

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці  
Назва теми

КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр. назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр. назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2с-19-1

[Підпис]  
Підпис

Д. В. Шахрай  
Ініціали, прізвище

Керівник

[Підпис]  
Підпис, дата

В. М. Стецюк  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

[Підпис]  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

[Підпис]  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

« 17 » червня 2022 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Товорущенко

“ 11 ” 01 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Шахраю Дмитру Віторовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці

Керівник проекту (роботи) Стецюк Василь Миколайович, ст.викладач

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2022 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз відомих рішень

Елементарна база кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці

Вебінтерфейс кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці

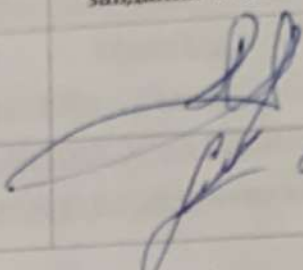

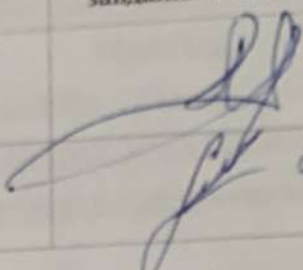

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Схема управління кіберфізичною системою крапельного зрошення

Схема кіберфізичною системою крапельного зрошення

Схема освітлення теплиці

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КШП		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КШП		

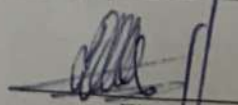
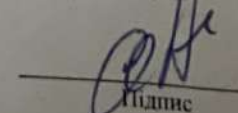
7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2022	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2022	виконано
4	Робота над розділом 2 – Елементарна база кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці	01.04.2022	виконано
5	Робота над розділом 3 – веб інтерфейс кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці	30.04.2022	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2022	виконано
7	Попередній захист ВКР	02.06.2022	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2022 року	виконано

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис  
  
Підпис

Д. В. Шахрай  
Ініціали, прізвище

В. М. Стецюк  
Ініціали, прізвище

№ ф о р м а т  
1 КвРК  
2 КвРК  
3 КвРК  
4 Ар к № доку  
5 зробив Шахрай  
6 перевір. Стецюк  
7 конпр. Лисенко  
8 Запв. Говорунський

№	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
1		КвРКІ 1901105.31.01.31 ПЗ	Текстові документи Пояснювальна записка	65		
2		КвРКІ 1901105.31.01.31 Е2	Графічні матеріали Схеми управління автоматичним поливом	1		
3		КвРКІ 1901105.31.01.31 Е2	Послідовності дій алгоритму відправки даних АМ3220	1		
4		КвРКІ 1901105.31.01.31 Е2	Послідовності дій алгоритму відправки операційного автомату даних MQ-2	1		

КвРКІ 1901105.31.01.31 ВП

Зм	Ар к	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Шахрай		17.6.22
Перевір.		Стецюк		17.6.22
Н. контр.		Лисенко		
Запв.		Говорушечко		

Відомість проекту

Літера	Аркуш	Аркушів
У	1	1

ХНУ, КІ2с-19-1

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
1 1. АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ.....	6
1.1 Концепція крапельного зрошення.....	6
1.2 Функціонування системи крапельного поливу.....	8
1.3 Системи фільтрації.....	9
1.4 Платформа Raspberry Pi.....	12
1.5 Висновок.....	16
2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ТЕПЛИЦІ.....	17
2.1 Основи функціонування кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці.....	17
2.2 Вибір елементної бази.....	18
2.3 Висновок.....	44
3 ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ТЕПЛИЦІ.....	45
3.1 Застосування фреємворку для побудови веб-інтерфейсу Node-RED.....	45
3.2 Алгоритми для створення крапельного зрошення.....	52
3.3 Інтерфейс кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці.....	53
3.4 Налаштування Weaved на Raspberry Pi.....	55
ВИСНОВКИ.....	62
Додаток А Копія схеми управління автоматичним поливом.....	63
Додаток Б Копія послідовності дій алгоритму відправки даних AM3220.....	64
Додаток В Копія послідовності дій алгоритму відправки даних MQ-2.....	65

КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ

Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Шахрай Д. В.		14.06.20	Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці			
Перевір.		Стецюк В. М.		20.06.20				
Н.контр.		Лисенко						
Затвер.		Говзруцький						

ХНУ, КІ2с-19-1

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач.

ОЗУ - Оперативна пам'ять.

ПО – програмне забезпечення.

GPIO - інтерфейс введення / виводу загального призначення.

JSON – запис об'єктів

JavaScript.

SoC – Операційний центр безпеки.

RPi – Raspberry Pi

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

Вибір правильної системи поливу є життєво важливим для росту ваших рослин. У теплиці не можна покладатися на дощ. Отже, ви хочете, щоб ваші рослини отримували ідеальну кількість води.

Існує кілька систем поливу, вибір з яких може бути складним. Вам потрібно вибрати тип, який найкраще відповідає вашим потребам. Це включає розмір вашої теплиці, тип рослин і те, скільки часу ви маєте інвестувати в садівництво.

Почнемо з самого початку. Найкращий спосіб вибрати правильну систему поливу теплиці — дізнатися про кожен варіант, який у вас є. Таким чином ви зможете побачити, які з них (не) підходять для вашої ситуації. Які існують типи зрошувальних систем? Розмірковуючи, який спосіб поливу вибрати у своїй теплиці, слід дізнатися про переваги та недоліки кожного з них. Таким чином ви зможете побачити, який з них задовольнить ваші потреби в поливі та потреби вашої рослини.

Вода є ключовим фактором успіху будь-якого тепличного проекту. Враховуючи обмеженість ґрунтового буфера, системи зрошення теплиць і системи фертигації мають вирішальне значення для якості та врожайності вашого врожаю.

Коли фрукти, овочі або рослини у ваших теплицях чи розсадниках вимагають не менше ніж 100% рівномірного розподілу води та поживних речовин, самоочисні крапельниці є найкращою системою поливу теплиць, яка гарантує високу продуктивність для ваших дорогоцінних інвестицій.

Також важливою складовою для якісного функціонування теплиці є якісна фільтрація води для систем поливу. Обробка поливної води – це стратегія управління ризиками, яка має бути в кожній теплиці. Однак, перш ніж вибрати свою систему очищення води, ми повинні зрозуміти якість джерела води, варіанти очищення, які відповідають цільовій задачі, а також сумісність системи з методами роботи та персоналом.

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

## 1 1. АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ

### 1.1 Концепція крапельного зрошення

Для більшого розуміння різниці в існуючих зрошувальних системах, потрібно провести порівняння типу їх дії та ефективності. Зважаючи на потреби та можливості створити робочу модель кіберфізичної системи крапельного зрошення в теплиці.

Системи крапельного поливу.

Лотки з самополивом і капілярні килимки. Це, мабуть, самий нескладний спосіб поливу, який все-таки вимагає певної ручної роботи. Вони є прекрасним вибором для невеликих теплиць і початківців квітників. Це також може бути ідеальним методом поливу для рослин, яким не подобається вода, що надходить згори (наприклад, орхідеї).

Лотки з самоналивом забезпечують постійну подачу води знизу. У них є водний відсік, який виділяє вологу в ґрунт і висаджені рослини, якщо є вода представлено на рисунку 1.1. Деякі з них мають капілярний килимок, який поглинає воду і повільно виділяє її. Рослини в горщиках можна помістити на цей вологий килимок і мати доступ до води, коли їм це потрібно. Чорні самополивні лотки для посівного матеріалу в рядках з проростаючими Самополивні лотки

Ця система поливу сприяє глибшим кореням, оскільки їх джерело води знаходиться знизу. Капілярне покриття та самополивні лотки створюють вологу атмосферу, яка сприяє росту рослин і економить воду. Поки у вашій водоймі є вода, всі рослини залишаться зволженими. Поповнення резервуарів проводиться щотижня. Це робить його одним з найдешевших варіантів обслуговування, доступних для виробників-любителів. Системи крапельного поливу варіюються від високоякісних і керованих комп'ютером до простих низькотехнологічних з інтенсивною працею. Відносно низький тиск необхідний для більшості типів систем мікро-зрошення. Систему можна спланувати з однорідністю в межах поля або для точного відведення води до окремих рослин на полі, що містить суміш типів рослин.

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5



Рисунок.1.1 – Крапельна система поливу.

- 1) Плюси системи крапельного поливу:
- 2) Економить час і енергію;
- 3) Доступний і економний;
- 4) Легко налаштувати;
- 5) Забезпечує постійне водопостачання;
- 6) Сприяє кращому розвитку коренів і росту рослин;
- 7) Знижує ризики захворювань рослин.

Мінуси системи крапельного поливу:

- 1) Не всі рослинні середовища є хорошим вибором для цієї системи поливу
- 2) У капілярних килимках можуть рости водорості, які можуть привабити комарів
- 3) Рослинам все ще може знадобитися дозування води зверху, щоб вимити добрива
- 4) Не автоматика, яка працює сама по собі (все одно потрібно заправляти вручну)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

## 1.2 Функціонування системи крапельного поливу.

Вода по краплі розподіляється по активній кореневій зоні рослин. Цей метод, якщо керувати належним чином, може бути найбільш ефективним способом зрошення, оскільки стік і випаровування значно зменшуються. Крапельне зрошення в сучасному сільському господарстві часто інтегрується з використанням поліетиленового покриття що показано на рисунку 1.2, що ще більше зменшує випаровування, а також є методом доставки добрив до рослин. Цей процес називається фертигацією (добриво + зрошення).



Рисунок 1.2 – Процес фертигації

Незважаючи на те, що регулювати тиск води на крутих схилах складно, це регулюється за допомогою комп'ютерних випромінювачів (компенсатори тиску), тому крапельні системи можуть впоратися, за допомогою цього ви можете працювати з нерівними поверхнями.

Регулювання тиску води та фільтрація для видалення шкідливих частинок є основними в будь-якій крапельній системі. Трубки крапельних систем зазвичай чорні, але є також коричневі, сині і навіть білі трубки. Деякі крапельні трубки закопують під землю або мульчу, щоб запобігти росту водоростей і захистити поліетилен від руйнування через ультрафіолетове випромінювання. Іноді система

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

крапельного поливу також може представляти собою пористу глиняну посудину, вставлену в ґрунт і періодично заповнювану зі шланга або лійки. Успішні фермери по всьому світу використовують крапельні системи для зрошення практично будь-якої інтенсивної культури або рослин.

Найновіша технологія крапельного зрошення – ефективний лабіринт, що веде воду в комірку регулювання потоку, де спеціальна діафрагма компенсує потік і підтримує стабільну швидкість потоку при змінному тиску на вході. Крапельна лінія IG hydrops має високу стійкість до засмічення. Вхідний фільтр крапельниці, розташований ближче до центру трубки, гарантує відмінну постійну обробку промивання. Відносно малий діаметр крапельної лінії покращує ефективність крапельного поливу. Зменшить затримку води в системі, спричиняючи менший час заправки з меншим надлишковим зливом води, на недбалих ділянках, відсутність надмірного зволоження води в нижній частині поля. Конкурентоспроможна низька вартість і велика економія на об'ємі та вазі транспортування. Застосування для гідрокомп'ютерів: всі види сільськогосподарських культур на схилій місцевості. Або там, де довгострокові крапельні лінії є обов'язковими, подивіться наш розділ проектування систем поливу.

### 1.3 Системи фільтрації

Виробники визнають, що високоякісна вода приносить істотну користь у багатьох, можливо, більшості сфер виробництва. Вода є одним з найбільших витрат за обсягом і є найбільш широко застосовуваним, тому має сенс, що його покращення вплине майже на кожен аспект виробництва. І цей вплив часто негативний, тому велика увага в галузі приділяється ремонту води, а це необхідно. Але багато виробників також починають усвідомлювати, що можна багато чого отримати, покращивши якість їхньої поливної води, а не просто вирішити проблеми. Насправді вони дізналися, що найбільшу віддачу приносять додаткові переваги постачання їх рослинам води найвищої якості.

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

Розробка та впровадження успішної системи очищення води, яка не тільки вирішує проблеми, але й принесе додаткові переваги, вимагає уваги до деталей у кількох сферах. Існує багато міркувань щодо розробки ефективного плану очищення води та отримання належним чином розробленої системи очищення води.

Успішна і повністю ефективна система очищення зрошувальної води завжди буде складатися з кількох функцій і завжди повинна вирішувати принаймні три ключові проблеми.

Джерела постачання води.

Кожне джерело води, будь то колодязь, поверхневі води чи міське водопостачання, створює певні проблеми. Багато методів очищення можна успішно використовувати для очищення води безпосередньо на джерелі або з нього. Основною функцією тут є зменшення або видалення надлишку твердих частинок, патогенів і шкідників, таких як водорості. Першою функцією в роботі з джерелом води завжди повинна бути фільтрація. На ефективність практично кожної системи, що знаходиться нижче за течією, впливає кількість органічних і неорганічних частинок, що надходять до неї або через неї. Видалення якомога більшої частини цього матеріалу, наскільки це можливо, перед тим, як перейти до інших систем, майже завжди дешевше, ніж вирішення додаткових витрат або проблем, які виникають через погано фільтровану воду. Ці проблеми включають системи дезінфекції, які не можуть належним чином продезінфікувати, забиті порти для введення добрив і кислоти, забруднені датчики ЕС та рН, забруднені клапани та забиті випромінювачі.

Загалом, чим тонша фільтрація, тим краще. Використовуйте найкращу фільтрацію, яку може дозволити ваш капітальний бюджет або ви можете фінансувати, безумовно, не менше 50 мікрон, і досягайте 5 мікрон, якщо можете. Це окупиться в довгостроковій перспективі. Очевидно, що тип і вартість необхідної фільтрації будуть залежати від джерела води, але чим більше потрібно відфільтрувати, тим вигідніше буде фільтрація. Тільки після того, як вода буде належним чином відфільтрована, лише тоді її можна буде економічно ефективно дезінфікувати з розумною ефективністю. Справді, якщо вода недостатньо

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

фільтрована, не турбуйтеся з дезінфекцією; ви будете витратити більше грошей, ніж необхідно, і отримуватимете менше результатів, ніж ви платите. Коли справа доходить до дезінфекції вихідної води на цьому етапі, існує багато доступних варіантів, оскільки зазвичай є більше часу на контакт, перш ніж вода потрапить до рослин, а з планктонною формою мікробів на цьому етапі легше впоратися, як і буде. Таким чином, різні форми хлору, перекису водню, теплової пастеризації, озону, діоксиду хлору, ультрафіолетового світла та інших можуть бути ефективними для зменшення патогенів на цьому етапі. І чим краще попередня фільтрація, тим менша кількість необхідна для виконання роботи.

Вода, що виходить з труби, колодязя, струмка або ставка, була відфільтрована та продезінфікована, а потім, якщо потрібно, ви направляєте її через свій пристрій RO, в неї вводять кислоту для регулювання рН та вводять добрива; потім він спрямовується до системи трубопроводів для доставки на заводи. У нас добре, правда? Не так швидко, найбільша проблема лежить в очікуванні внизу за течією.

#### Здоров'я рослин

Нарешті підходимо до справжньої суті всієї мети очищення води, в першу чергу, здорових рослин. Більшість причин є очевидними для того, чому здорова рослина важлива, але часто не приділяється належного значення власної здатності рослини захищатися від атак патогенів і наступних атак деяких шкідників. Здорова рослина, яка функціонує на вершині своєї гри, є першим і найкращим захистом від проблем, будь то вода, ґрунт чи повітря. Вони менш сприйнятливі до інфекції, менш привабливі для шкідників і більш стійкі, щоб пережити успішні атаки.

Деякі хімічні речовини, включаючи хлор і діоксид хлору, є токсичними для більшості рослин на відносно низьких рівнях, рівнях, як правило, близьких до концентрації, необхідної для впливу на дезінфекцію та знищення біоплівки. Ці ж хімічні речовини також починають напружувати кореневу систему більшості рослин на рівнях, які значно не відповідають концентрації, необхідної для дезінфекції. Інші окислювачі, включаючи озон і перекисень, здатні підвищувати рівень розчиненого кисню у воді, що доставляється до кореневої системи, тим

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

самим покращуючи засвоєння рослинами води та поживних речовин і сприяючи розвитку більш здорової рослини.

На завершення, розробка належної системи очищення води, яка забезпечуватиме воду найвищої якості на ваші рослини, принесе переваги в усій вашій роботі. Краще проростання, швидке вкорінення, більше кореневої маси, здоровіші рослини, стійкіші до хвороб, менше хвороб, менше використання хімічних речовин, швидша обробка та триваліший термін зберігання в роздрібній торгівлі – все це продемонстровані результати високоякісної води.

#### 1.4 Платформа Raspberry Pi

Raspberry Pi — це назва серії одноплатних комп'ютерів, виготовлених Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi був запущений в 2012 році, і з тих пір було випущено кілька ітерацій і варіацій. Оригінальний Pi мав одноядерний процесор з частотою 700 МГц і лише 256 МБ оперативної пам'яті, а остання модель має чотириядерний процесор з тактовою частотою понад 1,5 ГГц і 4 ГБ оперативної пам'яті. Ціна Raspberry Pi завжди була нижче 100 доларів США (зазвичай близько 35 доларів США), зокрема Pi Zero, який коштує всього 5 доларів.

У всьому світі люди використовують Raspberry Pi для вивчення навичок програмування, створення апаратних проектів, автоматизації дому, впровадження кластерів Kubernetes і Edge обчислень і навіть використання їх у промислових додатках.

Raspberry Pi — це дуже дешевий комп'ютер, який працює під керуванням Linux, але він також забезпечує набір контактів GPIO (загального призначення введення/виведення), що дозволяє керувати електронними компонентами для фізичних обчислень та досліджувати Інтернет речей (IoT).

Які моделі Raspberry Pi були випущені?

Було багато поколінь лінійки Raspberry Pi: від Pi 1 до 4 і навіть Pi 400 . Загалом існувала модель А та модель В більшості поколінь. Модель А була менш дорогим варіантом і, як правило, мала меншу кількість оперативної пам'яті та менше портів (наприклад, USB та Ethernet). Pi Zero є додатковим продуктом

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

оригінального покоління (Pi 1), зробленим ще меншим і дешевшим. Ось список наразі:

- 1) Pi 1 Model B (2012)
- 2) Pi 1 Model A (2013)
- 3) Pi 1, модель B+ (2014)
- 4) Pi 1, модель A+ (2014)
- 5) Pi 2 Model B (2015)
- 6) Pi Нуль (2015)
- 7) Pi 3 Model B (2016)
- 8) Pi Zero W (2017)
- 9) Pi 3, модель B+ (2018)
- 10) Pi 3, модель A+ (2019)
- 11) Pi 4 Model A (2019)
- 12) Pi 4 Model B (2020)
- 13) Pi 400 (2021)

Що таке Raspberry Pi Foundation.

Raspberry Pi Foundation працює над тим, щоб передати можливості обчислювальної техніки та цифрового виробництва в руки людей у всьому світі. Він робить це, надаючи недорогі високопродуктивні комп'ютери, які люди використовують для навчання, вирішення проблем і розваги. Він забезпечує інформаційно-роз'яснювальну роботу та освіту, щоб допомогти більшій кількості людей отримати доступ до комп'ютерів та цифрового виробництва — він розробляє безкоштовні ресурси, щоб допомогти людям дізнатися про комп'ютери та створювати речі за допомогою комп'ютерів, а також готує викладачів, які можуть направляти інших людей до навчання.

Code Club і CoderDojo є частиною Raspberry Pi Foundation, хоча ці програми не залежать від платформи (вони не прив'язані до обладнання Raspberry Pi). Raspberry Pi Foundation просуває ці клуби та допомагає розвивати мережу по всьому світу, щоб забезпечити кожній дитині доступ до вивчення комп'ютерів. Аналогічно, Raspberry Jams — це події, орієнтовані на Raspberry Pi, для людей

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

різного віку, які збираються разом, щоб дізнатися про Raspberry Pi та поділитися ідеями та проектами.

Raspberry Pi працює в екосистемі з відкритим кодом: на ньому працює Linux (різноманітні дистрибутиви), а його основна підтримувана операційна система, Pi OS, є відкритим вихідним кодом і запускає набір програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом. Raspberry Pi Foundation робить внесок у ядро Linux та різні інші проекти з відкритим вихідним кодом, а також випускає більшу частину власного програмного забезпечення з відкритим кодом. Схеми Raspberry Pi що зображена на рисунку 1.3 та 1.4 регулярно випускаються як документація, але плата не є відкритим апаратним забезпеченням. Raspberry Pi Foundation покладається на прибуток від продажу одиниць Raspberry Pi для здійснення своєї благодійної роботи в галузі освіти.

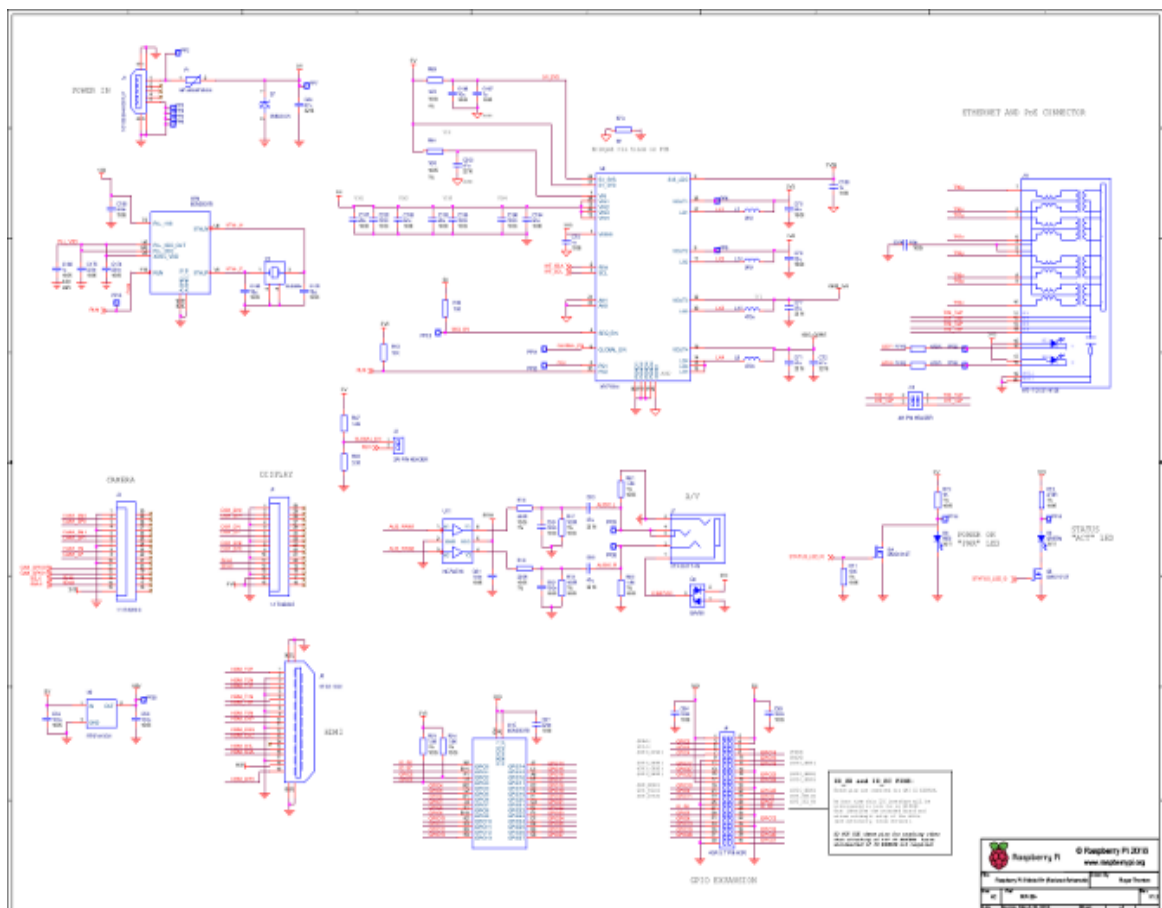


Рисунок 1.3 – Схема Raspberry Pi

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Raspberry Pi може відкрити для вас можливості для створення власних проектів домашньої автоматизації, що популярно серед людей у спільноті з відкритим кодом, оскільки дає вам контроль, а не використовує закриту систему

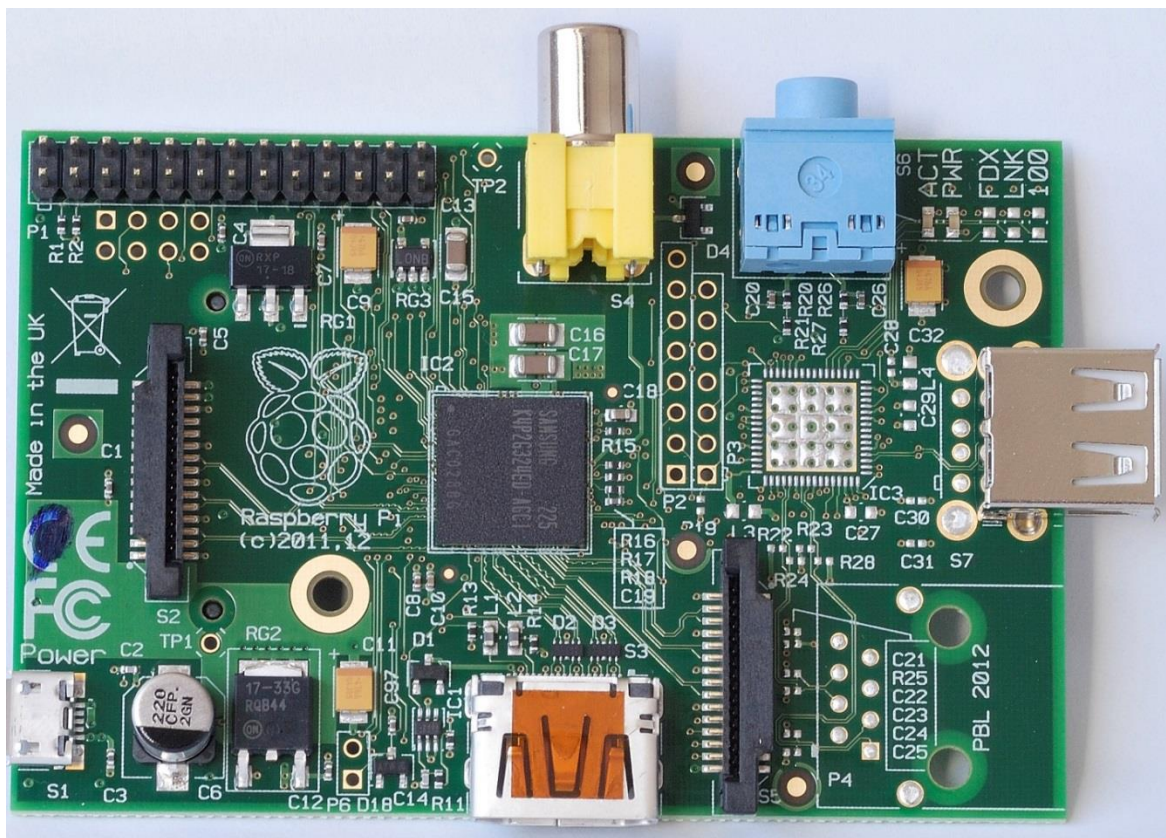


Рисунок 1.4 – Вигляд Raspberry Pi

Основні функції Raspberry Pi моделі А включають:

- Пам'ять SDRAM 256 Мб.
- Один USB-роз'єм 2.0.
- Двоядерний мультимедійний співпроцесор Video Core IV.
- HDMI (версії 1.3 і 1.4) Композитний відеовихід RCA (PAL і NTSC).
- Роз'єм 3,5 мм, HDMI, аудіо вихід.
- Слот для карт SD, MMC, SDIO на бортовому накопичувачі.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

## 1.5 Висновок

Було проведено аналіз відомих рішень що до концепції крапельного зрошення та функціонування кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиць. Проаналізовано доступні системи фільтрації.

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

## 2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ТЕПЛИЦІ

2.1 Основи функціонування кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці

Використання штучного середовища для вирощення рослин сприяє круглорічній урожайності.

Для створення сприятливих умов у теплиці та підтримання внутрішньої екосистеми використовують спроектовані для цього проекти, схема крапельного зрошення наведена на рисунку 2.2.

Для високої урожайності слід контролювати вологість, температуру, якісь та період освітлення. Щоб автоматизувати роботу теплиці, потрібно зчитувати та аналізувати данні отримані з датчиків у теплиці.

Для цього використаємо мікроконтролер Raspberry Pi, BH1750 – зчитувач освітлення, зчитувач тиску BMP180, зчитувач температури та вологості повітря AM2320, аналого-цифровий датчик ADS1115, зчитувач температури земельного покриву DS18B20, зчитувач вологості землі. Moisture sensor, зчитувач газу mq-2 gas, Raspberry Pi Camera Board. Для отримання та зчитування інформації з датчиків у теплиці використаємо Node-RED.

Для отримання статичного IP адресу потрібно використати Weave, а також використати функцію потоків, що дозволить обмінюватись даними з відповідними пристроями, зв'язок між мобільним додатком та сервером, та для передачі даних.

Схема керування зрошувальною системою представлена на рисунку 2.1

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

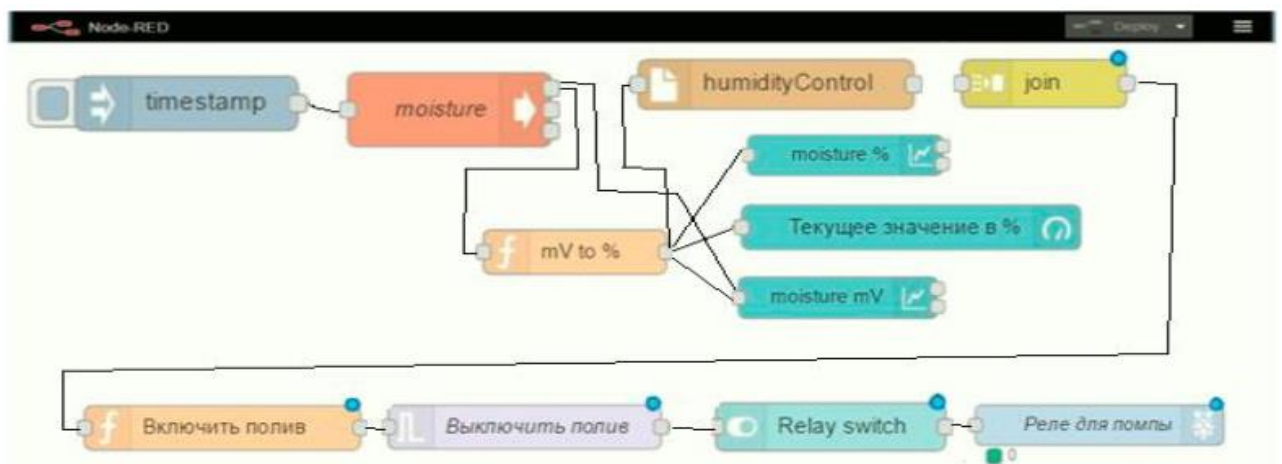


Рисунок 2.1 – Схема керування зрошувальною системою

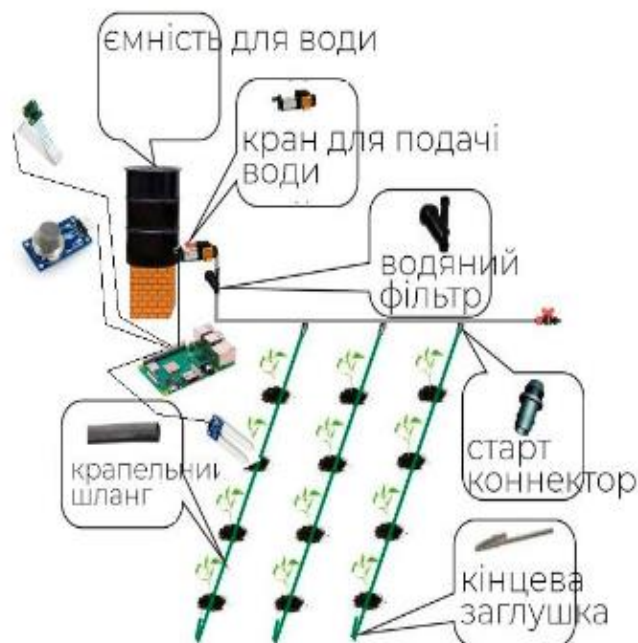


Рисунок 2.2 – Схема крапельного зрошення

## 2.2 Вибір елементної бази

Враховуючи створену схему автоматичного зрошення, задля високої продуктивності вибрано:

ВН1750 – датчик освітлення зображено на рисунку 2.3

Датчик освітлення GY-302 на базі ВН1750 застосовується для визначення фонового освітлення. ВН1750 (16bit) визначник параметрів освітлення (люксметр)

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

в якому застосовується інтерфейс I2C. Цей датчик ідеально підходить для визначення даних про навколишнє освітлення. На цьому датчику розміщений фотодіод який визначає інтенсивність світла , потім перетворює ці данні у вхідну напругу використовуючи операційний підсилювач. У ВН1750 застосовується внутрішня логіка яка позбавляє нас від використання складних математичних операцій, тому що інформація одразу одається у люксах (лк).



Рисунок 2.3 – Датчик ВН1750

Регулювання освітленості є важливою складовою при проектуванні «Розумної теплиці».

Схема підключення ВН1750 до RPi зображена на рисунку 2.4, а опис контактів зображений на таблиці 2.1

Зручним у використанні у Arduino являється аналоговий фоторезистор, який вміє змінювати свій опір в залежності від якості освітлення, але його якість невисока.

Тому було використано датчик освітлення GY-302 на базі ВН1750.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

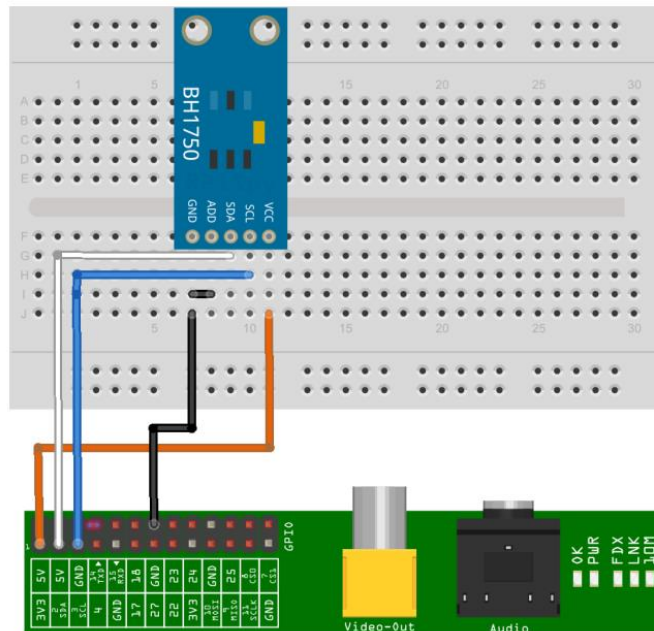


Рисунок 2.4 – Схема підключення BH1750 до RPi

Таблиця 2.1 – Контакти датчика BH1750

Вивід		Опис
1	VCC	Живлення
2	GND	Земля
3	SCL	Лінія тактування (Serial clock)
4	SDA	Лінія даних (Serial Data)
5	ADDR	Вибір адреси

Технічні характеристики GY-302 (BH1750):

- 1) Напруга живлення – 5 В;
- 2) Інтерфейс: I2C;
- 3) Чіп: BH1750FVI;
- 4) АЦП: 16 біт;
- 5) Точність: 1 люкс;
- 6) Чутливість: 65 536 градацій;
- 7) Калібрування: не потрібно;

8) Розміри: 19 x 13 x 2 мм;

Режими вимірювання :

Датчик підтримує два різних режими вимірювання: режим безперервного вимірювання та режим одноразового вимірювання.

Кожен режим підтримує три різні режими роздільної здатності це зображено на таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Режими вимірювання

Режим низької роздільної здатності	Точність 4 люкс	Час вимірювання 16 мс
Режим високої роздільної здатності	Точність 1 люкс	Час вимірювання 120 мс
Режим високої роздільної здатності 2	Точність 0,5 люкс	Час вимірювання 120 мс

У режимі безперервного вимірювання датчик постійно вимірює значення навколишнього освітлення. У режимі одноразового вимірювання датчик вимірює значення зовнішнього освітлення один раз, а потім переходить у режим вимкнення живлення.

Встановлення бібліотеки BH1750 Існує кілька бібліотек для зчитування з датчика BH1750 що показано на рисунку 2.7

Вирішено використовувати бібліотеку BH1750 Крістофера Лоуза . Він сумісний з ESP32, ESP8266 і Arduino. Відкрийте IDE Arduino і перейдіть до Sketch > Include Library > Manage Libraries .

Менеджер бібліотеки має відкритися. Знайдіть у вікні пошуку « BH1750 » та встановіть бібліотеку BH1750 від Крістофера Лоуза .

Код – Зчитування датчика зовнішнього освітлення BH1750 показано на рисунку 2.6 Цей код просто зчитує навколишнє освітлення в люксах і відображає значення на послідовному моніторі.

Це приклад коду з бібліотеки під назвою BH1750test (доступ до нього можна отримати в меню Файл > Приклади > BH1750 > BH1750test.

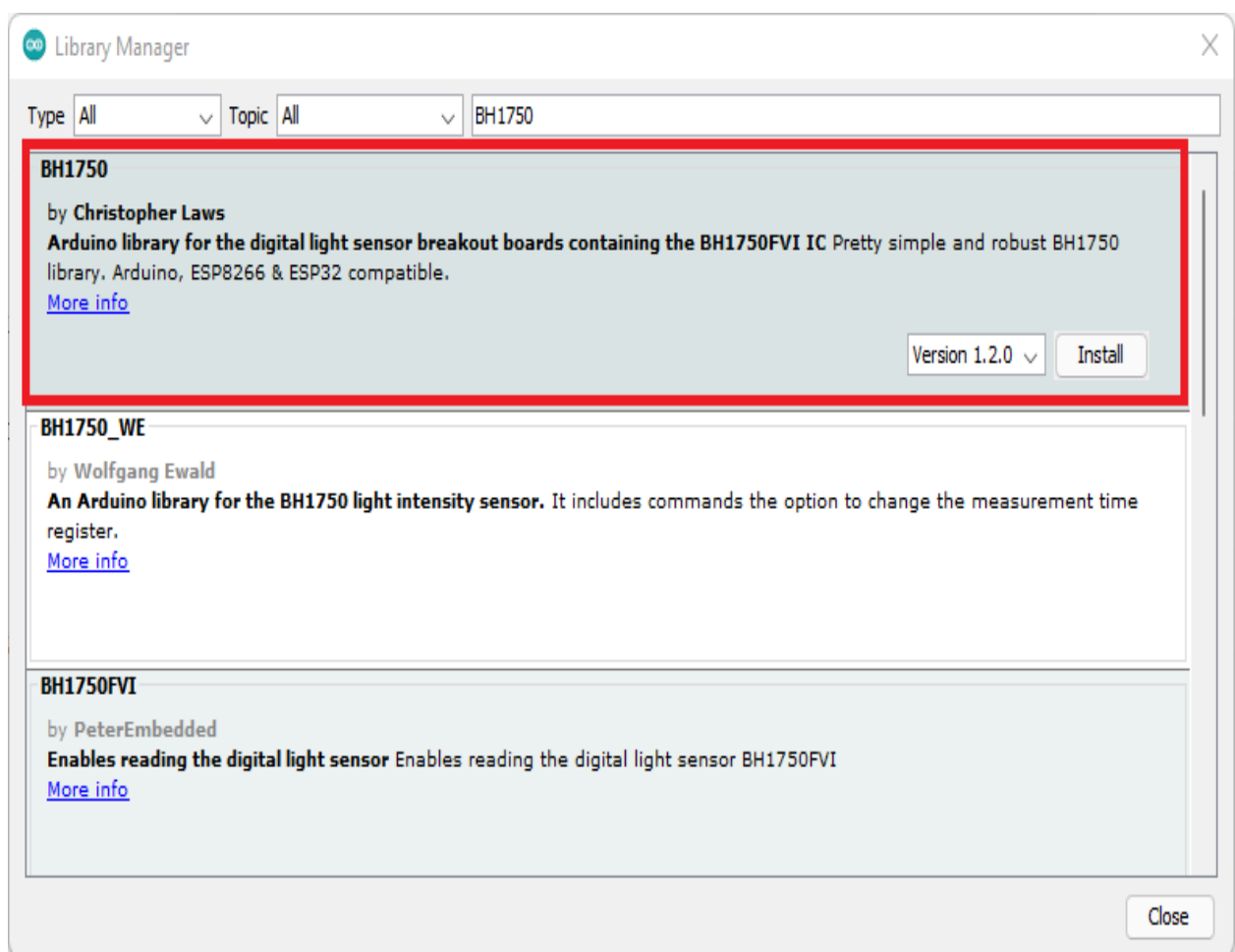


Рисунок 2.5 – Встановлення бібліотеки BH1750

Тепер ми можемо завантажити код на свою дошку. Спочатку підключити плату до комп'ютера.

Потім перейти до Інструменти > Плата та виберіть плату Arduino, яку ви використовуєте.

Перейти до Інструменти > Порт і вибрати COM-порт, до якого підключена наша плата.

Натиснути кнопку завантаження. Кнопка завантаження Arduino 2.0

Після успішного завантаження коду відкрити послідовний монітор зі швидкістю 9600. Нові показники яскравості повинні бути надруковані в послідовному моніторі. Приклад роботи наведено на рисунку 2.7

```

#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>

BH1750 lightMeter;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  // Initialize the I2C bus (BH1750 library doesn't do this automatically)
  Wire.begin();
  // On esp8266 you can select SCL and SDA pins using Wire.begin(D4, D3);
  // For Wemos / Lolin D1 Mini Pro and the Ambient Light shield use Wire.begi

  lightMeter.begin();

  Serial.println(F("BH1750 Test begin"));
}

void loop() {
  float lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print("Light: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx");
  delay(1000);
}

```

Рисунок 2.6 – Код зчитування датчика

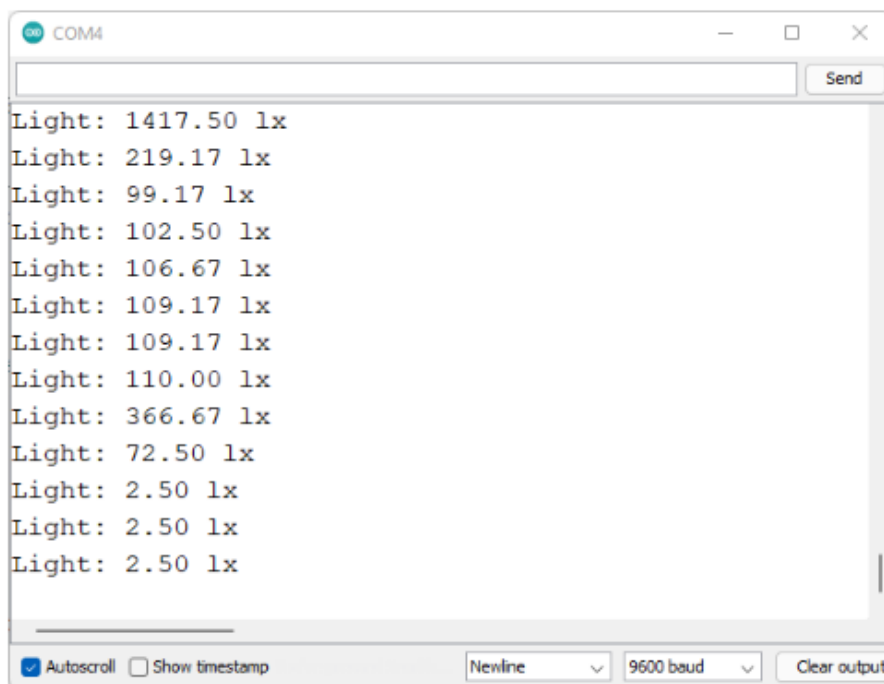


Рисунок 2.7 – Приклад роботи.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

BMP180 - це цифровий датчик барометричного тиску, датчик компанії Bosch Sensortec, з дуже високою продуктивністю, що дозволяє використовувати його у сучасних мобільних пристроях, таких як смартфони, планшетні ПК, його зображено на рисунку 2.8, а також схема його підключення на рисунку 2.9.

Він слідує за BMP085, відносно він має менший розмір та розширений цифровий інтерфейс.

Наднизьке енергоспоживання до 3 мкА робить BMP180 лідером в галузі енергозбереження. BMP180 також відзначається дуже стабільною поведінку (продуктивністю) незалежно від напруги живлення.

Технічні характеристики BMP180:

- діапазон вимірювань: 300 - 1100 гПа (9000 ... -500 метрів над рівнем моря)
- пропускну здатність: 0.03 гПа / 0.25 м
- діапазон виміру температур: -40 to + 85 ° C (точність ± 2 град)
- управління по шині I2C
- напруга живлення: 2 - 5В



Рисунок 2.8 – BMP180 цифровий датчик барометричного тиску

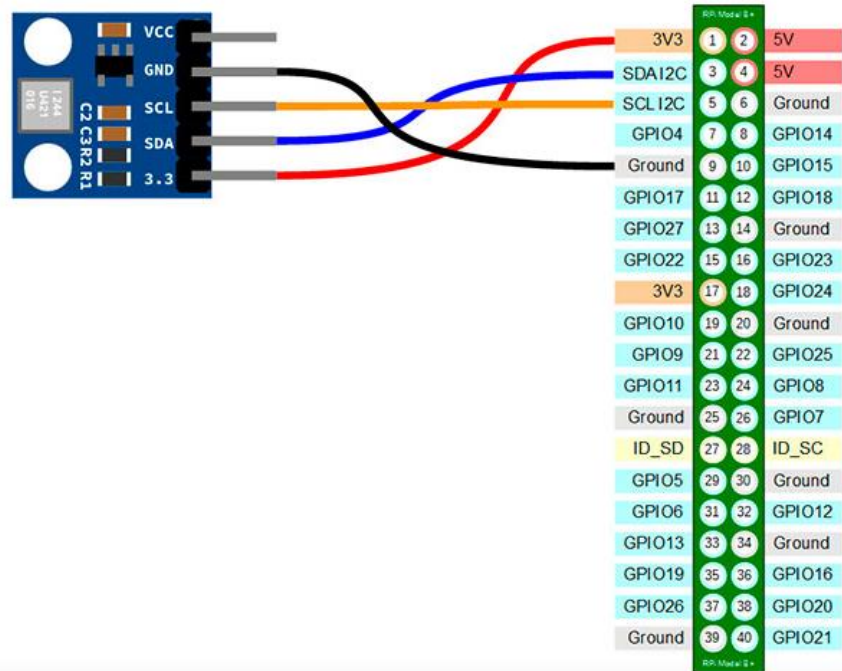


Рисунок 2.9 – Схема підключення BMP180 до RPi

Встановлення бібліотеки Arduino Бібліотеки — це набір програмних функцій, призначених для досягнення однієї мети, наприклад, зв'язку з певним пристроєм. Ми написали бібліотеку Arduino під назвою SFE\_BMP180, яка дозволяє легко спілкуватися з датчиком BMP180. Ця бібліотека не входить до стандартного програмного забезпечення Arduino, але не хвилюйтеся, інстальювати нові бібліотеки легко.

Встановлення бібліотеки SFE\_BMP180. У Arduino версії 1.6 і вище є інструменти, які допоможуть нам встановити бібліотеки. Спочатку завантажимо останню бібліотеку BMP180: Тепер відкриємо Arduino IDE і виберемо у меню Sketch / Include library / Add .ZIP Library. Відкриється запитувач файлів. Перейдемо до файлу "BMP180\_Breakout\_Arduino\_Library-master.zip", який щойно завантажили, і натиснемо кнопку "Відкрити". Бібліотека буде встановлена та готова до використання.

Запуск прикладу ескізу Бібліотека зображено на рисунку 2.10, яку віми щойно встановили, містить два приклади ескізів, які показують основну роботу BMP180. Вони створені як креслення, які допоможуть нам написати власний код. Після встановлення бібліотеки запусимо Arduino IDE і відкриємо наступний пункт

меню: Файл / Приклади / Sparkfun BMP180 / SFE\_BMP180\_example. (Якщо не бачимо цього пункту меню, можливо, встановили бібліотеку неправильно або не перезапустили Arduino IDE. Ще раз подивимось на сторінку встановлення бібліотеки, щоб перевірити, чи не пропустили якісь кроки.)

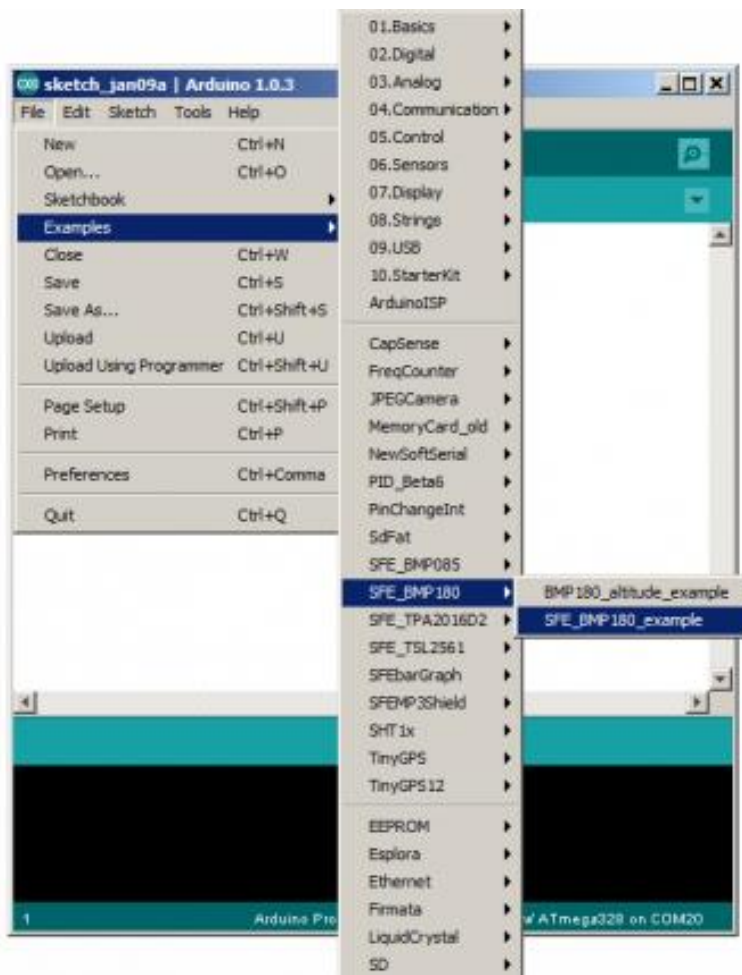
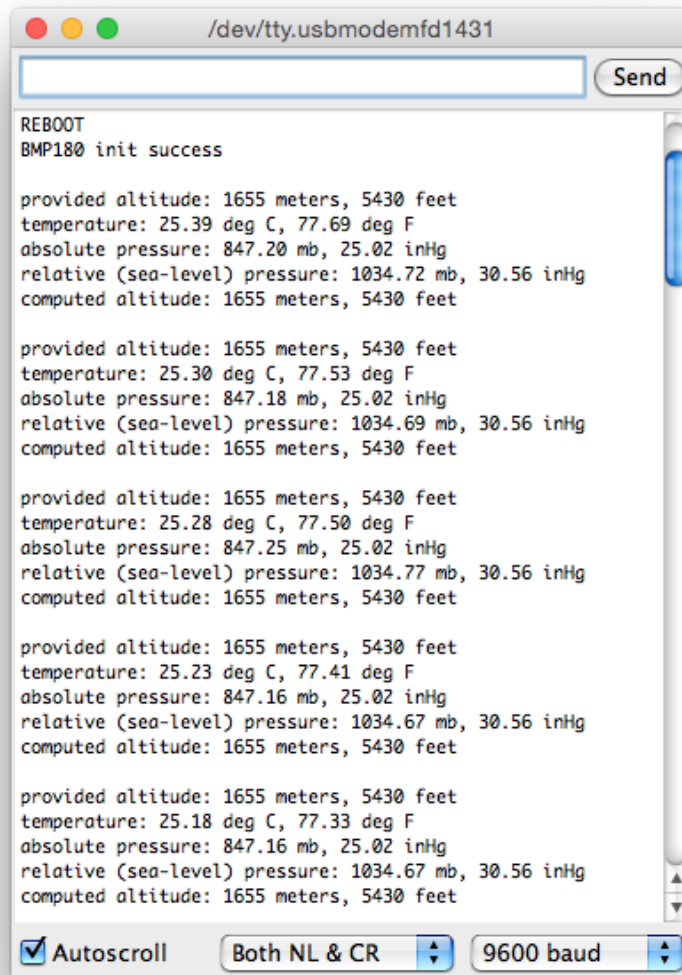


Рисунок 2.10 – Запуск ескізу

Коли відкриється приклад, завантажимо його на свій Arduino і відкриємо послідовний монітор до 9600.

Повинна відображатись деяка діагностична інформація що на рисунку 2.11, а потім показання тиску. Щоб дізнатися більше про тиск, дивимось наступний розділ «Вимірювання погоди та висоти». Показання у нашому терміналі повинні виглядати приблизно так, з даними, більш відповідними нашому поточному місцезнаходженню.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

A terminal window titled "/dev/tty.usbmodemfd1431" with a "Send" button. The output shows a "REBOOT" message followed by "BMP180 init success". Below this, five identical blocks of sensor data are displayed. Each block contains: "provided altitude: 1655 meters, 5430 feet", "temperature: 25.39 deg C, 77.69 deg F", "absolute pressure: 847.20 mb, 25.02 inHg", "relative (sea-level) pressure: 1034.72 mb, 30.56 inHg", and "computed altitude: 1655 meters, 5430 feet". The terminal also has a scroll bar on the right and a control bar at the bottom with "Autoscroll" checked, "Both NL & CR" selected, and "9600 baud" set.

```
REBOOT
BMP180 init success

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 25.39 deg C, 77.69 deg F
absolute pressure: 847.20 mb, 25.02 inHg
relative (sea-level) pressure: 1034.72 mb, 30.56 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 25.30 deg C, 77.53 deg F
absolute pressure: 847.18 mb, 25.02 inHg
relative (sea-level) pressure: 1034.69 mb, 30.56 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 25.28 deg C, 77.50 deg F
absolute pressure: 847.25 mb, 25.02 inHg
relative (sea-level) pressure: 1034.77 mb, 30.56 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 25.23 deg C, 77.41 deg F
absolute pressure: 847.16 mb, 25.02 inHg
relative (sea-level) pressure: 1034.67 mb, 30.56 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet

provided altitude: 1655 meters, 5430 feet
temperature: 25.18 deg C, 77.33 deg F
absolute pressure: 847.16 mb, 25.02 inHg
relative (sea-level) pressure: 1034.67 mb, 30.56 inHg
computed altitude: 1655 meters, 5430 feet
```

Рисунок 2.11 – Показання терміналу

Створення власних ескізів. Коментарі та код у прикладі ескізу повинні допомогти нам розпочати написання власних ескізів. У багатьох випадках має бути можливість скопіювати та вставити приклад коду у свій власний ескіз. Вимірювання погоди та висоти BMP180 був розроблений для точного вимірювання атмосферного тиску. Атмосферний тиск змінюється як в залежності від погоди, так і від висоти; Ви можете виміряти обидва з цього датчика.

#### Температурні ефекти

Оскільки температура впливає на щільність газу, а щільність впливає на масу газу, а маса впливає на тиск, атмосферний тиск буде різко змінюватися з температурою. Пілоти знають це як «висоту щільності», що полегшує зліт у

холодний день, ніж у спекотний, оскільки повітря більш щільне і має більший аеродинамічний ефект. Для компенсації температури BMP180 містить досить хороший датчик температури, а також датчик тиску. Щоб виконати вимірювання тиску, спочатку виміряєте температуру, а потім об'єднуєте це з необробленим показником тиску, щоб отримати остаточне вимірювання тиску з компенсацією температури.

#### Вимірювання абсолютного тиску.

Як щойно згадувалось, якщо наша програма вимагає вимірювання абсолютного тиску, все, що нам потрібно зробити, це отримати показання температури, а потім виконати вимірювання тиску. Остаточне значення тиску буде в гПа = мбар. Якщо ви бажаєте, ви можете конвертувати це в іншу одиницю, використовуючи наведені вище коефіцієнти перетворення. Зауважимо, що абсолютний тиск атмосфери буде змінюватися в залежності як від нашої висоти, так і від поточних погодних умов, які корисні для вимірювання.

На що слід звернути увагу Дайте йому потрібну напругу: BMP180 працюватиме на напрузі від 1,8 В до 3,6 В. Рекомендовано працювати з напругою 3,3 В. Ніколи не підключайте роз'єм «+» до напруги вище 3,6 В! . Зауважте, що безпечно підключити висновки SCA і SDL до порту I 2 C на 5 В Arduino, оскільки підтягуючі резистори на платі BMP180 будуть підтримувати напругу нижче 3,6 В. Дайте йому повітря: пам'ятайте, що BMP180 потребує доступу до навколишнього повітря для вимірювання тиску, тому не кладіть його в герметичний футляр. Забезпечення невеликого вентиляційного отвору має бути достатнім. Але не надто багато повітря: з іншого боку, вплив швидкого повітря або вітру може викликати миттєві зміни тиску, які вплинуть на ваші показання. Захищайте пристрій від сильних повітряних потоків. Зберігайте його прохолодним: оскільки для вимірювання тиску необхідні точні показники температури, намагайтеся не піддавати пристрій швидким змінам температури та тримайте його подалі від гарячих частин поблизу та інших джерел тепла. Тримайте його сухим: BMP180 чутливий до вологи. Не занурюйте його і не допускайте контакту з рідкою водою. Не засліплюйте його: як не дивно, кремній в BMP180 чутливий до світла, яке

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

може потрапити в пристрій через отвір у верхній частині чіпа. Для максимальної точності захистіть чіп від навколишнього світла.

Датчик температури та вологості AM2320 зображено на рисунку 2.12

AM2320 включає ємнісний датчик вологості та інтегровані високоточні пристрої вимірювання температури.

Завдяки цьому ви зможете отримати точну інформацію про температуру та вологість.

У режимі I2C: датчик підключається до arduino по апаратній шині I2C, при цьому висновки SDA і GND потрібно підтягнути до Vcc через підтягуючі резистори 10 кОм. Довжина кабелю, що рекомендується: до 20м. при Vcc = 5В, до 1м. при Vcc = 3,3В.

У режимі 1-Wire: інформаційний висновок SDA датчика підключається до будь-якого цифрового виводу arduino (датчик працює як DHT22), при цьому висновок SDA потрібно підтягнути до Vcc через резистор підтягує 5,1 кОм, а висновок SCL з'єднати з GND. Довжина кабелю, що рекомендується: до 30м. при Vcc = 5В, до 1м. при Vcc = 3,3В.

Характеристики:

- 1) Інтерфейс: I2C.
- 2) Живлення: 3,1...5,5 (номінально 5В).
- 3) Струм: В режимі очікування: 8 ... 10 мкА.
- 4) У режимі вимірювання: 350 мкА, піковий до 950 мкА.
- 5) Вимірювання температури: Допустимий діапазон: -40°C .. 80°C.
- 6) Максимальна похибка  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .
- 7) Роздільна здатність шкали:  $0,1^\circ\text{C}$ .
- 8) Максимальна похибка:  $\pm 3\%$  при  $t=25^\circ\text{C}$
- 9) Роздільна здатність шкали: 0.1%
- 10) Мінімальний час між зчитуваннями показань: 2 с.
- 11) Габарити : 30x30x6, 5 мм Вага: 4 гр.

Сфери застосування :

Вентиляційні системи, кондиціонери, осушувачі, тестування і перевірка обладнання, споживчі товари, автомобільна промисловість, автоматизація,

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

реєстратори даних, метеорологічні станції, побутова техніка, контроль вологості, медицина та інші.

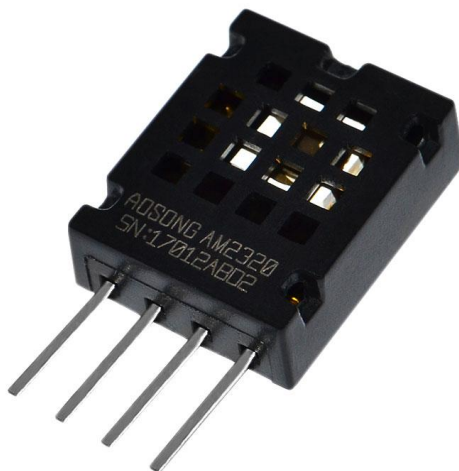


Рисунок 2.12 – Датчик температури та вологості AM2320

Модуль на базі мікросхеми ADS1115 – це чотириканальний 16-бітний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) з можливістю отримання до 860 вимірів напруги за секунду. Управління та отримання даних здійснюється по шині I2C.

Встановлення необхідних бібліотек Arduino на рисунку 2.13, 2.14 та 2.15

Щоб встановити ці бібліотеки, потрібно перейти до Інструменти > Керування бібліотеками (Ctrl + Shift + I у Windows) у IDE Arduino .

Менеджер бібліотек відкриє та оновить список встановлених бібліотек.

Тепер потрібно знайти « adafruit unified sensor » і знайти бібліотеку Adafruit Unified Sensor. Вибрати останню версію, а потім натиснути Встановити.

Приклад коду датчика температури та вологості AM2320 Arduino зображено 2.16 Наведений нижче приклад коду можна використовувати для отримання показань температури та вологості з датчика та відображення результатів у послідовному моніторі Arduino IDE.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

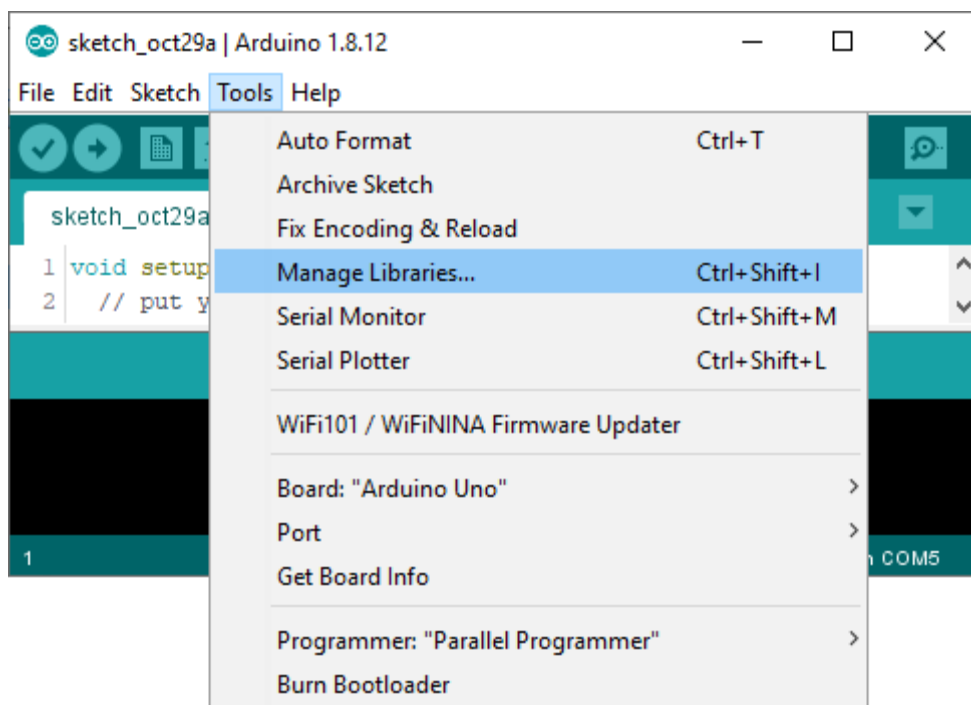


Рисунок 2.13 – Встановлення бібліотек

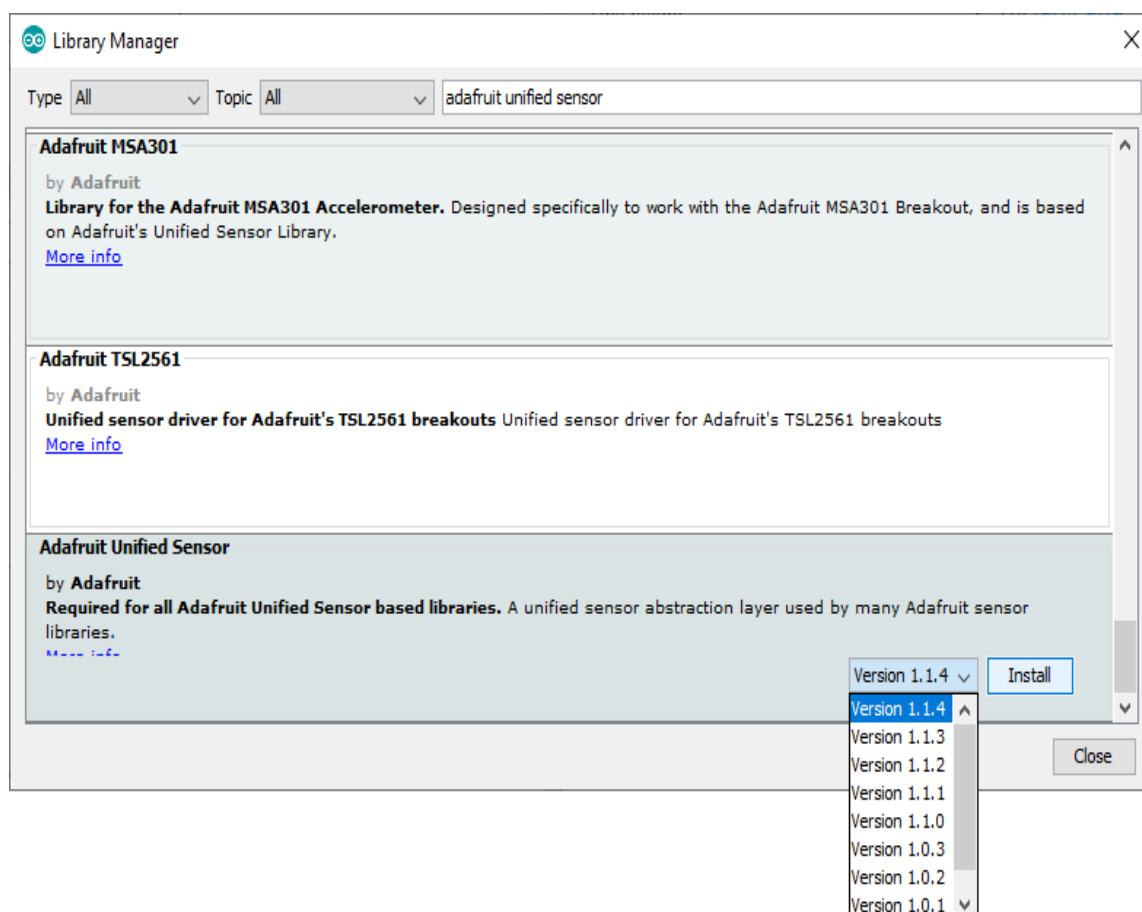


Рисунок 2.14 – Встановлення бібліотеки

Таким же чином встановимо бібліотеку датчиків Adafruit AM2320 .

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

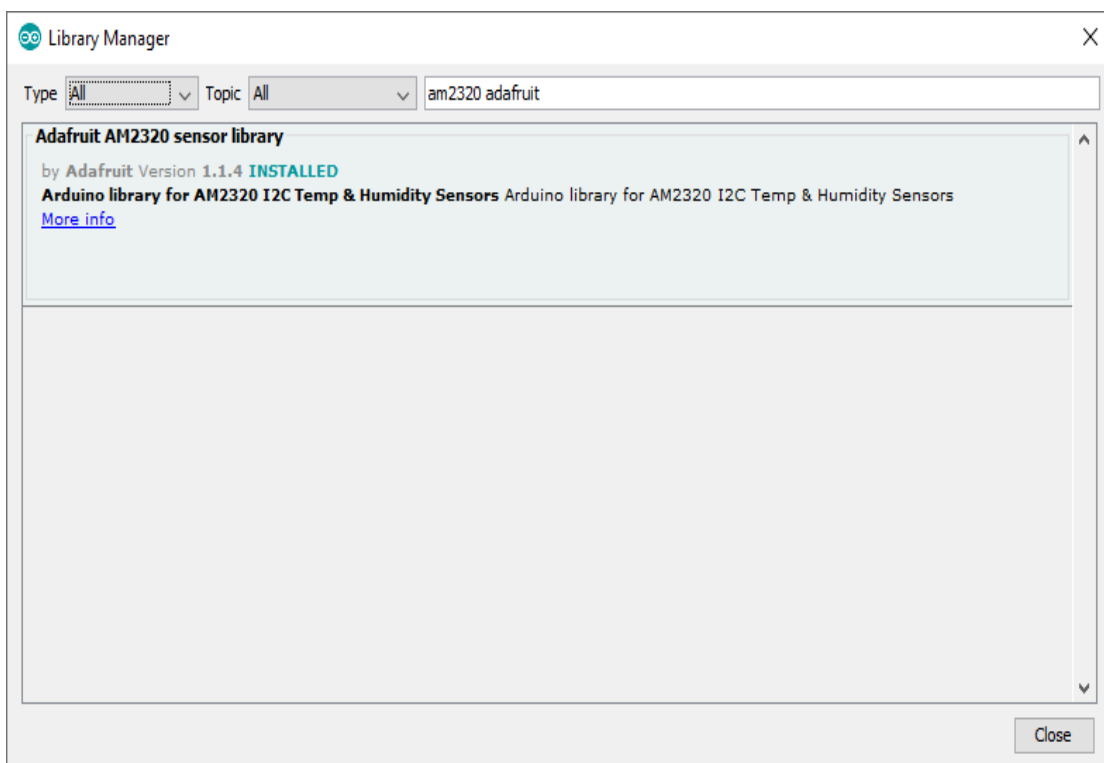


Рисунок 2.15 – Встановлення бібліотек Adafruit AM2320

```

/* Приклад коду для датчика температури та вологості AM2320 I2C з Arduino.

// Включити необхідні бібліотеки:
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_AM2320.h>

// Створіть новий екземпляр класу Adafruit_AM2320:
Adafruit_AM2320 AM2320 = Adafruit_AM2320();

void setup() {
  // Почніть послідовний зв'язок зі швидкістю 9600 бод:
  Serial.begin(9600);

  // Налаштувати датчик:
  AM2320.begin();
}

void loop() {
  // Читаємо температуру та вологість:
  float tempC = AM2320.readTemperature();
  float tempF = tempC * 1.8 + 32; // перетворення Цельсій у Фаренгейт
  вологість float = AM2320.readHumidity();

  // Роздрукувати температуру та вологість у послідовному моніторі:
  Serial.print("Температура: ");
  Serial.print(tempC);
  Serial.print(" \xC2\x80"); // показує символ ступеня
  Serial.print("C | ");
  Serial.print(tempF);
  Serial.print(" \xC2\x80"); // показує символ ступеня
  Serial.println("F");
  Serial.print("Вологість: ");
  Serial.print(вологість);
  Serial.println(" %RH");

  // Зачекайте 2 секунди між зчитуваннями:
  затримка (2000);
}

```

Рисунок 2.16 – Приклад коду програми

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

АЦП ADS1115 може працювати у режимі вимірювання чотирьох окремих каналів або двох диференціальних що зображено на рисунку 2.17.

Також в даному АЦП є програмно-керований підсилювач сигналів (PGA), який дозволяє посилювати вхідні сигнали з необхідним коефіцієнтом (максимальний коефіцієнт посилення =16), завдяки цьому можна вимірювати низьку напругу в повному 16-бітному розширенні.

У модулі можливе апаратне встановлення однієї з 4 можливих адрес I2C (відповідно на одну I2C шину можна підключити до 4 таких плат), для цього потрібно з'єднати пін ADDR з відповідним виходом.

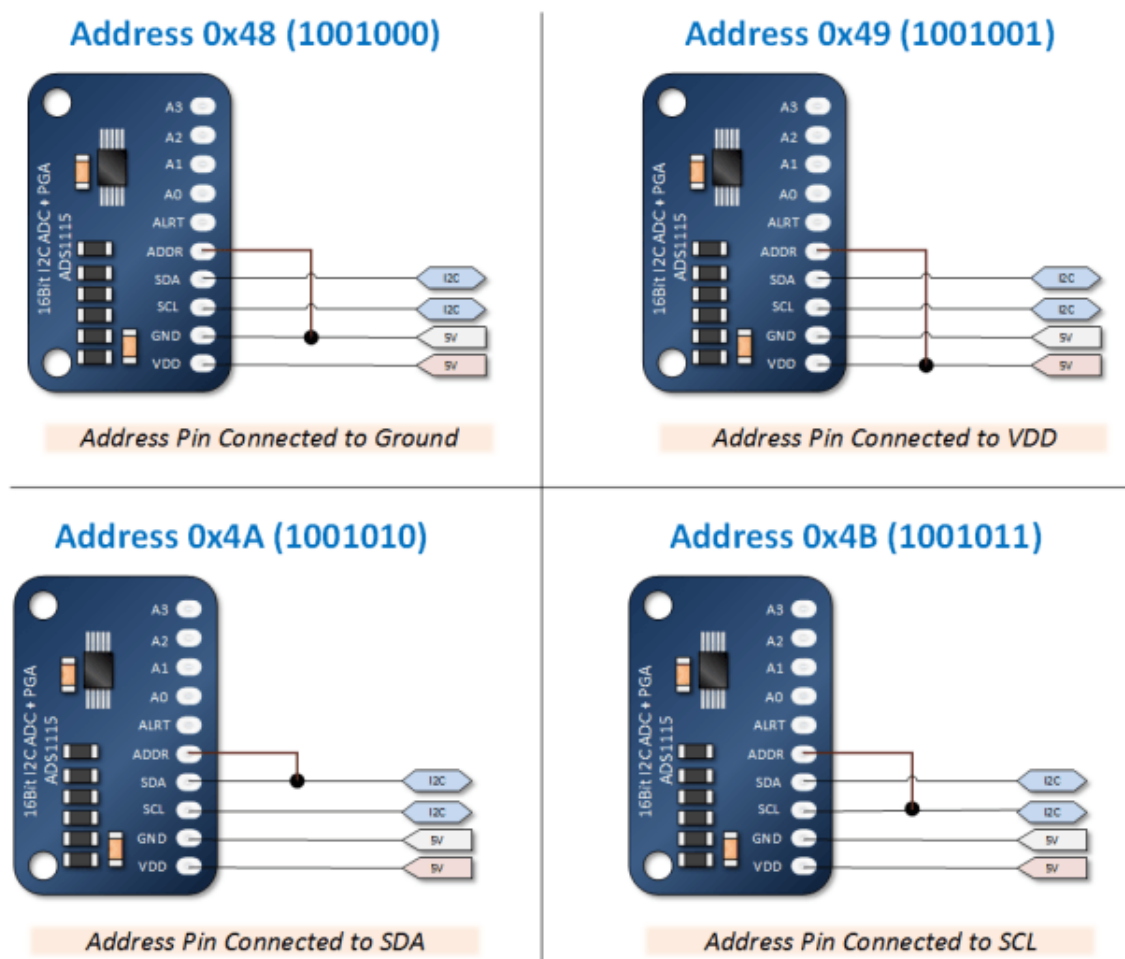


Рисунок 2.17 – Схеми підключення ADS1115

Характеристики:

Модель: ADS1115\_ADC\_module

Робоча напруга: 2.0 - 5.5

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Інтерфейс керування: I2C

Споживаний струм: менше 1 мА

Діапазон робочих температур:  $-40^{\circ}\text{C}..+125^{\circ}\text{C}$

Розмір: 23x17 мм

Герметичний датчик температури DS18B20 зображено на рисунку 2.18 а його схема підключення на рисунку 2.19

Цей датчик температури базується на популярній мікросхемі DS18B20. Він дозволяє визначити температуру навколишнього середовища в діапазоні від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$  та отримувати дані у вигляді цифрового сигналу з 12-бітною роздільною здатністю по 1-Wire протоколу. Цей протокол дозволить підключити величезну кількість таких датчиків, використовуючи всього 1 цифровий порт контролера, і лише 2 дроти для всіх датчиків: землі та сигналу. У цьому випадку застосовується так зване "паразитне харчування", при якому датчик отримує енергію прямо з лінії сигналу. Кожен датчик має унікальний прошитий на виробництві 64-бітний код, який може використовуватися мікроконтролером для спілкування з конкретним сенсором на загальній шині. Код окремого сенсора може вважатися окремою командою.

У постійній пам'яті DS18B20 можна зберегти граничні значення температури, при виході з яких сенсор переходить в режим тривоги. На загальній шині з багатьох сенсорів мікроконтролер може відразу дізнатися, які з них перейшли в цей режим. Таким чином стає легко визначити проблемну ділянку в контрольованому середовищі.

Роздільна здатність показань налаштовується і може становити від 9 до 12 біт. Менша роздільна здатність — вища швидкість перетворення.

Характеристики:

- 1) Діапазон температур, що вимірюються:  $-55...+125^{\circ}\text{C}$
- 2) Точність:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (у межах  $-10...+85^{\circ}\text{C}$ )
- 3) Час отримання даних: 750 мс при 12-бітному дозволі; 94 мс при 9-бітній роздільній здатності
- 4) Напруга живлення: 3-5,5 В
- 5) Споживаний струм при бездіяльності: 750 нА

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		33

б) Споживаний струм при опитуванні: 1 мА.

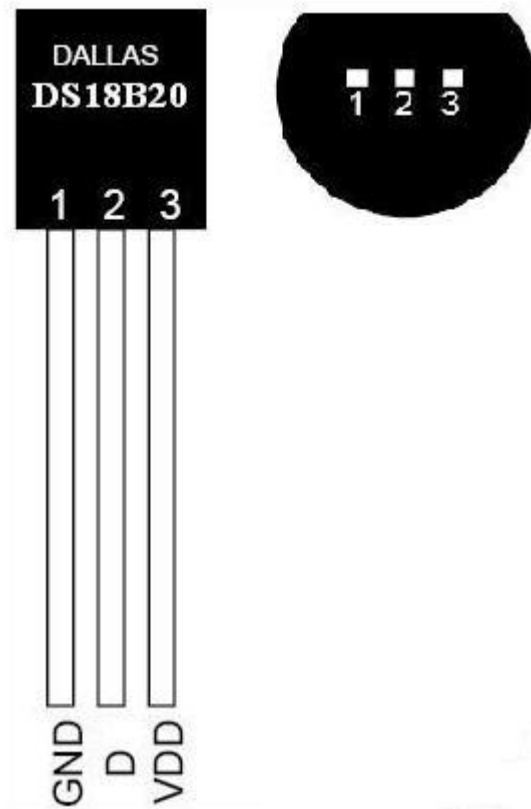


Рисунок 2.18 – Герметичний датчик температури DS18B20

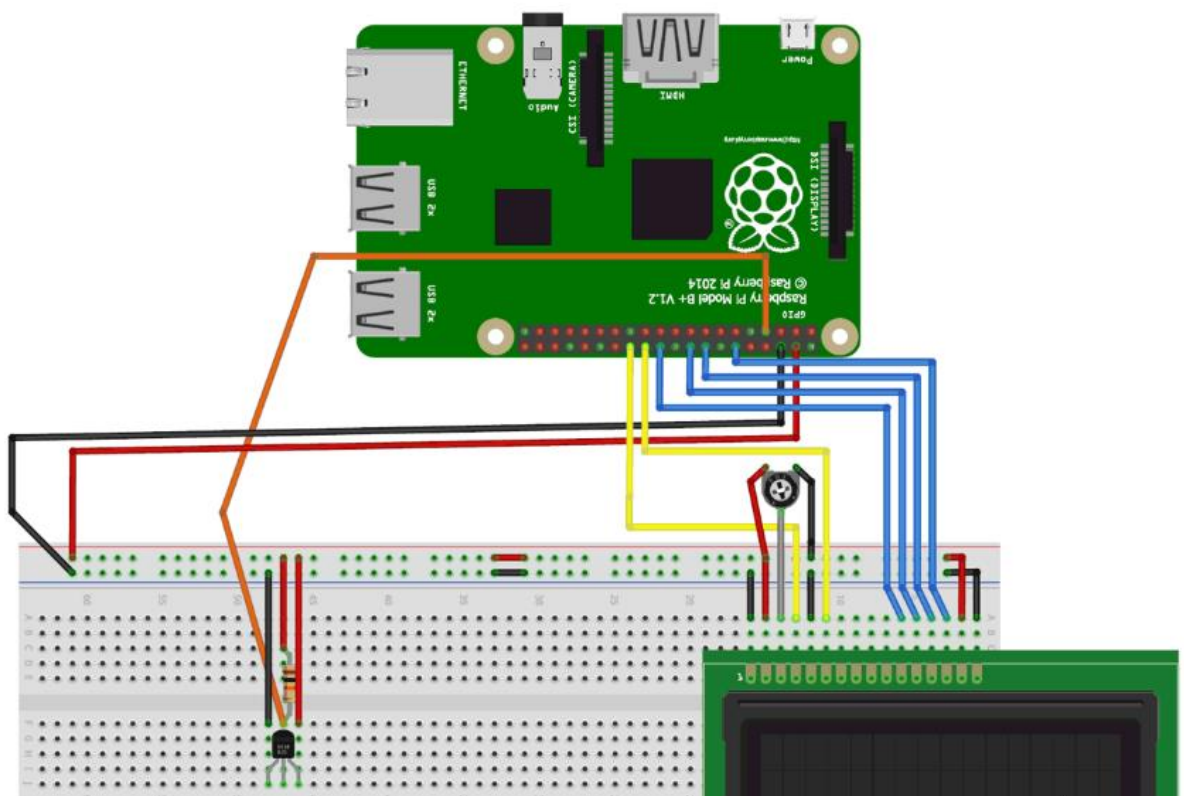


Рисунок 2.19 – Схема підключення DS18B20 до RPi

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ

Арк.

34

Датчик газу MQ-2.

MQ-2 є одним із найбільш часто використовуваних датчиків газу із серії датчиків MQ зображений на рисунку 2.20. Це датчик газу типу метал-оксид-напівпровідник (МОП, MOS), також відомий як хімічний резистор, оскільки виявлення працює за допомогою зміни чутливого опору матеріалу, коли газ вступає в контакт з цим матеріалом. Використовуючи простий ланцюг дільника напруги, можна виміряти концентрацію газу. Датчик газу MQ-2 працює при постійній напрузі 5 і споживає близько 800 мВт. Він може виявляти концентрації LPG (зрідженого нафтового газу), диму, алкоголю, пропану, водню, метану та чадного газу від 200 до 10000 ppm (мільйонних часток).

Вибір режиму живлення нагрівача

У сенсорі передбачено два режими роботи, що перемикаються джампером.

Нагрівач датчика постійно увімкнений. Таким чином, можна обійтися одним трипровідним шлейфом.

Управління нагрівачем програмне забезпечення.

Контакти підключення трипровідних шлейфів

1 група

Сигнальний (S) — Вихідний сигнал детектора. Підключіть до аналогового входу мікроконтролера.

Живлення (V) — Живлення датчика. З'єднайте з робочою напругою мікроконтролера.

Земля (G) — З'єднайте з піном мікроконтролера GND.

2 група

Сигнальний (E) — Керування живленням нагрівача. Підключіть до цифрового піна мікроконтролера.

Живлення (H) — Живлення нагрівача. З'єднайте з піном 5V

Земля (G) — З'єднайте з піном GND мікроконтролера.

Діапазон вимірювань:

- Пропан: 200-5000 ppm

- Бутан: 300-5000 ppm

- Метан: 500-20000 ppm

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- Водень: 300-5000 ppm

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: 5 В

- Опір навантаження: 20 кОм

- Опір нагрівача: 33 Ом  $\pm 5\%$

- Споживана потужність:  $< 800$  мВт

- Опір чутливості: 10 кОм – 60 кОм

- Вимірювання концентрації: 200 – 10000 ppm

- Час розігріву більше: 24 годин



Рисунок 2.20 – Датчик газу MQ-2

Датчик вологості ґрунту Moisture sensor.

Датчик вологості ґрунту який зображений на рисунку 2.21 призначений для визначення вологості землі, дозволяючи дізнатися про недостатнє або надмірне поливання рослин (розумний полив). Модуль складається з двох частин: контактної щупа YL-69 та датчика YL-38. Між двома електродами щупа YL-69

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

створюється невелика напруга. Якщо ґрунт сухий, опір великий і струм буде меншим. Якщо земля волога - опір менший, струм - трохи більше.

За підсумковим аналоговим сигналом можна судити про рівень вологості. Щуп YL-69 з'єднаний з датчиком YL-38 по двох дротах. Датчик YL-38 має чотири контакти для підключення до мікроконтролера.

Можна отримувати аналогове та цифрове значення рівня вологості, використовуючи відповідні контакти.

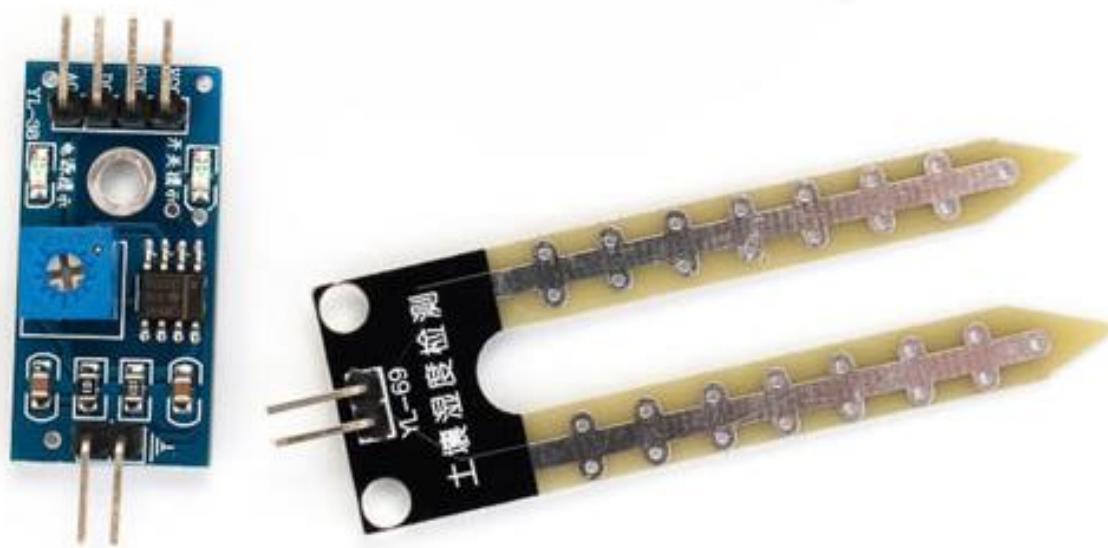


Рисунок 2.21– Датчик вологості ґрунту Moisture sensor

Калібрування датчика.

Додаткова процедура калібрування.

Зазвичай не потрібно виконувати нове калібрування при використанні датчика вологості ґрунту. Датчик вологості ґрунту має збережене калібрування, яке дає хороші результати. Якщо, однак, необхідні дуже точні показання, рекомендується калібрування з використанням зразка ґрунту, який потрібно виміряти. Нижче описано два методи. Метод 1 швидший і простіший, але потенційно менш точний, ніж метод 2.

Метод калібрування 1: двоточкове калібрування

Це швидший і простіший із двох методів, але потенційно менш точний.

Просушіть ґрунт у сушарці при 105°C протягом 24 годин.

Придбайте водонепроникний контейнер, достатньо великий, щоб повністю вставити датчик, залишаючи принаймні 2 см з усіх боків. Пластикова коробка для взуття або подібне підійде добре.

Коли охолоне, розбийте великі грудки, поки вся земля не пройде через 5-міліметрову сітку.

Підключіть датчик вологості ґрунту до інтерфейсу та запустіть програму збору даних.

Насипте ґрунт у контейнер і розташуйте датчик, як показано. Зубці повинні бути орієнтовані горизонтально, але повернуті на бік – як ніж, готовий різати їжу – щоб вода не збиралася на плоскій поверхні зубців.

Натискайте пальцями на ґрунт уздовж сенсора. Продовжуйте ущільнювати ґрунт навколо датчика, натискаючи на ґрунт пальцями, доки не зробите п'ять проходів уздовж датчика.

Додайте більше ґрунту поверх ущільненого ґрунту, щоб датчик був заглиблений принаймні на 3 см нижче поверхні ґрунту.

Знову утрамбуйте ґрунт стиснутим кулаком.

Введіть процедуру калібрування вашої програми. Збережіть цю першу точку калібрування та призначте значення 0. Це означає 0% об'ємного вмісту води.

Витягніть датчик із ґрунту.

Визначте приблизний об'єм використаного ґрунту. Це можна зробити, упакувавши його у велику градуйовану склянку.

Поверніть ґрунт у калібрувальний контейнер.

Отримайте об'єм дистильованої води, що дорівнює 45% об'єму ґрунту. Якщо, наприклад, ви використали 3500 мл ґрунту, ви отримаєте 1575 мл дистильованої води.

Додайте в ґрунт дистильовану воду і добре перемішайте.

Розташуйте датчик у вологому ґрунті, знову переконавшись, що датчик повністю закритий і що між ґрунтом і датчиком немає зазорів.

Збережіть цю другу точку калібрування, призначивши їй значення 45. Це становить 45% об'ємного вмісту води.

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
						38
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Тепер ваш датчик відкалібровано для цього типу ґрунту. Якщо ви використовуєте Logger Pro 3, ви можете зберегти калібрування безпосередньо на сенсорі. Якщо ні, ви можете записати значення калібрування для подальшого використання.

Метод калібрування 2: багатоточкове калібрування

Цей метод більш точний, але вимагає більше часу та зусиль, ніж метод 1.

Отримайте і пронумеруйте 12 сушильних банок. Банки повинні витримувати температуру 105°C в сушильній печі.

Зважте і запишіть масу кожної банки.

Підготуйте сухий ґрунт, розбивши великі грудки, доки вся земля не пройде через

5-міліметрову сітку. Примітка : ґрунт має бути досить сухим, але для цього методу його не потрібно сушити в духовці.

Придбайте водонепроникний контейнер, достатньо великий, щоб повністю вставити датчик, залишаючи принаймні 2 см з усіх боків. Пластикова коробка для взуття або подібне підійде добре.

Підключіть датчик вологості ґрунту до інтерфейсу та запустіть програму збору даних.

Насипте ґрунт у контейнер, розташуйте датчик, як показано. Зубці повинні бути орієнтовані горизонтально, але повернуті на бік – як ніж, готовий різати їжу – так, щоб вода не збиралася на плоскій поверхні зубців.

Натискайте пальцями на ґрунт уздовж сенсора. Продовжуйте ущільнювати ґрунт навколо датчика, натискаючи на ґрунт пальцями, доки не зробите п'ять проходів уздовж датчика.

Додайте більше ґрунту поверх ущільненого ґрунту, щоб датчик був заглиблений принаймні на 3 см нижче поверхні ґрунту.

Знову утрамбуйте ґрунт стиснутим кулаком.

Введіть калібрувальну частину програми збору даних і запишіть показання напруги з датчика. Примітка . У цьому методі вхід до частини програми калібрування використовується лише для отримання необроблених показань

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

напруги з датчика. Ви не будете виконувати типові калібрування за 2 точками в програмному забезпеченні.

Використовуйте інструмент для ґрунтового ядра, щоб взяти три об'ємні зразки ґрунту, що прилягають до датчика.

Повністю вставте циліндр для відбору проб у ґрунт.

Видаліть серцевину ґрунту.

Викласти серцевину в банку для сушки.

Зважте і зафіксуйте масу банки плюс ґрунт.

Повторіть кроки a–d для двох додаткових зразків керна.

Витягніть датчик із ґрунту.

Виберіть стандартний об'єм дистильованої води, який підвищить вміст води на 3-10% для кожного вимірювання. Якщо ви не впевнені в кількості води, яку потрібно додати, виміряйте об'єм ґрунту, який ви використовуєте. Використовуйте об'єм дистильованої води, що дорівнює 5% об'єму ґрунту.

Додайте одну аликвоту дистильованої води в ґрунт у кількості, визначеній на кроці 13. Щоб уникнути злипання, додайте воду невеликими кількостями, ретельно перемішуючи.

Замініть датчик у ґрунті. Натискайте пальцями на ґрунт уздовж сенсора. Продовжуйте ущільнювати ґрунт навколо датчика, натискаючи на ґрунт пальцями, доки не зробите п'ять проходів уздовж датчика.

Додайте більше ґрунту поверх ущільненого ґрунту, щоб датчик був принаймні заглиблений

Знову утрамбуйте ґрунт стиснутим кулаком.

Запишіть показання напруги з датчика.

Повторіть кроки 11–18 ще два рази, щоб отримати чотири рівні вмісту води.

Висушіть і зважте 12 зразків ґрунту, щоб визначити гравіметричний вміст води.

Поставте банки в сушильну шафу на 24 години при 105°C.

Дайте зразкам охолонути, поки температура ґрунту не стане близькою до зовнішньої.

					КВРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
						40
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Після охолодження знову зважують зразки ґрунту для визначення сухої ваги.

Визначте об'ємний вміст води,  $\theta$ , для кожного з чотирьох зразків. Побудуйте калібрувальну криву, побудувавши графік залежності об'ємного вмісту води від відповідної вихідної напруги датчика при цьому вмісті води. У Logger Pro (версії 3.4.5 або новішої), налаштований для цієї мети, є файл експерименту . Він називається «Калібрування вологості ґрунту» і його можна знайти в папці «Датчик вологості ґрунту» у папці «Датчики та датчики». Крім того, ви можете відкрити новий файл у Logger Pro без підключених датчиків і ввести значення в таблицю даних.

Виконайте лінійну регресію на калібрувальній кривій і запишіть нахил і переріз.

Підключіть датчик і запусіть програму збору даних.

Перейдіть до частини програми калібрування та вручну введіть значення для нахилу та перехоплення.

Тепер ваш датчик відкалібровано для цього типу ґрунту. Якщо ви використовуєте Logger Pro 3, ви можете зберегти калібрування безпосередньо на сенсорі. Якщо ви використовуєте LabQuest або калькулятор, ви можете записати значення калібрування для подальшого використання.

Датчик YL-38 що зображено на рисунку 2.22 побудований на основі компаратора LM393, який видає напругу на вихід D0 за принципом: вологий ґрунт – низький логічний рівень, сухий ґрунт – високий логічний рівень. Рівень визначається граничним значенням, яке можна регулювати за допомогою потенціометра. Датчик YL-38 має два світлодіоди, що сигналізують про наявність живлення та рівень цифрового сигналу. Наявність цифрового виведення та світлодіода дозволяє використовувати модуль автономно, без підключення до контролера. Можна використовувати напругу від 3.3 до 5 В. Струм споживання 35 мА.

Raspberry Pi Camera Module v2 це високоякісний 8-мегапіксельний датчик зображення Sony IMX219 з фіксованим фокусом, спроектований спеціально для

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
						41
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

плати Raspberry Pi. Датчик підтримує зображення з роздільною здатністю 3280 x 2464 пікселів, а також відео 1080p30, 720p60 та 640x480p60/90. Він підключається до плати завдяки невеликим роз'ємам на верхній частині плати та використовує спеціальний CSI інтерфейс, спроектований спеціально для роботи з камерами. Сам датчик невеликий, лише 25mm x 23mm x 9mm.

Його вага становить близько 3 г, що ідеально підходить для мобільних або інших невеликих програм, де важлива вага та розмір. Для підключення до плати Raspberry Pi використовується короткий стрічковий кабель.

Характеристики:

- 8-ми мегапіксельний сенсор Sony IMX219
- Покращений фіксований фокус
- Роздільна здатність фото: 3280 x 2464 пікселів
- Підтримувані формати відео: 1080p @ 30fps, 720p @ 60fps і 640x480p @ 90fps
- Розмір матриці CCD: ¼ дюйма
- 1.4µm x 1.4µm пікселів з технологією OmniBSI для високої продуктивності (висока чутливість, низький рівень перехресних перешкод, низький рівень шуму)
- Розміри: 25 x 23 x 9мм.

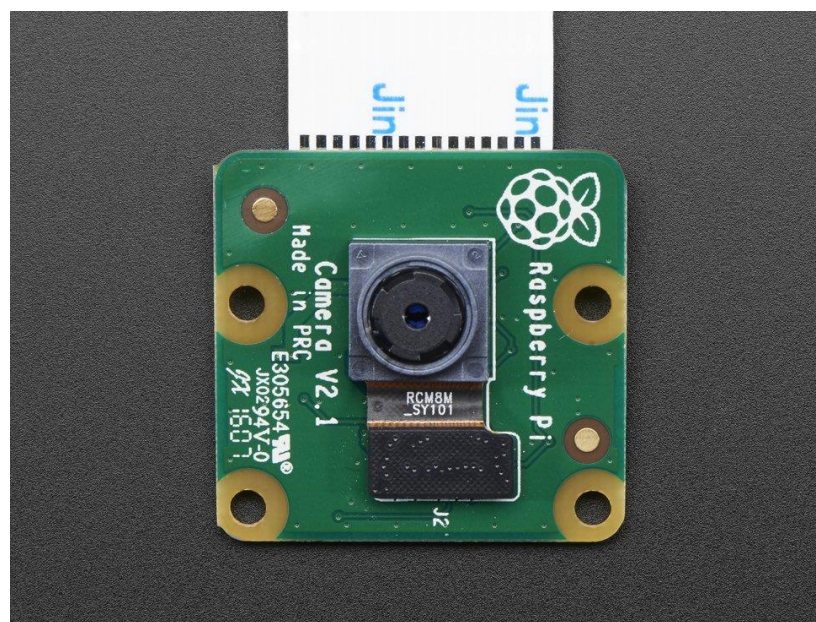


Рисунок 2.22 – Raspberry Pi Camera Module v2

					КВРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		42

### 2.3 Висновок

Було проведено аналіз елементарної бази кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиць. Із проведених дослідів було вибрано оптимальну елементарну базу.

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

### 3 ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ТЕПЛИЦІ

#### 3.1 Застосування фреймворку для побудови веб-інтерфейсу Node-RED

Веб-інтерфейс Raspberry Pi можна використовувати як сервер (медіа-центр) на великих відстанях із пристрою який має доступ в мережу Інтернет. Проаналізуємо WebIOpi і Node-RED.

WebIOpi включає HTTP-сервер, який надає ресурси HTML і REST API для керування інтернет-речами. Схема роботи наведена на рисунку 3.1 Ваш браузер спочатку завантажить файл HTML, а потім включений Javascript здійснюватиме асинхронні виклики REST API для керування та оновлення інтерфейсу користувача. Цей метод дуже ефективний, тому що не потрібно оновлювати і завантажувати всю сторінку.

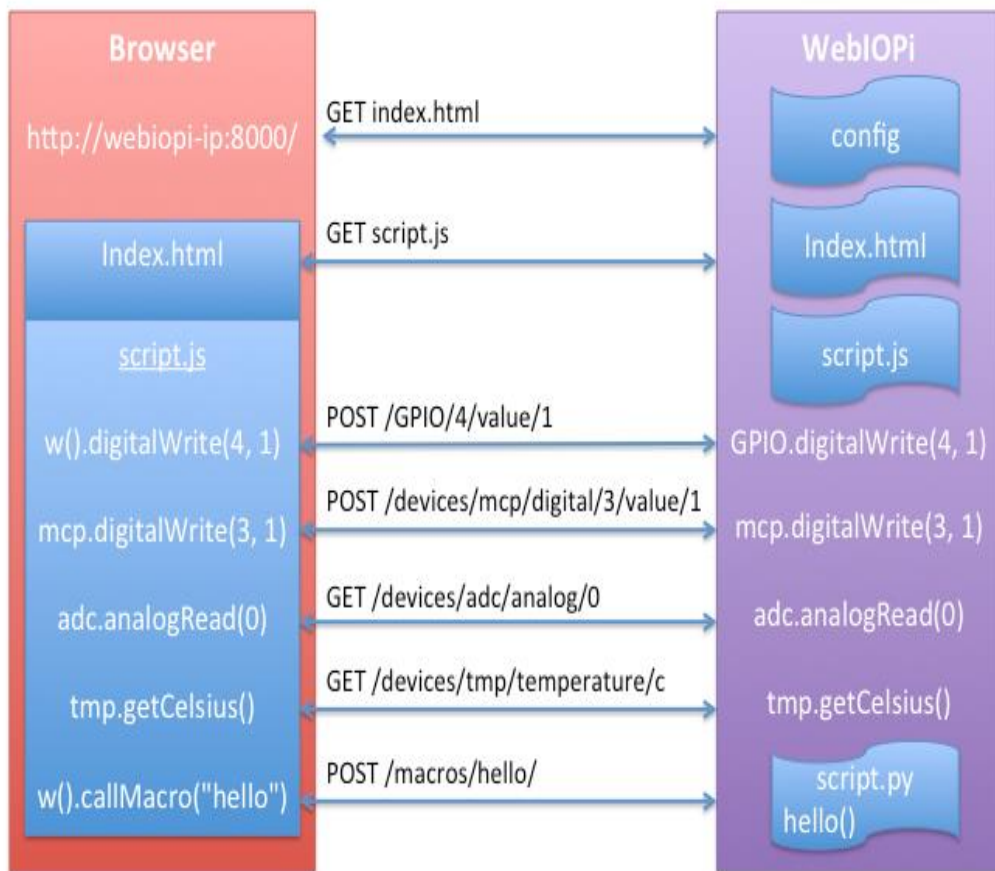


Рисунок 3.1 – Схема роботи WebIOpi

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Ви можете створити свій HTML / Web UI з нуля, використовуючи бібліотеку WebIOPi JS чи ні. Ви можете розширити поведінку WebIOPi, завантаживши спеціальний сценарій Python за допомогою синтаксису, схожого на Arduino, з функціями налаштування/циклу. Припустимо, що потрібна кнопка для керування світлом, яке буде автоматично вмикатися та вимикатися. Я кажу світло, але це може бути що завгодно. Процес налаштування складається з 3 кроків:

1. Напишіть простий скрипт Python, щоб ініціалізувати GPIO та обробляти автоматичне включення/вимкнення.
2. Напишіть просту сторінку HTML/Javascript.
3. Налаштувати сервер WebIOPi.

Node-RED - це інструмент програмування для об'єднання апаратних пристроїв, API та сервісів онлайн новими цікавими способами. Редактор Node-RED базується на браузері, який дозволяє легко об'єднувати в потоки вузли з широкого набору палітри, які можуть бути розгорнуті для виконання лише одним клацанням миші. Node-RED забезпечує редактор

потоків (flow editor) на основі браузера, що полегшує зв'язування потоків (flow) за допомогою широкого набору вузлів (node) палітри. Потоки можуть потім бути розгорнуті в середовище виконання в один клік. В редакторі Node-RED за допомогою текстового редактора можуть бути створені функції на JavaScript. Вбудована бібліотека дозволяє зберігати корисні функції, шаблони або потоки для повторного використання Побудовано на Node.js Легке середовище виконання (runtime) побудоване на Node.js, користується бере що говорить про розширений набір керування подіями та не блокуючими моделями. Це робить його ідеальним для роботи на недорогих апаратних засобах, таких як Raspberry Pi, а також у хмарних сховищах. Діапазон вузлів палітри легко збільшити новими можливостями додаванням більш ніж 225 000 модулів у сховищі Node.

Зважаючи на численні переваги в подальшому буде використано Node-RED.

Веб-інтерфейс кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці.

Використання фреймворку Node-RED

Для оптимально використання інтерфесу для забезпечення керування RВі потрібно скористатись сервером із зручного місця використання для

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

спостереження за системою, це можна зробити із будь-якого місця та пристрою який має доступ в мережу Інтернет рече й це зображено на рисунку 3.2. Для цього розглянемо відповідні варіанти: WebIOPi, Node-RED. Відповідно ці інструменти найбільш оптимальні для вирішення поставлених завдань.

Переваги WebIOPi:

- Створено за допомогою Python .
- Уніфікована підтримка Serial/SPI/I2C.
- Клієнтська бібліотека.
- Клієнти Python/Java для Pi-to-Pi.
- Підтримка CoAP.
- Включає прості веб-програми для налагодження GPIO.
- Захист авторизації.
- Адаптивна система.

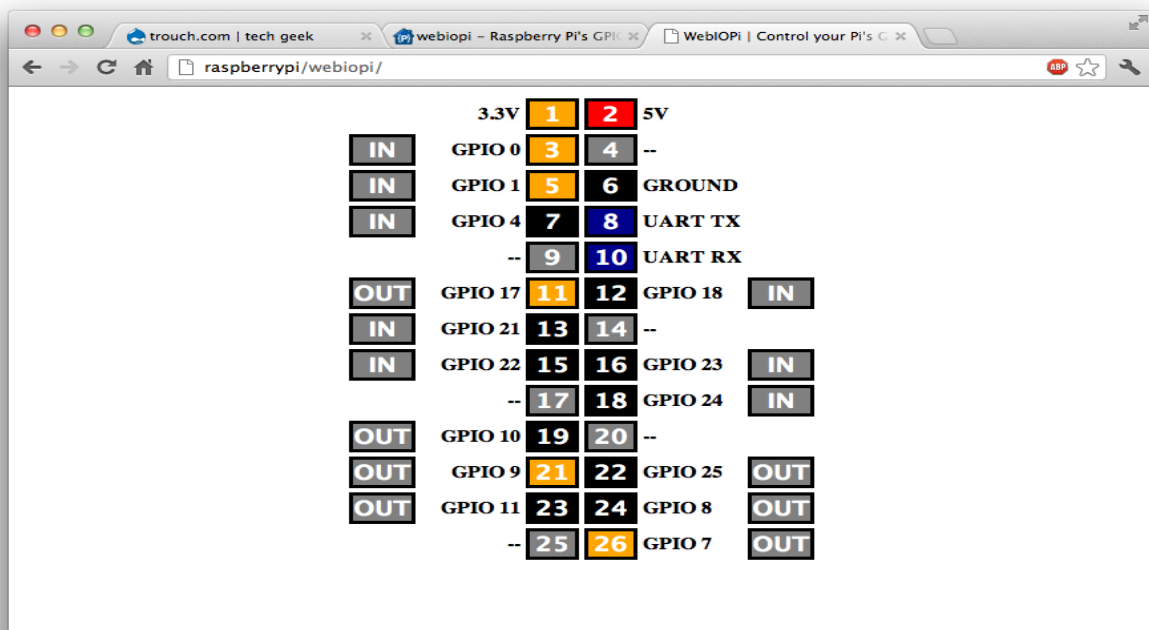


Рисунок 3.2 – Інтерфейс WebIOPi

Переваги Node-RED:

- Редагування потоку на основі браузера.

Node-RED надає браузерний редактор потоків, який дозволяє легко об'єднувати потоки, використовуючи широкий діапазон вузлів у палітрі. Потім потоки можуть бути розгорнуті в середовищі виконання одним клацанням миші. Функції JavaScript можна створювати в редакторі за допомогою форматovanого текстового редактора. Вбудована бібліотека дозволяє зберігати корисні функції, шаблони або потоки для повторного використання.

- Побудований на Node.js.

Полегшене середовище виконання побудовано на Node.js, використовуючи всі переваги його керованої подіями, неблокуючої моделі. Це робить його ідеальним для роботи на межі мережі на недорогому обладнанні, такому як Raspberry Pi, а також у хмарі. Маючи понад 225 000 модулів у сховищі пакетів Node, легко розширити діапазон вузлів палітри, щоб додати нові можливості.

- Соціальний розвиток.

Потоки, створені в Node-RED, зберігаються за допомогою JSON, який можна легко імпортувати та експортувати для спільного використання з іншими. Онлайн-бібліотека потоків дозволяє вам ділитися своїми найкращими потоками зі світом. Зважаючи на характеристики та можливості веб-інтерфейсів кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці оптимальнішим вибором буде саме Node-RED.

Node-RED це інструмент який можна використовувати безкоштовно, який дозволяє автоматизувати датчики. Саме тут використовуються інтерфейси що до підключення до MQTT, приклади логістичних систем, консольні висновки.

Node-RED використовується в основному в середовищі Linux. Для вирішення задач можна використовувати як і готові рішення так і є можливість ручної компіляції. Якщо для вирішення задачі буде потреба використовувати систему Android, то Node-RED можна використовувати і на Android-пристроях. Також Node-RED непогано працює і на операційній системі Windows, тільки для коректної роботи потрібно буде використовувати віртуальне середовище Linux. Робоче поле Node-RED зображено на рисунку 3.3.

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
						47
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Головною перевагою Node-RED є те, що при використанні будь-якого браузера можна створювати ланцюги подій будь-якої складності. Node-RED зручний у використанні водночас простий та гнучкий у використанні що допомагає виконувати поставлену задачу. Щоб оптимально налаштувати конфігурацію SSH-з'єднання використаємо наступні налаштування які зображені на рисунку 3.4

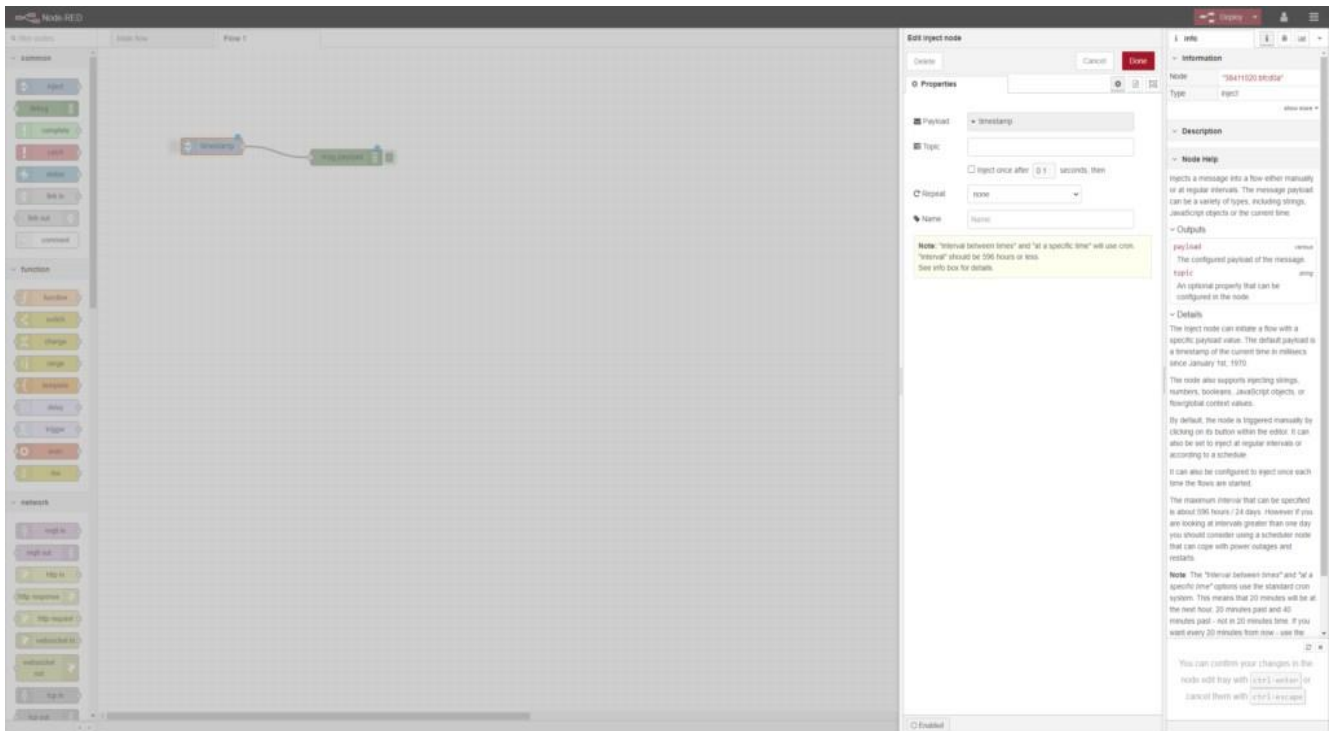


Рисунок 3.3– Робоче полотно Node-RED

```
bash <(curl -sLhttps://raw.githubusercontent.com/node-red/raspbian-deb-package/master/resources/update-nodejs-and-nodered)
```

Рисунок 3.4 – Налаштування SSH-з'єднання

Для того щоб перевірити налаштування Node-RED потрібно ввести IP-адрес Raspberry Pi та порт `http://192.168.1.98:1880` Після цього у вашому браузері з'явиться відповідна вкладка. По ліву сторону буде перелік групи блоків. Ці

					КвРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

спеціальні блоки зветься «нодами», також вони діляться на підгрупи згідно з функціоналу. У центральному секторі розташована вкладка «Flow» - відповідна частина де відображається структура нодів. Для датчиків яким є відповідні ноди було створено код за допомогою JavaScript. Цей процес зображено на рисунку 3.5

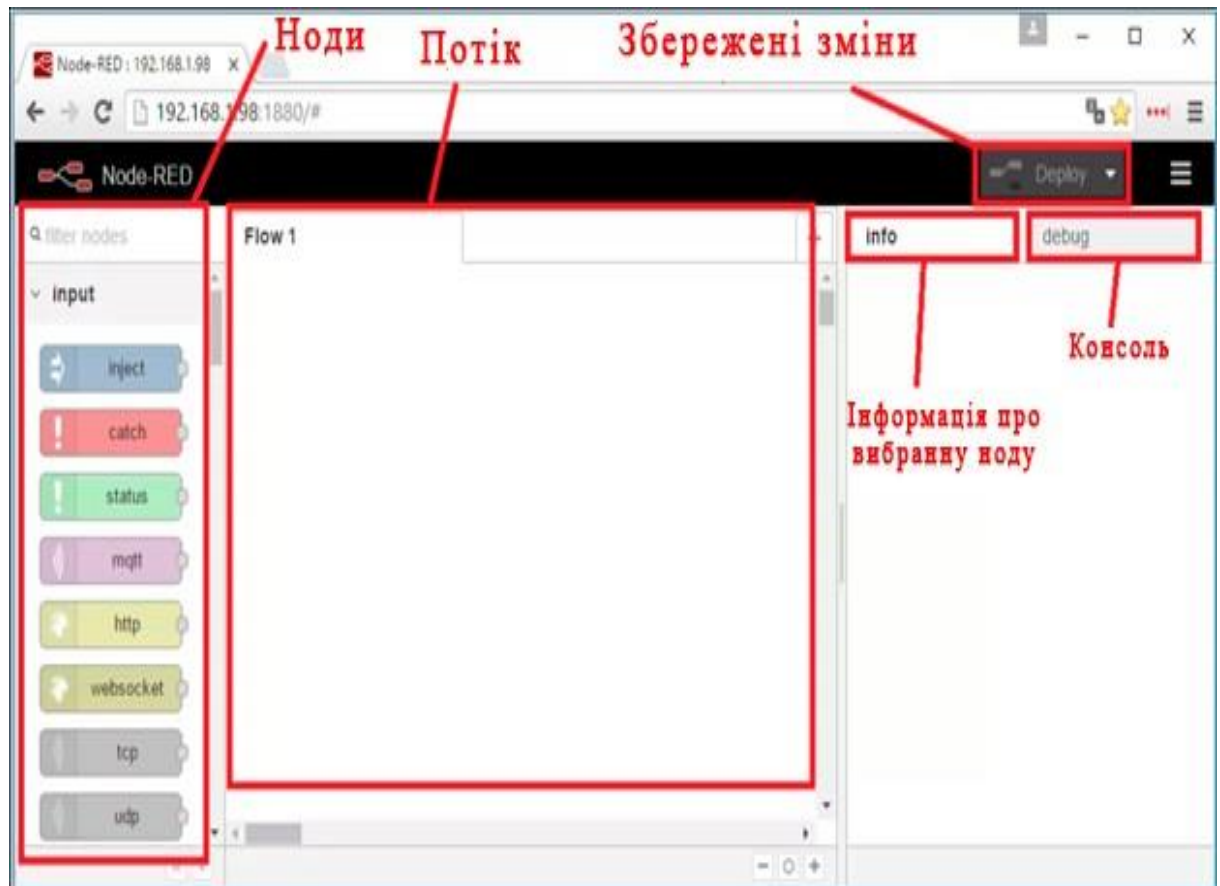


Рисунок 3.5 – Вигляд Node-RED

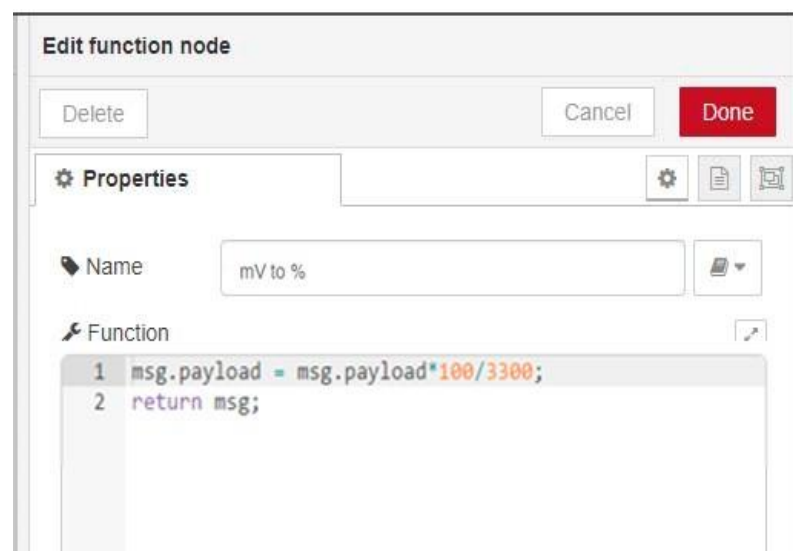


Рисунок 3.6 – Приклад коду

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для збереження фото було використано спеціальну систему, коли після того як фото зберігається воно ж одразу конвертується у формат base64 це зображено на рисунку 3.7 та 3.8

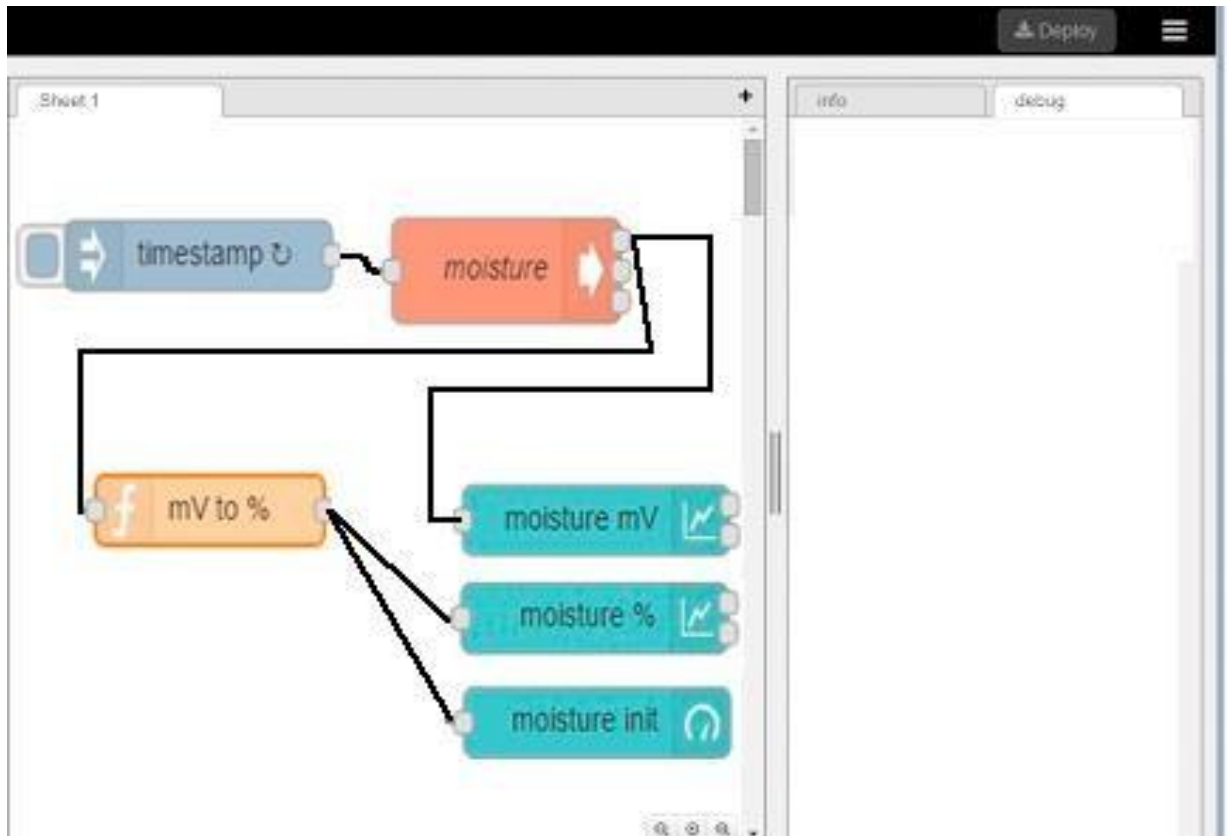


Рисунок 3.7 – Використання Moisture

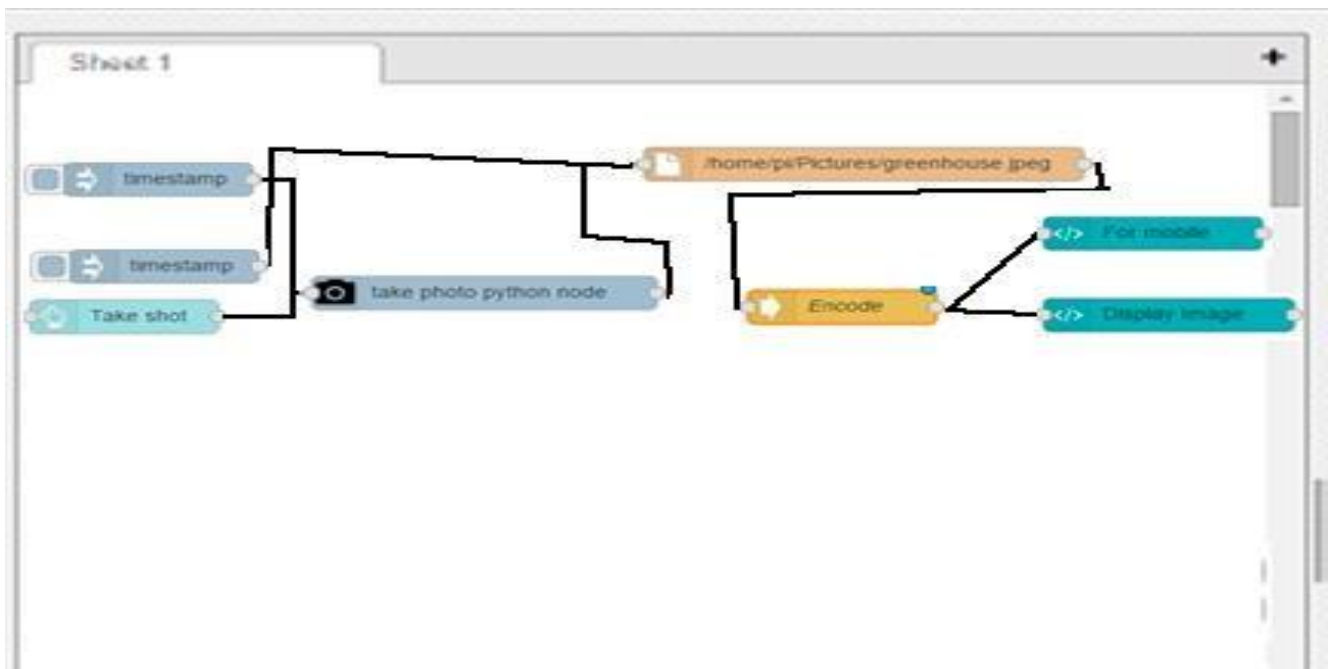


Рисунок 3.8 – Конвертація файлу в base64

### 3.2 Алгоритми для створення крапельного зрошення

Алгоритм керування автоматичним освітленням: він схожий на алгоритм авто поливу, але данні отримуються в інші проміжки часу. Алгоритм зображено на рисунку 3.9 а система керування на рисунку 3.10 Потрібно враховувати природне освітлення яке присутнє в денний період часу та регулювати його яскравість підсилюючи його, коли це потрібно, а також у темні періоди використовувати тільки штучне освітлення.

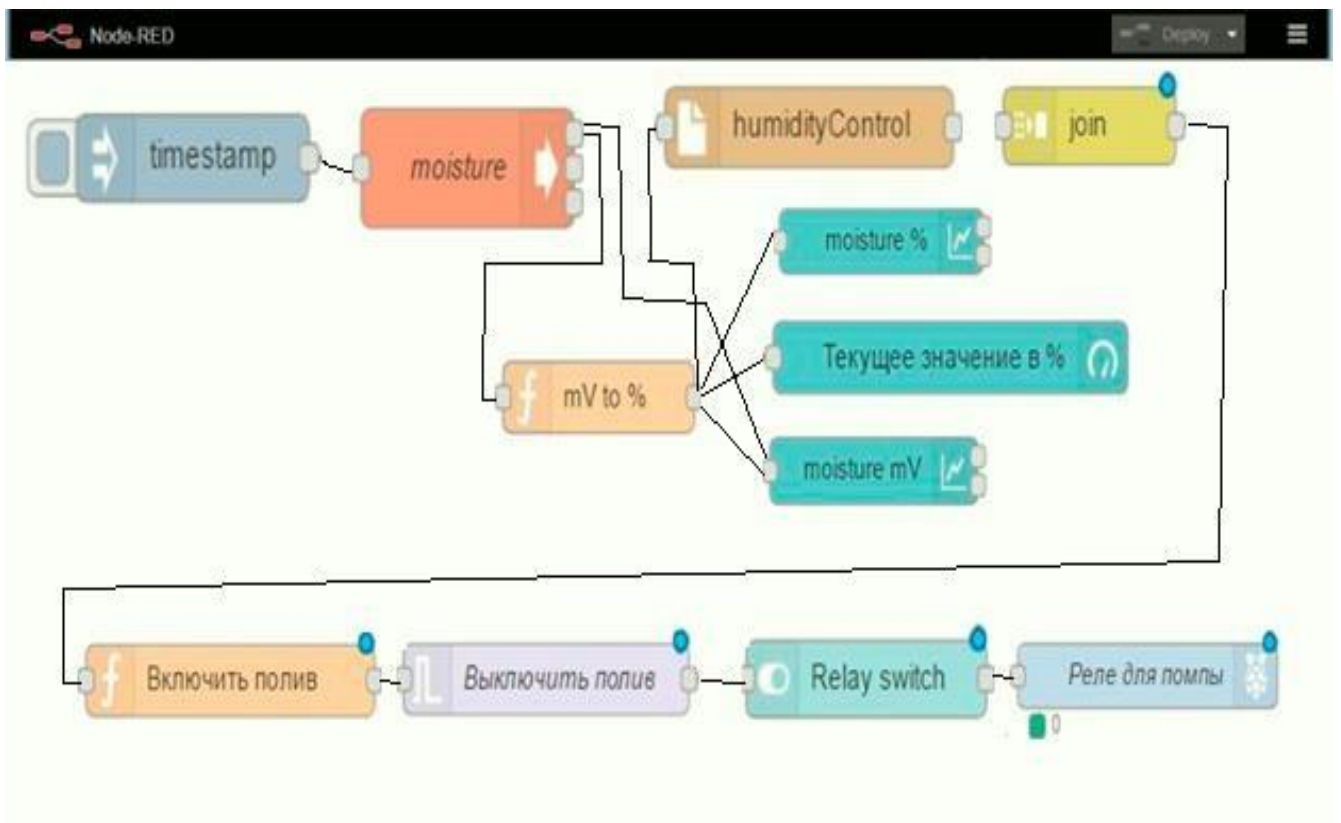


Рисунок 3.9 – Система керування зрошенням

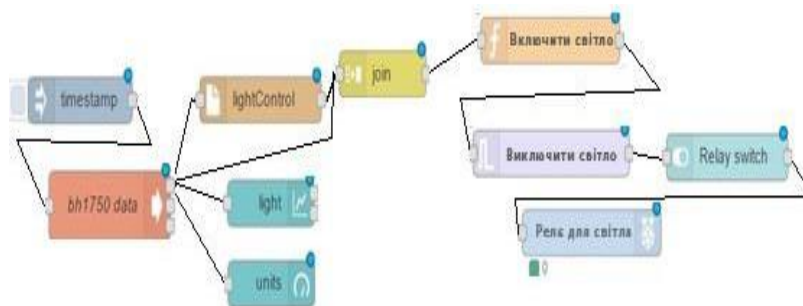


Рисунок 3.10 – Система керування освітленістю

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

### 3.3 Інтерфейс кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці

В Node-RED є спеціалізовані ноди які використаємо для нашого інтерфейсу. Їх використаємо в спеціальному полі «/ui».

Використовуючи ноди chart і gauge можна створювати індикатори та графіки, також доступні додаткові налаштування для їх вигляду. Нод template показує створені зображення з наших камер, також він дає змогу записувати інформацію у HTML-код. Графік інтерфейсів зображено на рисунку 3.11



Рисунок 3.11 – Інтерфейс графіків

Нод switch контролює блокування реле, за допомогою нього зможемо контролювати їх роботу безпосередньо з HTML сторінки. Задля регулювання освітленості, водопостачання, фільтрації повітря, створюємо відповідні показники з яких будемо зчитувати дану інформацію, щоб використати їх у нашому алгоритмі керування. На рисунку 3.12 зображена ця HTML сторінка. А на рисунку 3.13 зображено інформацію про реле.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Зробити фото



Рисунок 3.12 – Сторінка із створеними фото із теплиці



Рисунок 3.13 – Інформація регулювання реле

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

### 3.4 Налаштування Weaved на Raspberry Pi

Основою роботи Weave є те що він працює на кожному вузлі HAN на пристроях які підключені до мережі. Принцип роботи показано на рисунку 3.14

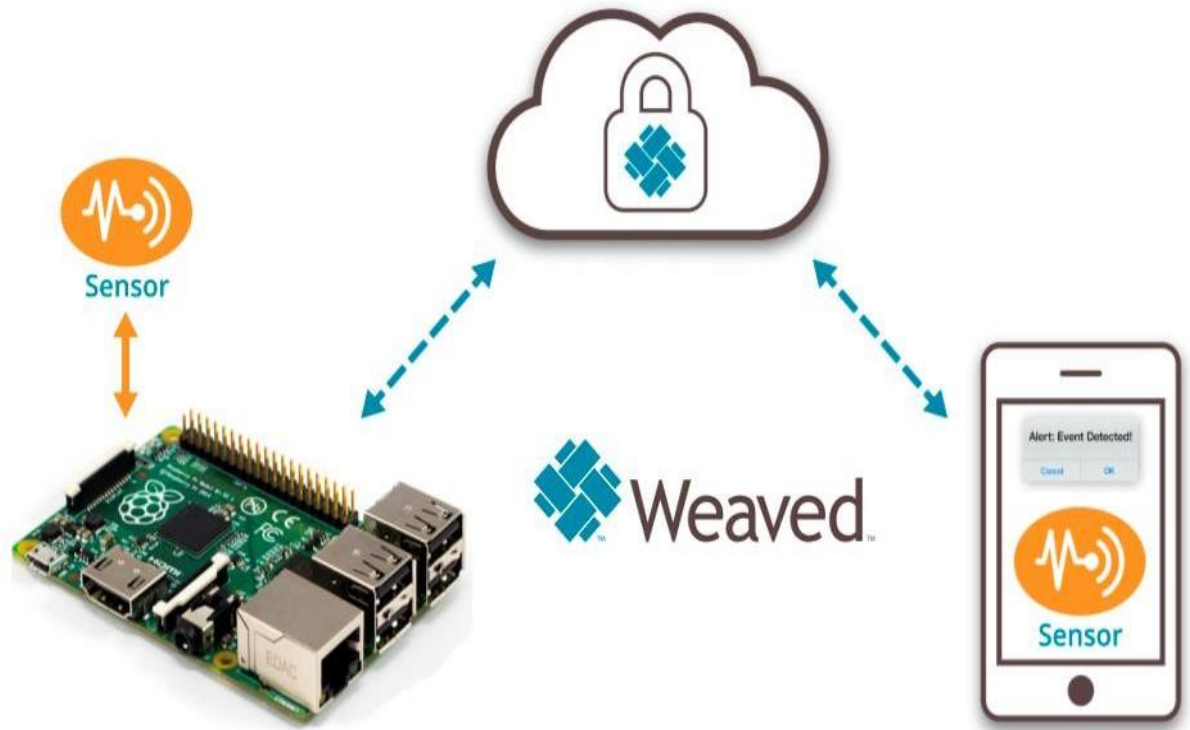


Рисунок 3.14 – Принцип роботи Weave

#### New Service Plans Available

Go to [My Account](#) to choose a new service plan.



#### Your current list of services

Click on service names to connect. Your account allows for 10 registered services and 30 minute connections on up to 1 concurrent service(s). You can [Upgrade Now](#) to get more services, longer connection times and more concurrent connections.

Raspberry Pi	Generic TCP	online	<a href="#">Share</a>   <a href="#">Settings</a>
Greenhouse	Generic TCP	offline	<a href="#">Share</a>   <a href="#">Settings</a>

Рисунок 3.15 – Створення ресурсів Weave

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1). Потрібно отримати безкоштовний обліковий запис. Ви можете отримати безкоштовний обліковий запис у Weaved на їхньому веб-сайті що зображено на рисунку 3.15

2) Далі потрібно запустити Raspberry Pi та підключіться до Інтернету.

3). Потрібно завантажити програмне забезпечення Weaved на свій Pi, команда для завантаження зображена на рисунку 3.16

```
wget https://github.com/weaved/installer/raw/master/binaries/weaved-nixinstaller_1.2.13.bin
```

Рисунок 3.16 – Команда для завантаження

4) Потрібно зробити програмне забезпечення Weaved виконуваним що зображено на рисунку 3.17

```
pi@raspberrypi ~ $ wget https://github.com/weaved/installer/raw/master/binaries/weaved-nixinstaller_1.2.8.bin
--2015-02-10 21:10:28-- https://github.com/weaved/installer/raw/master/binaries/weaved-nixinstaller_1.2.8.bin
Resolving github.com (github.com)... 192.30.252.129
Connecting to github.com (github.com)|192.30.252.129|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 302 Found
Location: https://raw.githubusercontent.com/weaved/installer/master/binaries/weaved-nixinstaller_1.2.8.bin [following]
--2015-02-10 21:10:53-- https://raw.githubusercontent.com/weaved/installer/master/binaries/weaved-nixinstaller_1.2.8.bin
Resolving raw.githubusercontent.com (raw.githubusercontent.com)... 199.27.76.133
Connecting to raw.githubusercontent.com (raw.githubusercontent.com)|199.27.76.133|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 292979 (286K) [application/octet-stream]
Saving to: `weaved-nixinstaller_1.2.8.bin'

100%[=====>] 292,979      711K/s   in 0.4s

2015-02-10 21:10:58 (711 KB/s) - `weaved-nixinstaller_1.2.8.bin' saved [292979/292979]

pi@raspberrypi ~ $ chmod +x weaved-nixinstaller_1.2.8.bin
pi@raspberrypi ~ $
```

Рисунок 3.17 – Команда для запуску Weaved

5). Запустити інсталятор за допомогою команди яка зображена на рисунку 3.18

```
./weaved-nixinstaller_1.2.13.bin
```

Рисунок 3.18 – Команда для запуску інсталятора

Програмне забезпечення проведе кілька тестів, виконає перший запит.

б). Виберіть послугу. Під час першого запуску вам буде запропоновано встановити одну із служб Weaved: SSH на порту 22, Web (http) на порту 80, WebIOPI на порту 8000, VNC на порту 5091 (перевірено за допомогою tightvncserver) або користувацький TCP обслуговування у вибраному порту.

Виберимо другий варіант, http на порту 80, це зображено на рисунку 3.19

```
***** Protocol Selection Menu *****
*
* 1) SSH on default port 22 *
* 2) Web (HTTP) on default port 80 *
* 3) WebIOPI on default port 8000 *
* 4) VNC on default port 5091 *
* 5) Custom (TCP) *
*
*****

Please select from the above options (1-5):
2
You have selected: 2.

The default port for Web (http) is 80.
Would you like to continue with the default port assignment? [y/n] y
We will install Weaved services for the following:

Protocol: web
Port #: 80
Service name: Weavedweb80

Please enter your Weaved Username (email address):
█
```

Рисунок 3.19 – Служби Weaved

7). Введіть свої дані для входу в Weaved. Вам буде запропоновано ввести назву пристрою це зображено на рисунку 3.20

```
*****
CONGRATULATIONS! You are now registered with Weaved.
Your registration information is as follows:

Device alias:
weaved_tutorial_4_pi

Device UID:
00:00:00:00:00:00:00:00

Device secret:
*****

The alias, Device UID and Device secret are kept in the License File:
/etc/weaved/services/Weavedweb80.conf

If you delete this License File, you will have to re-run the installer.

*****

Starting and stopping your service can be done by typing:
"sudo /usr/bin/Weavedweb80.sh start|stop|restart"
pi@raspberrypi ~ $ █
```

Рисунок 3.20 – Створення назви пристрою

8). Перевірка роботи веб-сайту.

Натиснемо «Підключити», і відкриється нове вікно. Якщо ввести адресу, яку ви бачите після `https://` у браузері нижче, ви зможете побачити її на своєму мобільному телефоні або з будь-якого місця в Інтернеті. Цей процес зображено на рисунку 3.21.

Після того як налаштували веб-сайт потрібно налаштувати статичний IP адрес, а також застосувати платформу Dynamic DNS. Щоб у нас був доступ до дистанційного керування.

На рисунку 3.22 зображено інтерфейс віддаленого доступу а на рисунку 3.23 зображена блок-схема даного доступу. Якщо використовуємо «/іі» то зможемо використовувати користувацький інтерфейс його зображено на рисунку 3.24.

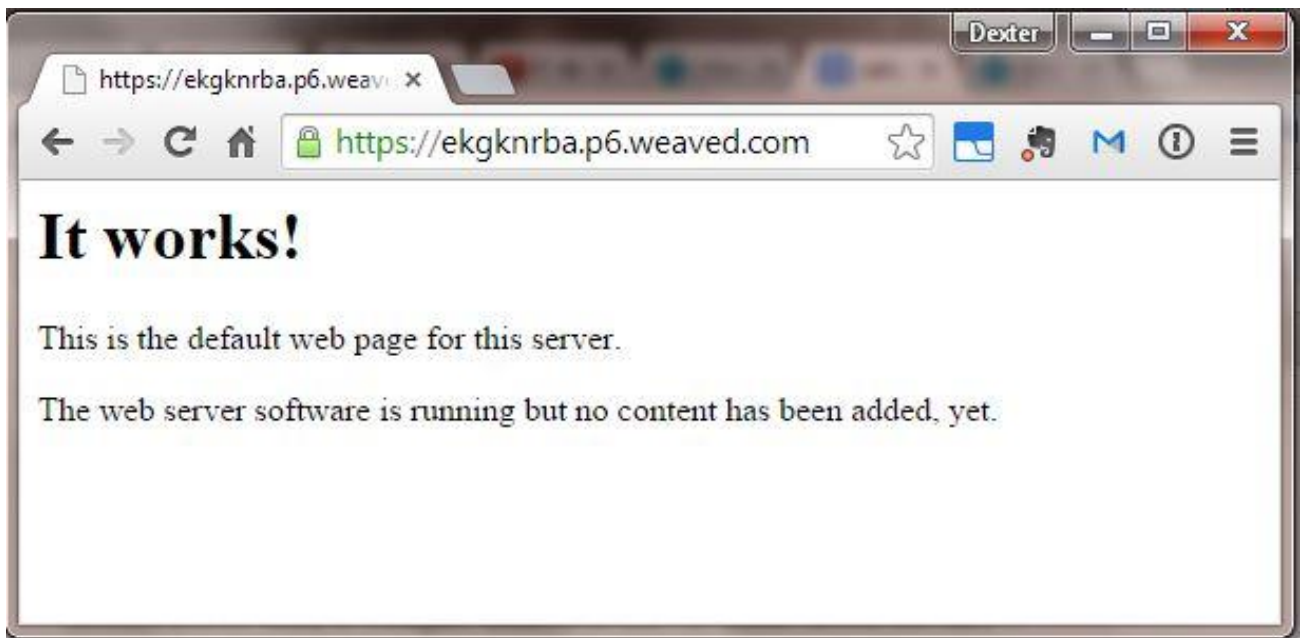


Рисунок 3.21 – Перевірка роботи веб-сайту



Рисунок 3.22 – Інтерфейс налаштувань віддаленого доступу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

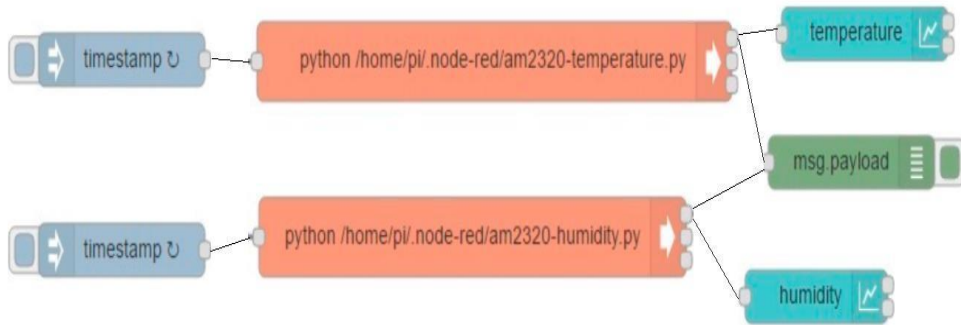
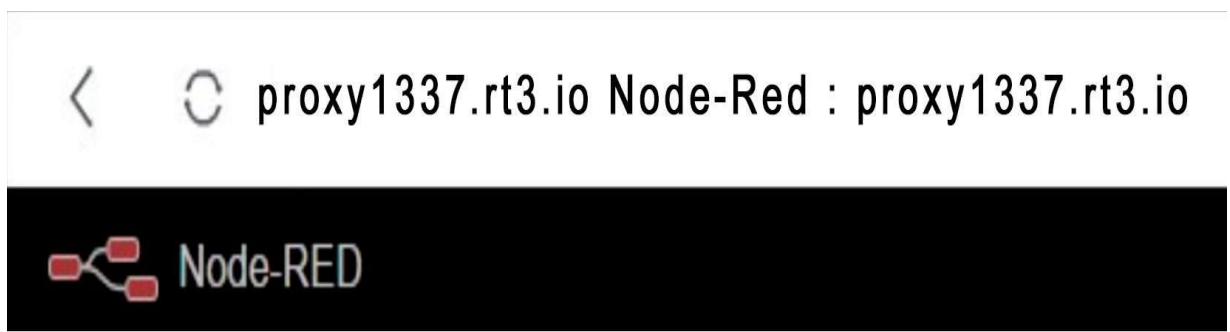


Рисунок 3.23 – Дистанційний доступ до інтерфейсу



Рисунок 3.24 – Користувацький інтерфейс віддаленого доступу

Кінець таблиці 3.1 – Опис основних функцій ПЗ

### 3.5 Матеріальні затрати

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

В процесі розробки кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці було придбано наступні комплектуючі що зображено в таблиці 3.1 та таблиці 3.2

Таблиця 3.1 – Матеріальні затрати

Назва	Ціна в грн
<u>Raspberry Pi 3 model B</u>	1200
AM2320	65
BH1750	28
DS18B20	34
MQ-2 <u>Gas Sensor</u>	41
<u>Moisture Sensor</u>	31

Таблиця 3.2 – Матеріальні затрати

ADS1115	91
<u>Raspberry Pi Camera Board</u>	122
SD карта 4 Гб	64
Матеріали	53
Разом	1699

За допомогою цієї інформації можна проаналізувати витрати, всі сумарні витрати становлять 1699 грн. Згідно цього розроблена система значно дешевша відомих аналогів.

## ВИСНОВКИ

У цьому проекті розглядалися проблеми відкритого дослідження в області кіберфізичної системи крапельного зрошення, техногенна практика, яка часто має глобальні наслідки. Незважаючи на те, що ця робота розглядала вузьку область дослідження, є й інші аспекти науки про зрошення, які все ще потребують ретельного дослідження. Ці результати свідчать про те, що можна досягти значного прогресу в напрямку покращення зрошення, практикуючи підходи кіберфізичних систем, моделювання, моніторингу, проектування, зондування та контролювання систем поливу.

Будь-яку систему, незалежно від її складності, необхідно досліджувати з кінцевої точки зору ще. Підсумовуючи, представлено внесок у моделювання, моніторинг, контроль, проектування.. Дійсно, досягнення в технології зрошення дають великий потенціал для розвитку кіберфізичних систем для теплиць. результати

					КвРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Alam T., Benaida M. CICS: Cloud–Internet Communication Security Framework for the Internet of Smart Devices. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 2018. No. 1. Pp. 74-84.
2. Tanweer A., “IoT-Fog: A Communication Framework using Blockchain in the Internet of Things”. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 7. Pp. 11-15.
3. Panduman F., Fridelin Y. Y., Sukaridhoto S., and Anang T. A Survey of IoT Platform Comparison for Building Cyber- Physical System Architecture. *In - 2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*. 2019. Pp. 238-243.
4. Yaqoob I., Ahmed E., Hashem I. A. T., Ahmed A. I. A., Gani A., Imran M., Guizani M. Internet of things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. *IEEE wireless communications*. 2017. Pp. 10-16.
5. Munadi R., Rakhman A., Perdana D. Smart Garage Implementation and Design Using Whatsapp Communication Media. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*. 2018. Pp. 1107-1113.
6. Sawidin S., Pongoh D. S., Ramschie A. A. S. Design of Smart Home Control System Based on Android. *In 2018 International Conference on Applied Science and Technology (iCAST)*. 2018. Pp. 165-170.
7. Nitin N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. *In 2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE)*. 2017. Pp. 1-7.
8. Sohan S.M., Maurer F., Anslow C., Robillard M. P. A Study of the Effectiveness of Usage Examples in REST API Documentation. 2017. Pp. 53–61.
9. ShopAbunda. URL: <https://www.shopabunda.com> (дата звернення 14.05.2022).
10. D’Alessandro D., Gunderson W., Staten E., Donastien Y. K., Rodriguez P., Bailey R. Integrating Modularity for Mass Customization of IoT Wireless Sensor

					КВРКІ.1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

Systems. *In 2021 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*. 2021. Pp. 1-5.

11. Hashim H., Salihudin S. F. B., Saad P. S. M. Development of IoT Based Healthcare Monitoring System. *In 2022 IEEE International Conference in Power Engineering Application (ICPEA)*. 2022. Pp. 1-5.

12. Xiaomi.UA. URL: <https://www.xiaomi.ua> (дата звернення 14.05.2022)

13. Zhao W., Yi L. Research on the evolution of the innovation ecosystem of the Internet of Things: A case study of Xiaomi (China). *Procedia Computer Science*, 2022. Pp. 56-62.

14. Song Y., Luximon Y., Leong B. D., Qin Z. The e-commerce performance of internet of things (IoT) in disruptive innovation: Case of Xiaomi. *In Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Software and e-Business*. 2019. Pp. 188-192.

15. Ammar M., Russello G., Crispo B. Internet of Things: A survey on the security of IoT frameworks. *J. Inf. Secur.* 2018. Pp. 8-27.

16. Pamungkas H., Akbar S. R., Ichsan M. H. H. Implementasi Sistem Pengenalan Perangkat dan Layanan Sensor dan Aktuator pada Rumah Cerdas Berbasis Arsitektur Publish-Subscribe. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi & Ilmu Komputer*. 2018. Pp. 2522-2531.

17. Patnaikuni D. R. P. A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 2017. Pp. 2350-2352.

18. Jahary M.M, Ichsan M.H.H., Primananda R. Implementasi Protokol Universal Plug and Play (UPnP) Pada Sensor dan Aktuator Untuk Otomasi Lampu. *Universitas Brawijaya*. 2019. Pp. 101-114.

19. Pusparini D., Ichsan M.H.H. Implementasi Low Power System untuk Pengambilan dan Pengiriman Data Berdasarkan Kehadiran Manusia. *Universitas Brawijaya*. 2019. Pp. 32-35.

20. Pratama R. P. Implementation and testing of the ESP8266 module with the MQTT-Dash android application on the MQTT network. *Asian Scientific Journal of Information Technology*. 2018. Pp. 157-164.

					КВРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

21. Jabbar, W. A., Shang H. K., Hamid S. N., Almohammedi A. A., Ramli R. M., Ali M. A. IoT-BBMS: Internet of Things-based baby monitoring system for smart cradle. 2019. Pp. 791-793.
22. Durani H., Sheth M., Vaghasia M., Kotech S. Smart automated home application using IoT with Blynk app. *In 2018 Second international conference on inventive communication and computational technologies*. 2018. Pp. 393-397.
23. Karuppusamy P. A sensor based IoT monitoring system for electrical devices using Blynk framework. *Journal of Electronics and Informatics*. 2020. Pp. 182-187.
24. Nduka A., Samual J., Elango S., Divakaran S., Umar U., SenthilPrabha R. Internet of things based remote health monitoring system using arduino. *In 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2019. Pp. 572-576.
25. Mabrouki J., Azrour M., Dhiba D., Farhaoui Y., & El Hajjaji S. IoT-based data logger for weather monitoring using arduino-based wireless sensor networks with remote graphical application and alerts. *Big Data Mining and Analytics*. 2021. Pp. 25-32.
26. Fritzling. URL: <https://fritzing.org> (дата звернення: 14.05.2022).
27. Twins Chip. URL: <https://www.twinschip.com> (дата звернення: 14.05.2022).
28. Andrews J., Kowsika M., Vakil A., Li J. A motion induced passive infrared (PIR) sensor for stationary human occupancy detection. *In 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*. 2020. Pp. 1295-1304.
29. Surantha N., Wicaksono W. R. Design of smart home security system using object recognition and PIR sensor. *Procedia computer science*. 2018. Pp. 465-472.
30. Gami H. Movement direction and distance classification using a single PIR sensor. *IEEE sensors letters*. 2017. Pp. 1-4.
31. Приціл. URL: <https://pricel.in.ua> (дата звернення 14.05.2022).
32. Kashimoto Y., Fujiwara M., Fujimoto M., Suwa H., Arakawa Y., Yasumoto K. ALPAS: Analog-PIR-sensor-based activity recognition system in

smarhome. *In 2017 IEEE 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*. 2017. Pp. 880-885.

33. Verma M., Kaler R. S., Singh M. Sensitivity enhancement of Passive Infrared (PIR) sensor for motion detection. 2021. Vol. 244. P. 167.

34. Kaur B., Pateriya P. K., Rai M. K. An illustration of making a home automation system using raspberry Pi and PIR sensor. *In 2018 International Conference on Intelligent Circuits and Systems (ICICS)*. 2018. Pp. 439-444.

35. Kumar P. Design and implementation of Smart Home control using LabVIEW. *In 2017 Third International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB)*. 2018. Pp. 10-12.

36. Kim S. H., Moon H. J., Yoon Y. R. Improved occupancy detection accuracy using PIR and door sensors for a smart thermostat. *In Proceedings of the 15th IBPSA Conference*. 2017. Pp. 253-258.

37. Aldawira C. R., Putra H. W., Hanafiah N., Surjarwo S., Wibisurya A. Door security system for home monitoring based on ESsp32. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 157. Pp. 673-682.

38. Chandra M. R., Kumar B. V., Babu B. S. IoT enabled home with smart security. *In 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*. 2017. Pp. 1193-1197.

39. Han J., Chung A. J., Sinha M. K., Harishankar M., Pan S., Noh H. Y., Tague P. Do you feel what I hear? Enabling autonomous IoT device pairing using different sensor types. *In 2018 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*. 2018. Pp. 836-852.

40. МТА. URL: <https://mta.ua> (дата звернення 14.05.2022).

41. Jolles J. W. Broad- scale applications of the Raspberry Pi: A review and guide for biologists. *Methods in Ecology and Evolution*. 2021. Pp. 1562-1579.

					КВРКІ. 1901105.31.01.31 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1011599019

Дата перевірки:  
16.06.2022 22:08:31 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
16.06.2022 22:08:44 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Шахрай\_Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці

Кількість сторінок: 57 Кількість слів: 6823 Кількість символів: 51750 Розмір файлу: 4.90 MB ID файлу: 1011467639

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

6.45%

## Схожість

Найбільша схожість: 1.66% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011460605)

3.12% Джерела з Інтернету

8

Сторінка 59

4.05% Джерела з Бібліотеки

81

Сторінка 59

0.72% Цитат

Цитати

2

Сторінка 60

Не знайдено жодних посилань

0%

## Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінні символи

11

Підозріле форматування

17  
сторінок

# Anti-Plagiarism v-15.257

Максималное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Ошибок в документах: 10%

ID: 105754 Название: Кіберфізична система крадального зрошення теплиці Добавлено в БД: 2022-06-16 Автор: Д.В. Шахрай Руководитель: В. М. Степюк Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	41033	372	1517 (4%)	16 (4%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шахрай Дмитро Вікторович

Тема: Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано проект кіберфізичної системи крапельного зрошення теплиці

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню \_\_\_\_\_

Дипломний проект відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз предметної області. У другому розділі здійснено проектування та моделювання локальної мережі. У третьому розділі приведено програмно-апаратну реалізацію проектованої локальної мережі.

4. Позитивні сторони роботи: Запропоновано проект кіберфізичної системи крапельного зрошення, наведено фізичну та логічні схеми, проведено розрахунки, що свідчать про коректність представленого рішення, здійснено налаштування системи

5. Негативні сторони роботи: В роботі не виконано моделювання  
проектованої мережі програмними засобами (наприклад за допомогою CISCO Packet  
Tracer)

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:  
пояснювальна записка та листи креслення виконані згідно діючих вимог

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на достатньому  
рівні.

8. Інші зауваження: -

9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи  
вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно» 3,0 (E)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) -

Гурман Володимир Васильович доцент кафедри інженерії  
програмного забезпечення

" 16 " червня 2022р.

[Підпис]

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Шахрай Дмитро Вікторович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-19-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

16.06.2022

дата



підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система крапельного зрошення теплиці

Автор: Шахрай Дмитро Вікторович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Стецюк В. М.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

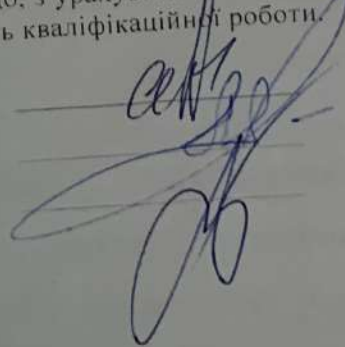
№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих засобів та обмежень існуючих засобів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
  - 2) усі запозичення фрагментарні;
  - 3) окремі виявлені збіги є загальноновживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з більш ніж 10 джерелами на один фрагмент речення;
  - 4) серед запозичень знаходяться загальновідомі терміни, скорочення та визначення.
- Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 6.45% і адресується до 89 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи  
 Гарант ОП  
 Завідувач кафедри КІСП



Стецюк В. М.  
 С.М. Лисенко  
 Т. О. Говорушенко