, A., Totosko, O., Koroliuk, R., & Duda, O. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT): Integration Challenges and Security Issues. *Ceur Workshop Proceedings*, 3842, 92–105.
3. Сидорко Ю. Д., Стухляк Д. П. Розробка та дослідження автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва цегли на базі платформи FIT // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року. 2024. С. 396–397.
4. Stukhliak, P., Totosko, O., Stukhlyak, D., Lytvynenko, I., & Vynokurova, O. (2024). Use of neural networks for modelling the mechanical characteristics of epoxy composites treated with electric spark water hammer. *Ceur Workshop Proceedings*, 3896, 405–418.
5. Stukhliak, P., Totosko, O., Stukhlyak, D., Didych, I., & Martsenyuk, V. (2024). The use of neural networks for modeling the thermophysical characteristics of epoxy composites treated with electric spark water hammer. *Ceur Workshop Proceedings*, 3742, 13–24.
6. М. Паламар, В. Нелюбін, Т. Горин, М. Труханський, П. Гіряк "Спосіб збільшення точності визначення кутової орієнтації рефлектора супутникової антенної станції за допомогою MEMS акселерометра" / М. Паламар, В. Нелюбін, Т. Горин, М. Труханський, П. Гіряк // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. Інформаційні моделі, системи та технології. – Тернопіль, 11-12 грудня 2019 р. – С. 79.

7. Черевко М. Екомоніторинг CO₂ для міст за допомогою засобів IoT / М. Черевко, О. Назаревич // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 76–77.
8. Stanko, A., Mykytyshyn, A., Holotenko, O., Lechachenko, T., & Wieczorek, W. (2024). Real-time air quality management: Integrating IoT and Fog computing for effective urban monitoring. *Ceur Workshop Proceedings*, 3742, 337–357.
9. Методика калібрування давачів DHN22 для вимірювання вологості / Ю. Скоренький, Т. Береженко, О. Данильців, Г. Шимчук // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 137.
10. Anilkumar, A. K., Joseph, A., & Paul, J. (2024). AN IoT-BASED REAL-TIME MICROCLIMATE MONITORING AND CONTROLLING SYSTEM FOR GREENHOUSE. *Environmental Engineering and Management Journal*, 23(12), 2567–2584. <https://doi.org/10.30638/eemj.2024.206>
11. Стенд візуалізації параметрів роботи систем контрольованих Raspberry Pi та Raspberry Pico / Ростислав Ігорович Королук, І. В. Булич, О. В. Смолій, Андрій Андрійович Станько // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 29-31 травня 2024 року. — Т. : ТНТУ, 2024. — С. 40.
12. Стенд управління кроковим двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi / Ростислав Ігорович Королук, І. В. Булич, А. М. Литвин, Андрій Григорович Микитишин // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 29-31 травня 2024 року. — Т. : ТНТУ, 2024. — С. 39.

13. Демків Т. М. Пакети Python для моделювання фізичних процесів / Демків Тарас Михайлович, Демків Лідія Степанівна // FOSS Lviv 2015, 23-26 квітня 2015 року — Л., 2015 — С. 21-22.
14. Любунь З. М. Використання мови Python у лабораторних практикумах пов'язаних з аналізом даних / Любунь З. М., Рабик В. Г. // FOSS Lviv 2017, 27-30 квітня 2017 року. — Львів : Т.Б. Сорока, 2017. — С. 63–65.
15. Чихіра І.В. "Програмування систем реального часу" : консп. лекц. / І. В. Чихіра , А.Г. Микитишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. - 73 с.
16. Огляд результатів використання давачів вологості, виготовлених з картонних та паперових відходів / М. Штиюк, О. Юрчик, Олег Васильович Тотосько, В. Левицький // Матеріали X науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 7–8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 146.
17. Зеленський К. К. Давачі які застосовують в розумному будинку / К. К. Зеленський, Я. В. Литвиненко // ІМСТТ, 13-14 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С. 48.
18. Influence of 2,4-diaminotoluene modifier on the physical and mechanical properties of epoxy composite coatings / Danylo Stuklyak, Anna Sapronova, Vitaliy Yatsiyk, Bogdan Gryschuk // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2018. — Vol 91. — No 3. — P. 36–45.
19. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, Н. А. Антончак. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – 320 с.
20. Хомик Н.І. Основи агрономії : курс лекцій / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, Олексюк В.П. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.
21. Скоробагатов О. Товарознавча оцінка якості ґрунту для квіткових рослин / Скоробагатов О., Носуля Є. // Матеріали III Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та

гуманітарні науки. Актуальні питання“, 23-24 квітня 2020 року. — Т. :
ТНТУ, 2020. — С. 77.