

Хмельницький національний університет  
Факультет програмування  
та комп'ютерних і телекомунікаційних систем  
Кафедра комп'ютерної інженерії та системного програмування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Кіберфізична система розумно теплиці для автоматизації поливу рослин  
Назва теми

КвРКІ.170292.17.01.22 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

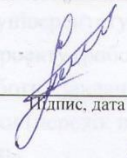
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ-17-1

  
Підпис

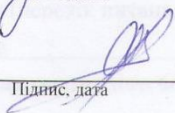
Цимбалюк І.О.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Нічепорук А.О.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
Інженерії та системного  
Програмування

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

«   » червня 2021 р.

Хмельницький 2021

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ПРОГРАМУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

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.Говорущенко

11 " 01 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Цимбалюк Ігор Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система розумно теплиці для автоматизації поливу рослин

Керівник проекту (роботи) Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП.

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

Затверджена наказом ректора університету від 05.02.2021 р. № 11

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

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

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

Аналіз відомих рішень та засобів

Мінімізація вартості системи автоматичного поливу рослин

Автоматичний полив

Дистанційний перегляд показників в теплиці для автоматичного поливу рослин

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

Схема управління автоматичним поливом

Схема автоматичного поливу

Схема освітлення теплиці

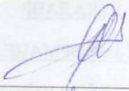


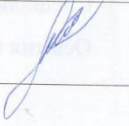
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Арк.

6

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих засобів та рішень	01.03.2021	виконано
4	Робота над розділом 2 – Компоненти системи автополиву	01.04.2021	виконано
5	Робота над розділом 3 – Організація системи з веб-інтерфейсом	30.04.2021	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2021	виконано
7	Попередній захист ВКР	02.06.2021	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2021 року	

Студент

  
Підпис

Цимбалюк І.О.  
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)

Підпис

  
Ініціали, прізвище

Нічепорук А.О.

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Арк.  
7



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: *«Кіберфізична система розумно теплиці для автоматизації поливу рослин».*

Автор роботи: *Цимбалюк Ігор Олександрович.*

Керівник роботи: *Нічепорук Андрій Олександрович.*

Пояснювальна записка: *62 с., 26 рис., 7 табл., 2 дод., 56 джерел.*

Графічна частина: *7 презентаційних слайдів*

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОЛИВУ КІМНАТНИХ РОСЛИН, ДИСТАНЦІЙНЕ КЕРУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛИЦІ, NODE-RED, RASPBERRY PI, WEAVED.

Мета дипломної роботи була розробка системи автоматизованого поливу рослин.

Для виконання роботи був проведений аналіз вже існуючих рішень для створення системи, яка буде мати всі переваги і відсутні недоліки інших систем. Після аналізу було підібрано комплектуючі, які б працювали з Raspberry PI та коштували відносно дешево. Наступним кроком було з'єднання системи з веб інтерфейсом. Для цього було використано графічний конфігуратор Node-RED. Далі потрібно було настроїти дистанційний доступ до системи. Для виконання задачі, було використано сервіс Weaved, який дав доступ до з Raspberry PI з будь-якої точки світу по SSH, а також переглядати веб-сторінки, які розміщені на Raspberry PI. Після всіх кроків була готова система розумної теплиці для автоматизації поливу рослин. Наступним кроком було підрахування коштів, витрачених на Raspberry PI та комплектуючі. На сьогоднішній день таке рішення є одним з найдешевших варіантів на ринку. Комплектуючі хоч і дешеві, але не найкращої якості, тому через пів року потрібно буде замінити на нові, щоб отримувати точну інформацію з показників.

Підпис студента

Дата 07.06.2021

ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата





ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Арк.

9

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ .....	10
1.1 Принципи функціонування автоматичних систем поливу рослин.....	10
1.2 Аналіз відомих систем автоматизованого поливу рослин .....	16
1.3 Апаратно-програмна платформа Raspberry Pi.....	22
1.4 Постановка задачі .....	24
2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОЛИВУ РОСЛИН.....	25
2.1 Основи функціонування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин.....	25
3 ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОЛИВУ РОСЛИН.....	39
3.1 Застосування фреймворку для побудови веб-інтерфейсу Node-RED .....	39
3.2 Алгоритми для реалізації автоматичного поливу .....	44
3.3 Інтерфейс кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин .....	45
3.4 Налаштування Weaved для Raspberry Pi .....	47
3.5 Матеріальні затрати.....	50
ВИСНОВКИ .....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	54
Додаток А Код для програм.....	52
Додаток Б Підключення датчиків до raspberry pi .....	61
Додаток В Копія схеми управління автоматичним поливом.....	65
Додаток Г Копія послідовності дій алгоритму відправки даних AM322.....	66
Додаток Д Копія послідовності дій алгоритму відправки даних MQ-2.....	67

КВРКІ.170292.01.22.01 ПЗ				
№	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Цимбалюк І.О.		
Перевір.		Нічепорук А.О.		
Контр.		Лисенко С.М.		
Затвер.		Говорущенко Т.О.		
			Тема роботи. Пояснювальна записка	
		Літера	Аркуш	Аркушів
			5	62
			ХНУ, КІ-17-1	

## 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

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





Системи поливу є невід'ємною частиною для різних об'єктів, наприклад, таких як:

- газони та квітники;
- парки і сади;
- зимові сади і теплиці;
- футбольні та гольф поля;
- сільськогосподарські угіддя;
- дачні ділянки;
- котеджні містечка.

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		





Усередині системи крапельного поливу встановлюють редуктор. Він підтримує оптимальне допустимий тиск води в системі для утворення крапель.

Зливні автоматичні клапани в кінці магістралей виключають утворення підвищеної вологості ґрунту, сприяють осушенню її при включенні системи в роботу.

Місце для розташування контролера вибирають з урахуванням зручності обслуговування, доступу, захищеності від впливу навколишнього середовища. Також можна використовувати спеціальний герметичний короб, створений для розміщення на відкритому повітрі.

Його з'єднують з електричною мережею живлення і електромагнітними клапанами, датчиками дощу спеціальними стійкими до вологи кабелями і проводами. Для монтажу кінців проводів в коробках системи поливу використовують універсальні силіконові наповнювачі, що виключають проникнення вологи до металевих частин.

Електропостачання контролера зазвичай здійснюють від побутової мережі 220 через вбудований блок живлення. Для невеликих систем допустимо використовувати батарейки або акумулятори.

Управління контролером роботою датчика дощу дозволяє припинити полив при атмосферних опадах, запобігати її перезволоження.

Основні частини системи автоматичного поливу:

- до них відносять:
- блок керування;
- датчики дощу;
- керовані електромагнітні клапани;
- розпилувачі;
- фільтри;
- автоматичний зливний кран;
- трубопроводи та фітинги;
- краплинні труби;
- гідравлічний редуктор крапельного поливу;



- застосування різних графіків роботи з урахуванням сезону;
- регулювання і обмеження тривалості поливу із забезпеченням затримок між включеннями різних режимів;
- можна визначати й зберігання параметрів запрограмованого ручного режиму роботи в пам'яті контролера;
- установка і збереження налаштувань програми при використанні додаткового живлення від батарейок;
- зручності перегляду введених уставок;
- прописаний алгоритм дій на випадок зникнення електричного живлення;
- відповідності діючим стандартам, що висуваються до електронних пристроїв;
- можливості підключення зовнішніх датчиків популярних виробників, включаючи моделі бездротового управління датчиками морозу і дощу;
- вбудовану діагностику електричних з'єднань;
- функції попередніх переглядів.

Для живлення електромагнітних клапанів найчастіше контролери видають напругу 24 вольт. Їх створюють для автоматичного виключення поливу під час випадання атмосферних опадів. Вони дозволяють:

- виключити перезволоження рослин за рахунок зайвих поливів при сирій погоді;
- економити витрати води не менше 30% з джерела водопостачання, ресурс обладнання.

Датчики дощу можуть бути дротяними або працювати по радіоканалу. Для кліматичних умов з можливістю заморозків вони можуть доповнюватися датчиками морозу. Датчики дощу кріплять до корпусу на будівельних конструкціях або спеціальних кронштейнах.

Провідні моделі підключаються стійким до впливу вологи і сонячного світла електричним кабелем за допомогою кронштейнів або муфт.







Система автополиву Cicle являє собою помповий апарат, який використовується на садовій ділянці для зрошення садових рослин, розсади, внесення рідких добрив, підживлення. Обприскувач вміщує 5 літрів рідини. Корпус виготовлений з високоякісного пластику.

Можливе регулювання струменя розпилення за допомогою обертання наконечника розпилювача: від дрібних бризок до спрямованої струменя.



Рисунок 1.1 - Система автополиву hunter

У комплект входить помпа з електронним таймером, а також магістральний трубка, відводи і крапельниці. Для організації крапельного поливу знадобиться ємність, встановлена на висоті від 1 до 2 м над рівнем землі. шланги з'єднувальні елементи з поліетилену виключають небезпеку цвітіння води.

Система Cicle характеризується доглядом за 60 рослинами, також можливе вуличне використання, подача води здійснюється з бочки помпою, система розрахована на площу до 18 м<sup>2</sup>.



Рисунок 1.2 - Система автополиву Cicle (Жук)

Недоліками крапельного поливу Cicle є:

- складно вставляти крапельниці в трубки;
- низька міцність фітингових з'єднань;
- низька надійність таймера.

Одна з легких систем для управління це Start PKI. Автоматична система крапельного поливу з рідкокристалічною індикацією дисплея, призначена на 50 кущів. Комплектується новим видом насоса підвищеної потужності з гідровідкритим ротором, за принципом "вічного" насоса для підводної техніки.

У даної системи крапельного поливу є декілька переваг перед іншими системами. У пускового пристрою управління помпою є дисплей для налаштування параметрів. Набір максимально витрачає до 280 л рідини на годину. Подача води здійснюється з ємності, піднятою на рівень в 20 см від землі.

Характеристики крапельного поливу Start PKI. Таймери інтервалів запуску, 6, 12, 24 години, раз в 3, 4, 7 днів та підземний монтаж.

Переваги крапельного поливу Start PKI:

- настройки таймерів;

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Арк.  
18

- велика кількість обслуговуваних рослин;
- можливість розширення системи;

Недоліки крапельного поливу Start PKI:

- не має зручності для користувача;
- комплектних шлангів обмаль.

Таким чином комплект можна вважати комплексним рішенням для тих, хто хоче отримати багатий урожай на ділянці, при цьому приділяючи мінімум уваги поливу.

Крапельний полив для теплиць системи Gardena. Даний комплект розрахований на організацію крапельного зрошення в теплиці до 24 кв.м.

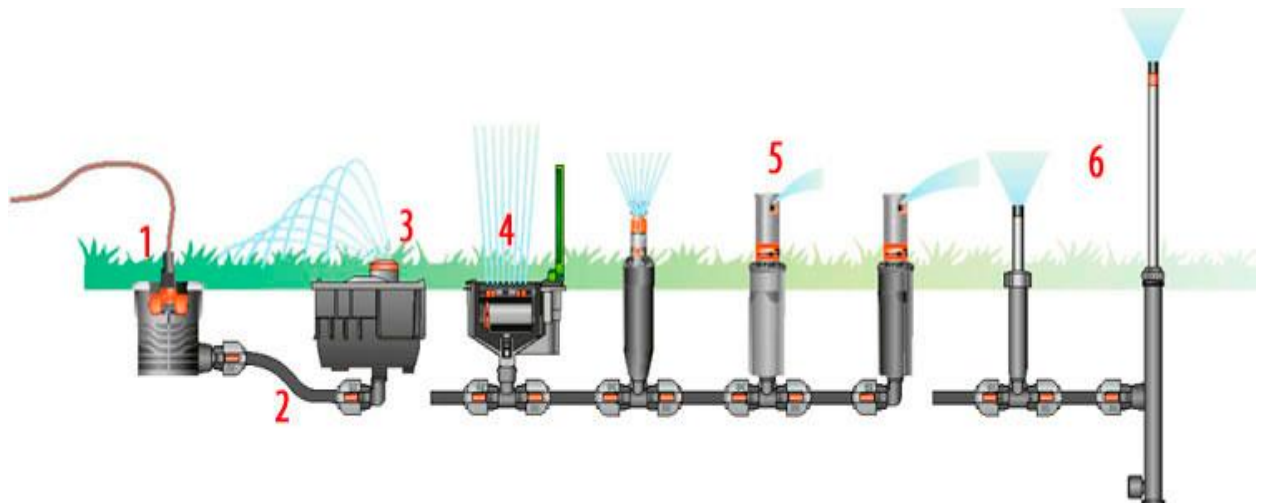


Рисунок 1.3 – Система автополиву Start PKI

Його можливості можуть бути легко розширені, в тому числі установкою автоматики.

Характеристики крапельного поливу системи Gardena. Призначений тільки для теплиць. Є можливість розширити теплицю, докупивши декілька деталей. Вироблені крапельниці в країні Німеччина.

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.4 – Система автополиву Gardena

Переваги крапельного поливу системи Gardena:

- простота збірки;
- контрольований полив;
- якість комплектуючих, крапельниць.

Недоліки крапельного поливу системи Gardena:

- відсутній різний полив в окремих зонах теплиці;
- відсутній програматор поливу від централізованої лінії подачі і насос.

Незважаючи на базову, досить обмежену комплектацію набору, він дозволяє без особливих зусиль організувати ефективну систему крапельного поливу.

Набір крапельного Green Apple. Даний набір крапельного поливу може працювати з високим тиском води до 10 бар. Він може обслуговувати протяжні грядки. В комплекті перехідники для підключення до будь-яких діаметрів водопровідної труби.

Характеристики крапельного автополиву Green Apple. Це компенсовані крапельниці, 2 л на годину. Таймери тривалості поливу, від 1 хвилини до 2 годин. Таймери включення поливу, від години до 7 діб. Довжина магістрального трубки 20 м.

Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ

Арк.  
20



Рисунок 1.5 – система автополиву Green Apple

Преваги крапельного автополиву Green Apple:

- автономність, живлення від батарей;
- є індикатор розряду;
- працює з водою від +4 до 60 градусів Цельсія.

Недоліки крапельного автополиву Green Apple:

- немає захисної гумової прокладки на блоці батарей таймера;
- досить складна система складання;
- крапельниці доведеться періодично чистити.

Таким чином набір може бути використаний для обслуговування невеликої теплиці або поливу рослин ландшафтних композицій. Користувачі відзначають його обмежений функціонал і мале число обслуговуваних рослин. Як засіб догляду за невеликою ділянкою рослин він покаже відмінні результати.

## 1.2 Методологічні підходи до вирішення задачі за темою дослідження

Зм.	Арк.	Нолокум.	Підпис	Дата

Одна з найбільш популярних компонентів в Internet of Things є Raspberry Pi і Arduino. Вони підтримують всі датчики, підключення програмного та паратного забезпечення.

Тому вирішено порівняти між собою Raspberry Pi та Arduino. Мінуси Arduino, недостатня кількість пам'яті, Raspberry Pi більш потужніший в порівнянні з Arduino. Не має підтримки багатозадачності та не підтримує складні алгоритми. Плюси Raspberry Pi. Хороша продуктивність. Велика кількість доступних GPIO. Підтримку програмування на таких мовах як, Python, C, C ++, Ruby, Go. Raspberry Pi підходить для запуску складних алгоритмів. Вартість Raspberry Pi менша ніж arduino з платою розширення. Вже існує велика кількість різних готових рішень.

Таким чином, можна зробити висновок, що кожен з наведених платформ може бути використаний для виконання завдання, але для автоматизації автополиву в теплиці з вирішенням поставлених завдань доцільно використовувати Raspberry.

Один з головних плюсів Raspberry Pi , це можливість використовувати як веб-сервер, що вирішує поставлену задачу. Присутня багатозадачність та можливість організації з веб-сервісами. Велика кількість портів GPIO яка дає змогу підключити будь-який цифровий датчик. Для підключення аналогових використовують датчики АЦП.

### 1.3 Апаратно-програмна платформа Raspberry Pi

Raspberry Pi це одноплатний комп'ютер, розміром з кредитну карту, розроблений у Великобританії з метою використання в процесі навчання базовим знанням в сфері комп'ютерів. Одним з його серйозних переваг є рекордно низька ціна - 25 \$ за модель А (спрощену) і 35 \$ за модель В.



Рисунок 1.6 - Плата Raspberry Pi

Характеристики Raspberry Pi:

- процесор 64-розрядний 4-ядерний ARM Cortex-A53 на однокристальному чипі Broadcom BCM2837;
- тактова частота: 1,2 ГГц;
- оперативна пам'ять: 1 ГБ LPDDR2 SDRAM;
- цифровий аудіо / відео вихід: HDMI;
- композитний аудіо / відео вихід: 3,5 мм (4 pin);
- USB порти: USB 2.0 × 4;
- WiFi: 802.11n;
- Ethernet: 10/100 Мб RJ45;
- Bluetooth: Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy;
- роз'єм дисплея: Display Serial Interface (DSI);
- роз'єм відеокамери: MIPI Camera Serial Interface (CSI-2);
- карта пам'яті: MicroSD;
- порти введення-виведення: 40;
- габарити: 85 × 56 × 17 мм.

В даний час неоціненну допомогу в розробці самого комп'ютера і програмного забезпечення до нього надає вільне співтовариство, тисячі ентузіастів, а також розробники вбудованих систем з усього світу.

#### 1.4 Постановка задачі

На даний момент існує велика кількість різноманітних систем автополиву, але вартість їх є високою.

Тому виникає завдання розробки кіберфізичної автоматизованої системи автополиву рослин, до якої ставились б такі завдання: мінімізація вартості; автоматичний полив рослин; дистанційний перегляд показників: ВН1750 - цифровий датчик освітленості, датчика тиску BMP180, датчик температури і вологості повітря AM2320, аналогово-цифровий датчик ADS1115, датчик температури ґрунту DS18B20, датчик вологості ґрунту Moisture sensor, датчик газу mq-2 gas, Raspberry Pi Camera Board.

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

## 2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОЛИВУ РОСЛИН

2.1 Основи функціонування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин

Штучне середовище для вирощування рослин сприяє цілорічному зняттю врожаю. При створенні мікроклімату використовуються готові та саморобні проекти розумних теплиць .

Життєдіяльність рослин безпосередньо пов'язана з температурним режимом, вологістю, освітленістю і іншими факторами. Найменші відхилення в навколишньому середовищі негативно позначаються на темпах зростання і врожайності.

Саморобна теплиця зводить до мінімуму людський участь, звільняє час і дозволяє управляти зростанням овочевих і фруктових культур на відстані. Щоб система автополиву працювала, потрібні дані, за допомогою яких система буде аналізувати отриманні дані і буде виконуватись автополив рослин, якщо рівень вологості буде знижуватися.

Для цього будемо використовувати різне обладнання: в якості мікроконтролера буде використано Raspberі Pi, аналогово-цифровий датчик для підключення аналогових датчиків, ВН1750 - датчик освітленості, датчика тиску ВМР180, датчик температури і вологості повітря АМ2320, аналогово-цифровий датчик ADS1115, датчик температури ґрунту DS18B20, датчик вологості ґрунту

Moisture sensor, датчик газу mq-2 gas, Raspberry Pi Camera Board. Для того, щоб відправляти і отримувати інформацію було використано Node-RED. Щоб отримати статичний IP аدرس було використано Weave, а також протоки Weave забезпечують обмін даними між пристроями, пристроями з мобільних пристроїв і пристроїв з хмарою як для управління, так і для передачі даних. Запропонована кіберфізичні система автоматизованого поливу.

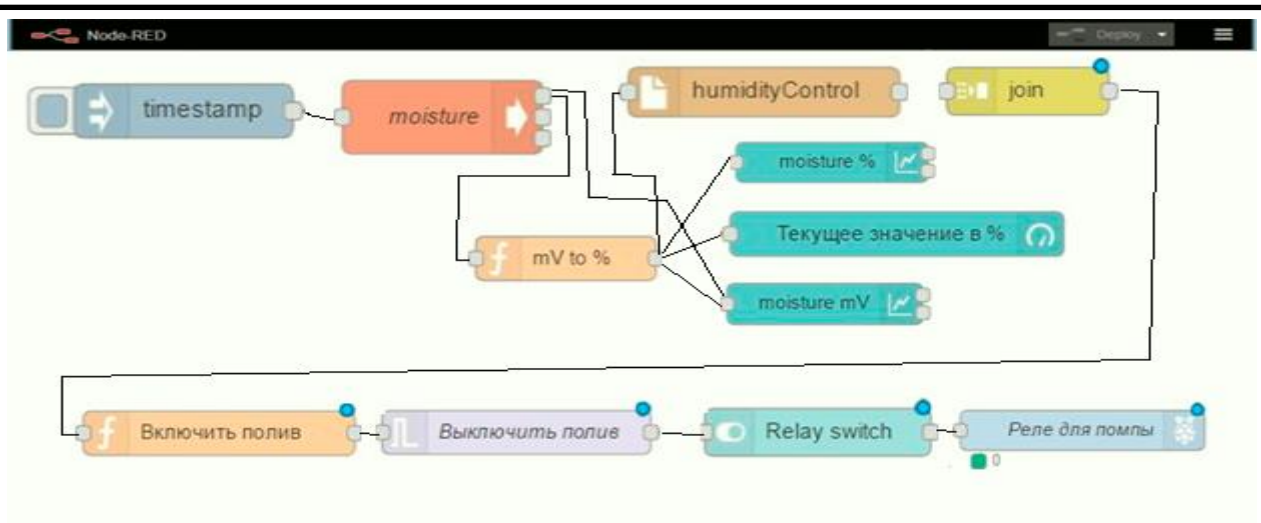


Рисунок 2.1 - Схема управління автоматичним поливом

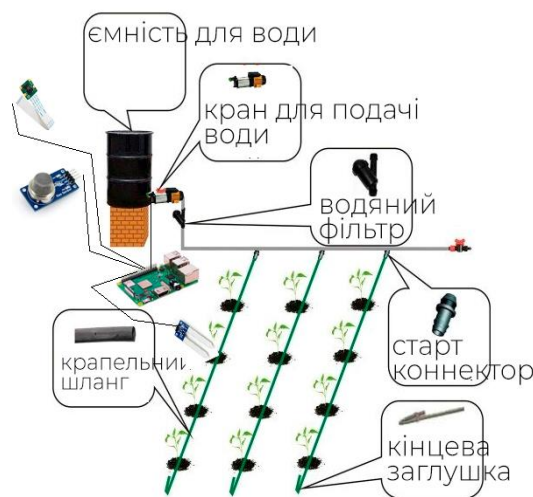


Рисунок 2.2 – Схема автоматичного поливу

Щоб вся система працювала були написані скрипти на мові Python, код деяких датчиків наведений в додатку А.

Підключення датчиків та опис їхніх контактів наведено в додатку Б.

## 2.2 Вибір елементної бази

З огляду на запропоновано схему автоматичного поливу, для підвищення продуктивності роботи було вибрано:

ВН1750 - Цифровий датчик освітленості.

Це Цифровий датчик освітленості GY-302 на чіпі BH1750 призначений для вимірювання фонового освітлення. BH1750 16-бітний датчик освітленості (люксметр) з інтерфейсом I2C. Він добре підходить для отримання даних про навколишнє освітлення.

Фотодіод на BH1750 визначає інтенсивність світла, яка перетворюється в вихідну напругу за допомогою операційного підсилювача.

Внутрішня логіка BH1750 позбавляє від необхідності будь-яких складних обчислень, оскільки він безпосередньо виводить значущі цифрові дані в люксах (ЛК).



Рисунок 2.3 – BH1750 цифровий датчик освітленості

Вимірювання освітленості є важливим параметром при створенні додатків домашньої автоматички та Інтернету речей. Найпоширенішим датчиком вимірювання освітленості у Arduino є фоторезистор аналоговий датчик, який змінює свій опір залежно від інтенсивності світла, проте точність його невисока і значення від видає не в люксах.

На відміну від нього, модуль GY302 на базі чіпа BH1750, являє собою високоточний цифровий датчик інтенсивності світла, що видає значення як раз в люксах. У проектах Arduino краще використовувати вже готовий модуль GY-302 зі стабілізатором напруги і зручними висновками підключення.

Згідно з документацією, датчик BH1750 чутливий до видимого світла і практично не схильний до впливу інфрачервоного випромінювання, тобто реагує приблизно на той же спектральний діапазон, що і людське око (таблиця 1.1).



Датчик BMP180 - є недорогим і простим у використанні сенсорним датчиком, що дозволяє виміряти атмосферний тиск і температуру навколишнього середовища. Використовують даний датчик для визначення висоти (чим вище, тим менше тиск), а так само в саморобних метеостанціях.

В лівій частині розташований сам сенсорний датчик BMP180 фірми Bosch. Так як датчик BMP 180, працює від 3.3В (а майже всі плати Arduino працюють на 5В), на платі передбачений стабілізатор напруги XC6206P332MR в SOT-23, який створює на виході напругу в 3.3В, поруч встановлена обв'язка стабілізатора, що складається з двох керамічних конденсаторів на 1 мкФ.



Рисунок 2.4 - Датчика тиску BMP180

Підключення здійснюється по інтерфейсу I2C, лінії SCL і SDA виведені на групу контактів на іншій стороні модуля

Контакти датчика тиску BMP180 :

- SCL - лінія трактування (Serial CLock);
- SDA - лінія даних (Serial Data);
- VCC - «+» живлення;
- GND - «-» живлення.
- Технічні характеристики датчика тиску BMP180 :
- напруга живлення: 3.3 В - 5 В;
- робочий струм: 0.5 мА;
- діапазон вимірюваного тиску: 300 гПа - 1100 гПа;

- інтерфейс: I2C;
- час спрацювання: 4.5 мс;
- точність вимірювання тиску: 0,1 гектопаскалях;
- точність вимірювання температури: 0,1 ° C;
- габарити: 15 мм x 14 мм.

Датчик температури і вологості повітря AM2320.

Щоб вимірювати температуру в теплиці було взято датчик температури і вологості, такий як AM2320. За характеристиками він майже ідентичний з більш відомими датчиками серії DHT, але в той же час має можливість роботи з I2C.

Важлива перевага цього датчика перед DHT - можливість працювати по шині I2C, але це ж є причиною одного з головних недоліків.

Справа в тому, що робота по I2C передбачає обмін даними по запиті, при цьому передається адреса пристрою (від 0 до 127).

Порівняння датчиків DHT і AM2320 наведено, у таблиці 1. 2.

Таблиця 1.2 - Порівняння датчики серії DHT і AM2320

Характеристика	Датчик		
	DHT11	DHT22	AM2320
діапазон температур	0 ... +50°C	-40 ... +80°C	-40 ... +80°C
Крок вимірювання температури	1°C	0,1°C	0,1°C
похибка температури	±2°C	±0,5°C	±0,5°C
діапазон вологості	20 ... 90%	0 ... 100%	0 ... 99,9%





Рисунок 2.5 Датчик температури і вологості повітря AM2320

Аналогово-цифровий датчик ADS1115. Мікросхема ADS1115 - це 4-х каналний 16-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

ADS1115 розроблено для забезпечення точності, енергоефективності, простоти в реалізації, може конвертувати з програмованими швидкостями обробки даних до 860 виб. / С, споживаний струм живлення становить всього 150 мкА (ном.), Вбудований підсилювач з програмованим коефіцієнтом підсилення (PGA).

Діапазони вхідних сигналів від  $\pm 256$  мВ до  $\pm 6.144$  В, що дозволяє проводити точні вимірювання великих і малих напруг. ADS1115 має вхідний мультиплексор (MUX), який дозволяє виконувати два диференціальних або чотири несиметричних вхідних вимірювання.

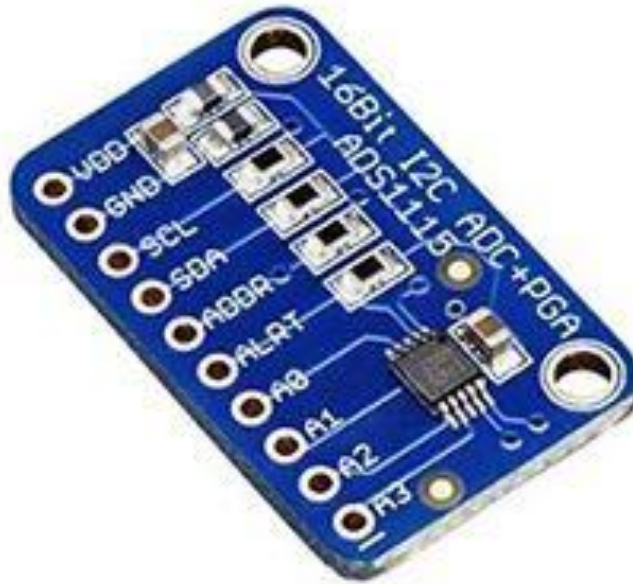


Рисунок 2.6 – Аналогово-цифровий датчик ADS1115

ADS1115 має вбудований компаратор, який можна використовувати в якості оповіщення для керуючого пристрою.

Характеристики ADS1115:

- корпус x2qfn-10 або vssop-10;
- швидкість обробки даних: 8-860 виб. / с;
- струм живлення: 150 мка (ном.);
- дозвіл: 16 біт;
- програмована частота дискретизації;
- напруга живлення: 2.0v - 5.5v;
- напруга зсуву: 100 мкв;
- розширений діапазон температур: від -40 ° с до + 125 ° с;
- внутрішнє джерело опорної напруги.

4 входи (A0-A3), які можуть використовуватися як два диференціальних входи для вимірювання різниці напруги між входами (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 - Входи ADS1115







Рисунок 2.8 Датчик газа mq-2 gas

Датчик можна використовувати для виявлення витоків промислового газу і задимлення. Вихідним результатом є аналоговий сигнал, пропорційний вмісту газів, до яких чутливий газоаналізатор.

Чутливість може бути налаштована за допомогою триммера на платі датчика. В газоаналізатор вбудований нагрівальний елемент, який необхідний для хімічної реакції.

Тому під час роботи сенсор буде гарячим, це нормально.

Для отримання стабільних показань новий сенсор необхідно один раз прогріти (залишити включеним) протягом 24 годин.

Після цього стабілізація після включення буде займати близько хвилини. Показання сенсора схильні до впливу температури і вологості навколишнього повітря. Тому в разі використання датчика газу в мінливому середовищі, при необхідності отримання точних показань, знадобиться реалізувати компенсацію цих параметрів (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Основні параметри датчика газу mq-2 gas



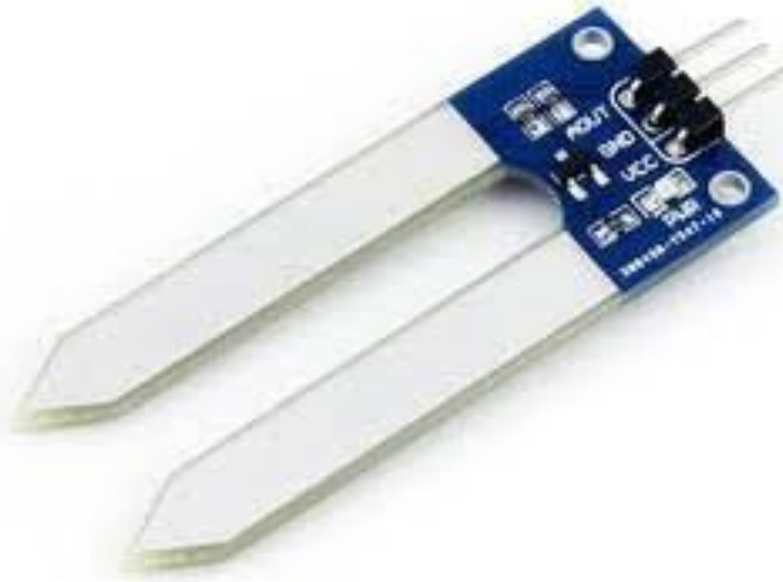


Рисунок 2.9 – Датчик вологості ґрунту Moisture sensor

Raspberry Pi Camera Board - офіційний модуль камери для лінійки мікрокомп'ютерів Raspberry Pi.

Характеристики Raspberry Pi Camera Board:

назва моделі: Raspberry Pi Camera Board V2;

дозвіл: 8Мп (до 3280 × 2464);

сенсор: Sony IMX 219 PQ CMOS, ¼ дюйма;

- підтримувані формати відео: 1080p (30fps), 720p (60fps), 640 × 480p (90fps);
- фокусна відстань: 33 мм;
- світлосила об'єктива: f / 2.

Довжина шлейфу - 15,5 см. Він сумісний з інтерфейсом CSI на всіх моделях лінійки Raspberry Pi крім Zero і Zero W, на яких використовується зменшена версія роз'єму, підключення до якої здійснюється через спеціальний перехідник. Розміри модуля 23 × 25мм.Є 4 отвори для стаціонарного кріплення гвинтами або на





- комунікувати зі сторонніми сервісами (IFTTT.com, Adafruit.io, Thing Speak.);
- зчитувати дані з мережі (прогноз погоди, курси акцій, електронні листи);
- запускати події, призначені на певний час;
- зберігати і зчитувати дані з баз даних.

З огляду на приведені переваги, для реалізації веб-інтерфейсу кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин було обрано Node-RED.

Node-RED це безкоштовний інструмент, який дозволяє автоматизувати датчики. Тут є інтерфейси для підключення до MQTT, набори логіки, висновок в консоль і блок довільної функції.

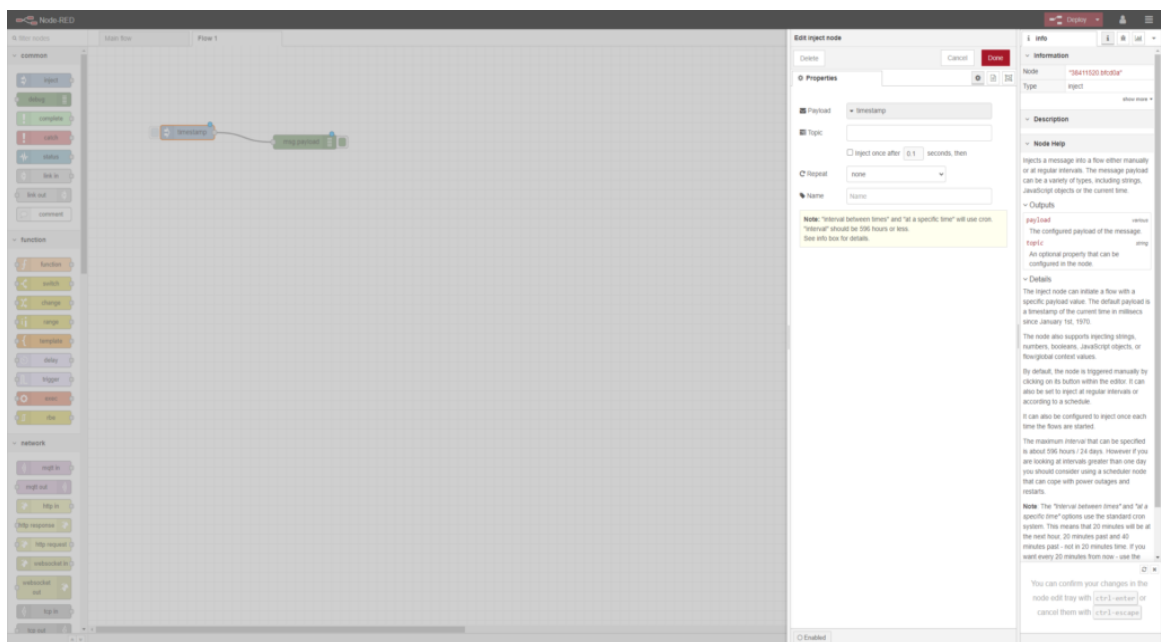


Рисунок 3.1 - Робоче поле Node-RED

Node-RED як система працює в основному в середовищах Linux. Присутні як готові репозиторії, так і наявний можливість власноручного компіляції. При бажанні систему можна встановити і на Android, споживання мізерне. На Windows Node-RED працює не гірше, тільки для запуску потрібно підсистема Linux для Windows.

Особливістю а Node-RED криється в тому, що, працюючи через звичайний браузер, користувач може створювати дуже складні ланцюжки дій. Node-RED - інструмент з одного боку простий, з іншого гнучкий і дозволяє реалізувати більшість поставлених задач . В установці Node-RED на Raspberry Pi немає нічого складного. Для цього було введено всього пару команд. Налаштувавши SSH-з'єднання з Raspberry Pi, ввівши в термінал команду, показану нижче

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

Потрібно натиснути два рази, клавішу " Y ". Додаємо Node-RED в авто завантаження і запускаємо його:

```
sudo systemctl enable nodered.service  
node-red-start
```

Для перевірки установки Node-RED, було введено в браузер IP-адреса Raspberry Pi і порт: <http://192.168.1.98:1880>. В результаті в браузері з'явилося вкладка представлена на рисунку 3.13. З лівого боку знаходиться список з групою блоків. Ці блоки називаються, «нодами», і розділені на підгрупи по функціональності.

У центрі знаходиться вкладка «Flow» - місце, де конструюється система з нодів. Так як не на всіх датчиках інсують ноди, було викорисатно ноду ехес. Ехес – дає можливість використовувати скрипти на мові Python.

Для тих датчиків, в яких існують ноди, було писано код на мові JavaScript. Наприклад з датчика Moisture.

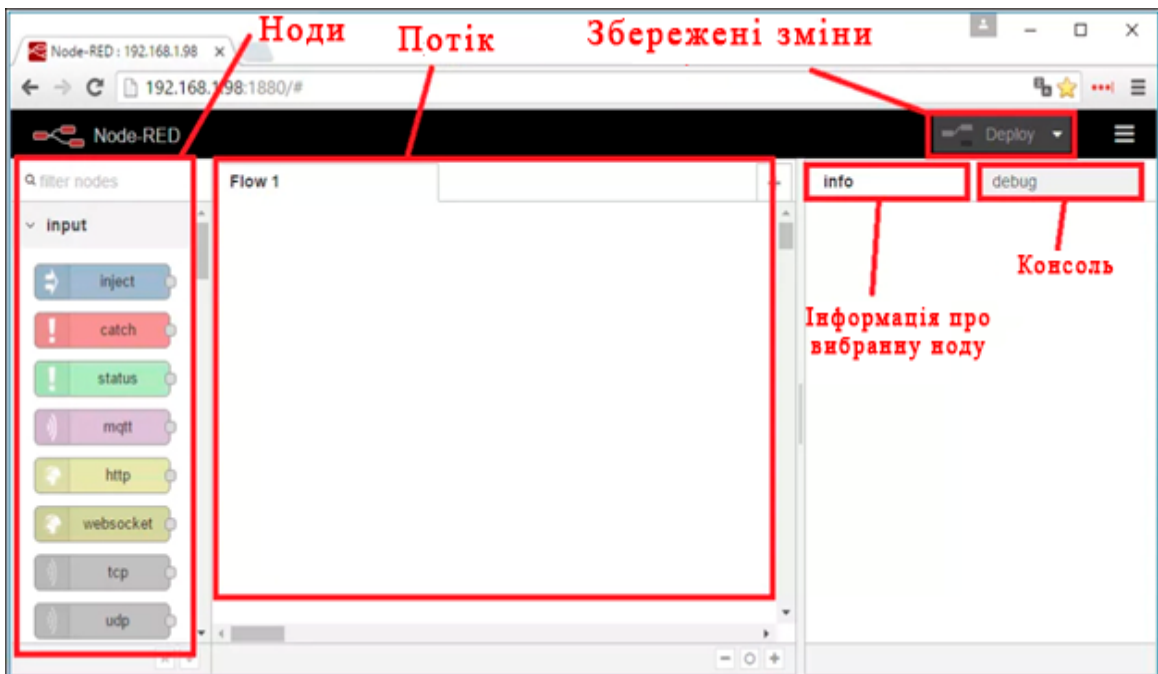


Рисунок 3.2 - Вигляд Node-RED після установки

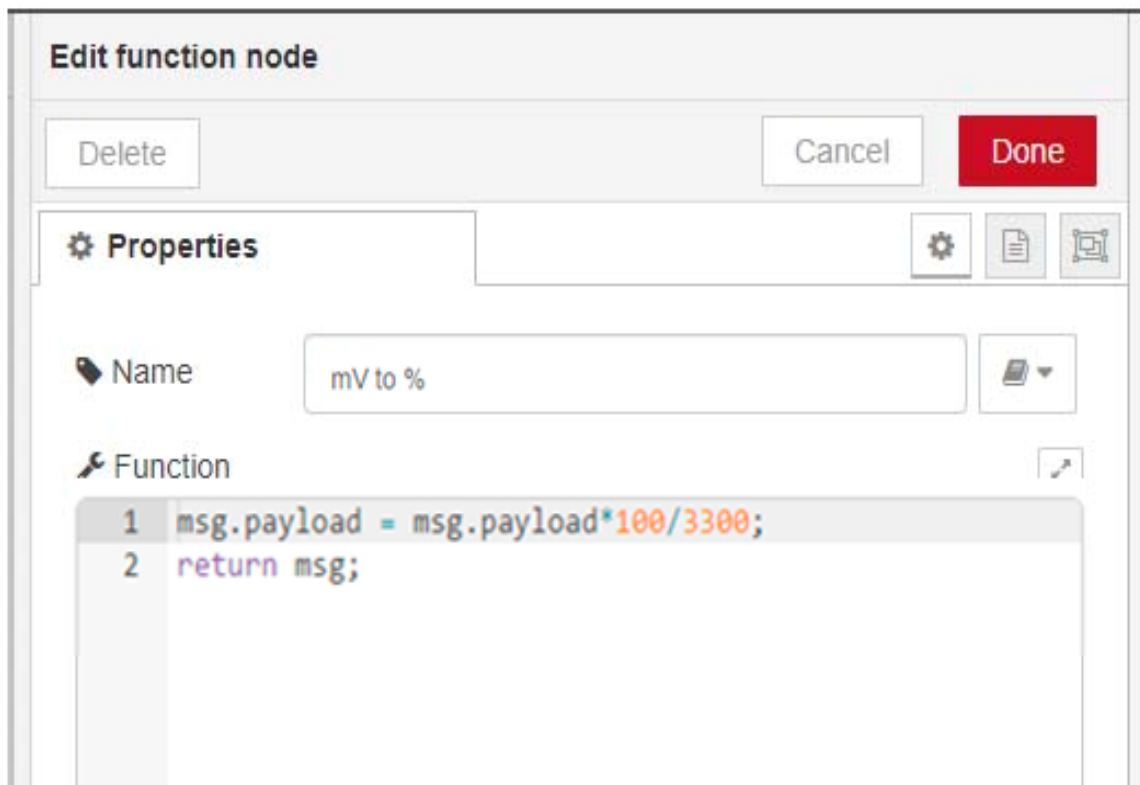


Рисунок 3.3 – Приклад написання коду

Для того, щоб зберігати фотографії з камери, було використано систему (рисунок 3.5).

Після збереження файлу в буфер переводим його в формат base64.



Рисунок 3.4 - Приклад використання датчика Moisture

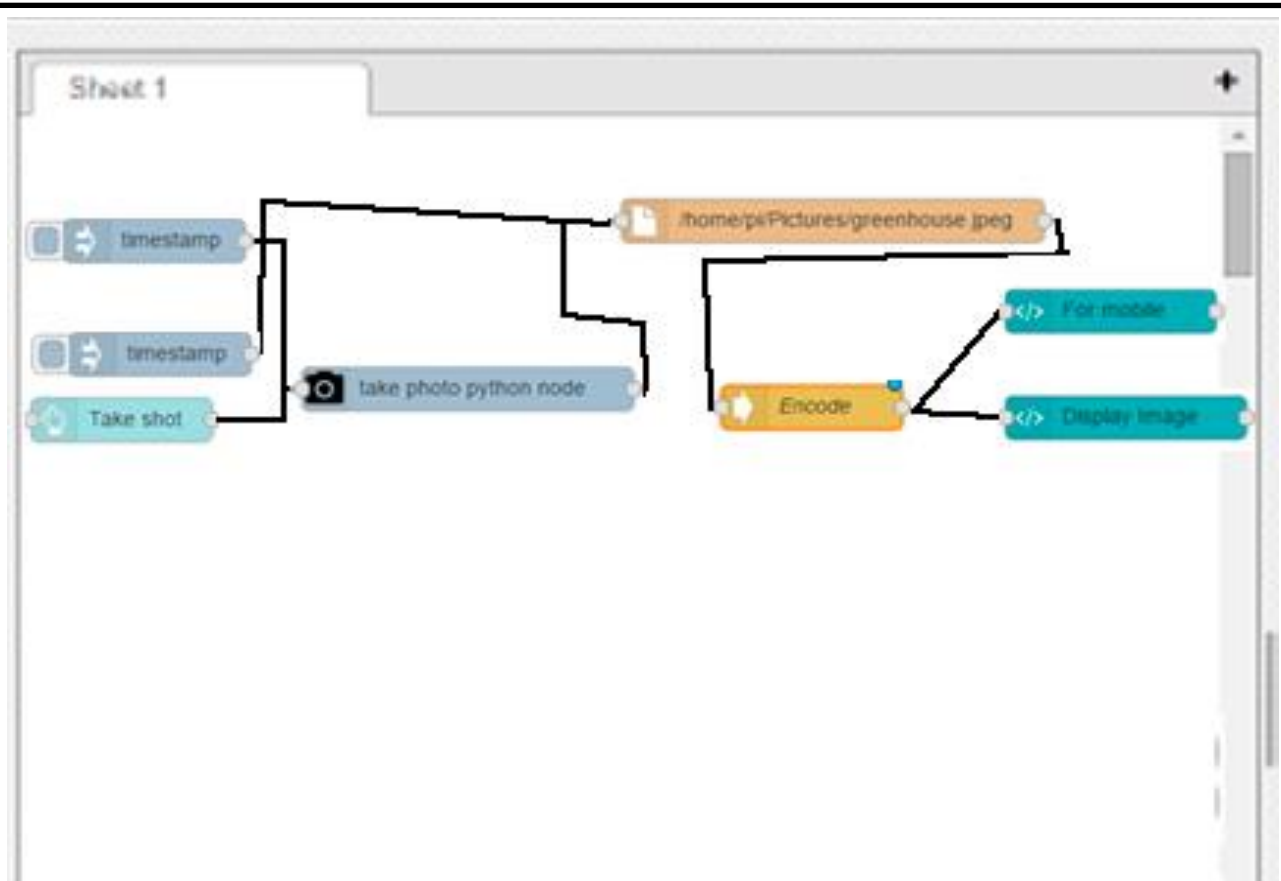


Рисунок 3.5 - Процес збереження файлу в base64

### 3.2 Алгоритми для реалізації автоматичного поливу

Алгоритм управління світлом відбувається так: алгоритм схожий на автополив, але отримуємо дані не так часто. Це зроблено для того, коли яскравий день і світла вистачає в теплиці, а значить нам не потрібно буде використовувати додаткове освітлення.

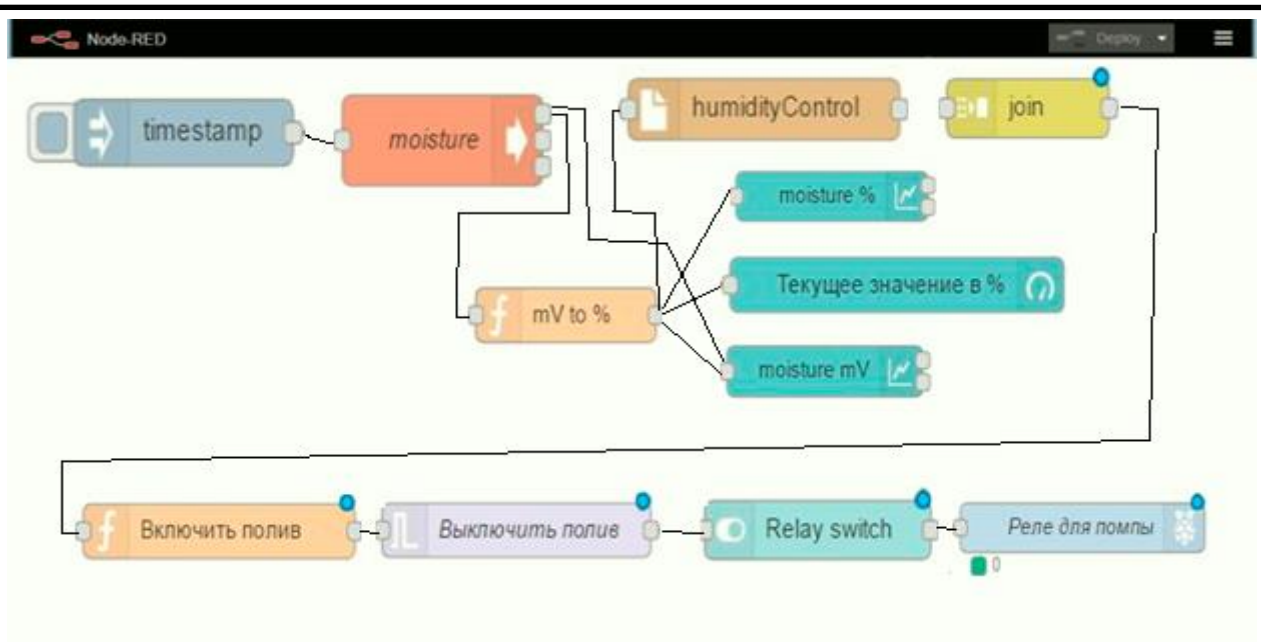


Рисунок 3.6 - Схема управління автоматичним поливом

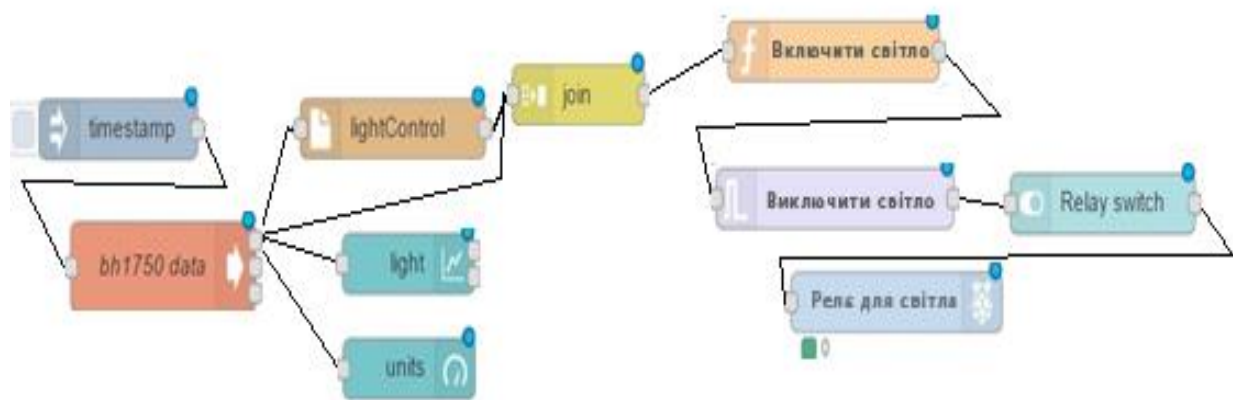


Рисунок 3.7 - Схема освітленням теплиці

### 3.3 Інтерфейс кіберфізичної системи розумній теплиці для автоматизації поливу рослин

В Node-RED є ноди призначені для роботи з користувачем інтерфейсу. Такі як: button, text, dropdown, slider, switch, chat, gauge, text, slider, audio out, notification,

ui, control, text input, numeric, color picker... Щоб ноди працювали потрібно дописати адресному полі “/ui”.

За допомогою нодів chart і gauge будуються графіки і індикатори, також вони мають багато різних нашартувань для зовнішнього виду. “CALIBRATE” це кнопка, яку ми використовуємо для датчика MQ-2 (button). Ноди template використовуються для відображення зроблених знімків з камери . Нода template дає можливість писати HTML код. Тому було створено сторінку на якій відображаються одина велика та одина маленька фотографія, для зручності перегляду показників в таблиці не тільки за допомогою комп’ютера, а ще й на мобільних телефонах чи планшетах, адже інтерфейс має адаптивний дизайн.

Також на HTML сторінці є кнопка, щоб зробити знімок і побачити стан теплиці.



Рисунок 3.8 - Сторінка з графіками інтерфейсу



Зробити фото



Рисунок 3.9 - HTML сторінка з фотографіями з камери

З нодою switch зробимо блок для з для реле, зможимо переключати їх на сторінці. Для включення / вимикання пристроїв, які керують освітленням, потоком води, циркулювання повітря і т.д., потрібні значення показників, які будуть використовуватися в алгоритмах управління.

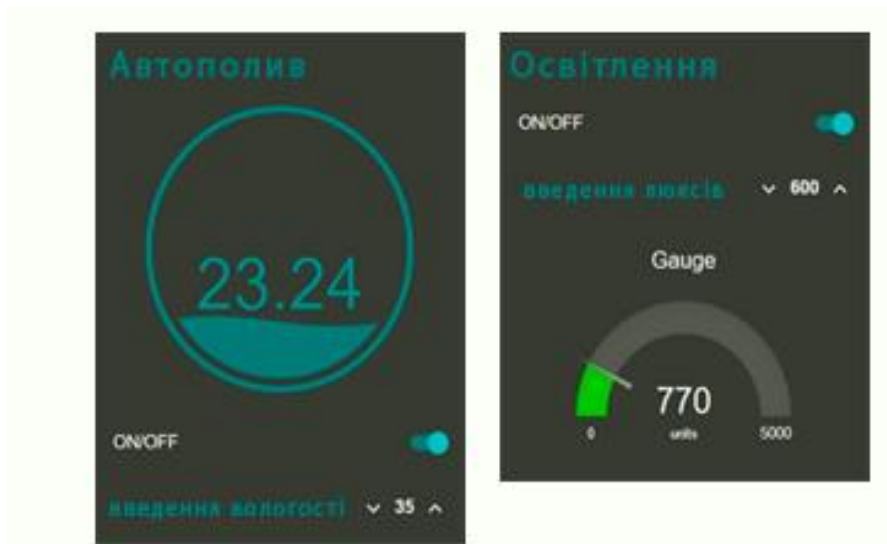


Рисунок 3.10 - Сторінка з перемикачами реле

Ці значення налаштовуються на цій же сторінці, а далі автоматично зберігаються у відповідних файли.

### 3.4 Налаштування Weaved для Raspberry Pi

IP-адреси комп'ютерів та інших пристроїв автоматично встановлюються маршрутизатором за допомогою протоколу. Недоліком автоматичної адресації є те, що IP-адреса пристрою може час від часу змінюватися. Щоб отримати статичний IP адреси був вибарний варіант - Dynamic DNS.

Є різні сценарії використання функції Dynamic DNS:

- веб-сервер;
- FTP-сервер;
- ігровий сервер;
- доступ до налаштувань маршрутизатора;
- доступ до мережевого накопичувача NAS;
- доступ до IP-камери.

Існує багато різних безкоштових Dynamic DNS, але було вибрано Weaved IoT .Weave - це набір мережевих протоколів. Протоколи Weave забезпечують обмін даними між пристроями, пристроями з мобільних пристроїв і пристроїв з хмарою як для управління, так і для передачі даних.

Хоча архітектура Weave заснована на IPv6, вона може використовувати будь-яку IP-мережу або технологію зв'язку точка-точка, таку як BLE.

Weaved був розроблений з урахуванням наступних цілей:

- низькі накладні витрати - легке рішення для малопотужних пристроїв;
- повсюдний - масштабований і уніфікований протокол всюди;
- надійність - використовує Thread® і самовідновлюється в хмарі;
- безпека - взаємодія безпечно, навіть якщо мережа не захищена;
- простота використання - гнучке налаштування і конфігурація;
- універсальність - строго типізовані дані для ефективної взаємодії.

Weave працює на кожному вузлі в домашній мережі (HAN), на кожному мобільному пристрої. Також можна переглядати веб-сторінки, розміщені на Raspberry Pi.

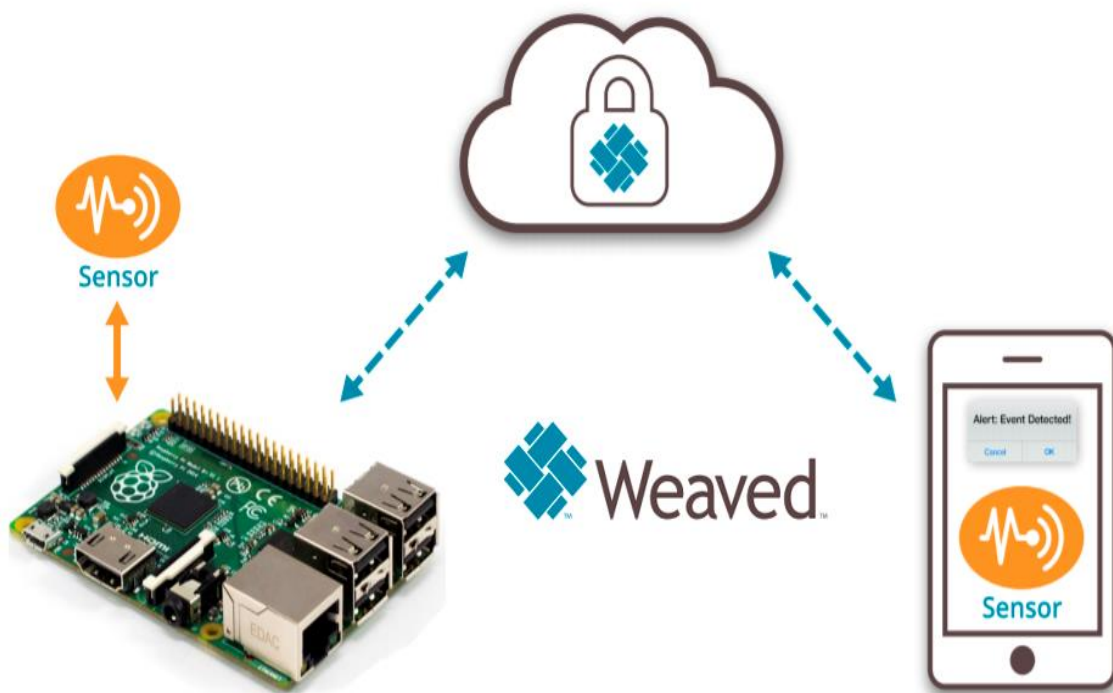


Рисунок 3.11 – Принцип роботи Weaved

**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 3.12 - Створених сервісів Weaved

Коли було зроблено статичний на IP аدرس і вибрано платформу Dynamic DNS, створили акаунт та отримали URL, за допомогою якого можливо дистанційно отримувати доступ до Node-RED.



Рисунок 3.13 - Адреса для віддаленого доступу

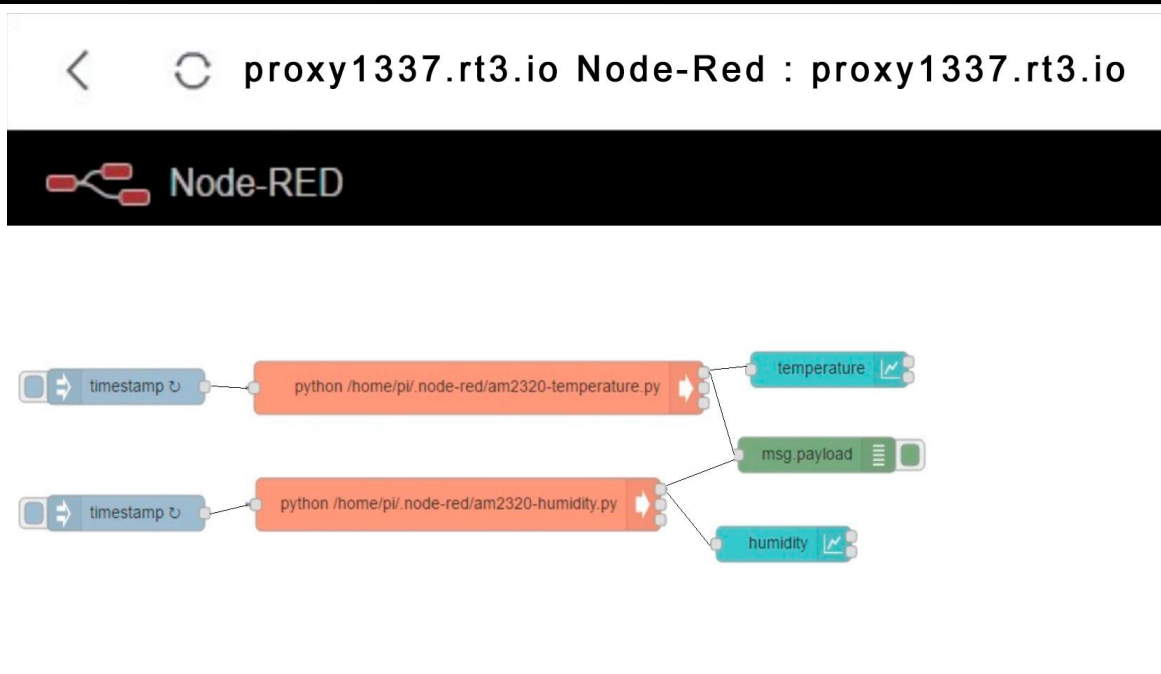


Рисунок 3.14 - Дистанційний доступ на інтерфейсу

Як згадувалося раніше, при використанні «/ui» можемо працювати з користувальницьким інтерфейсом.

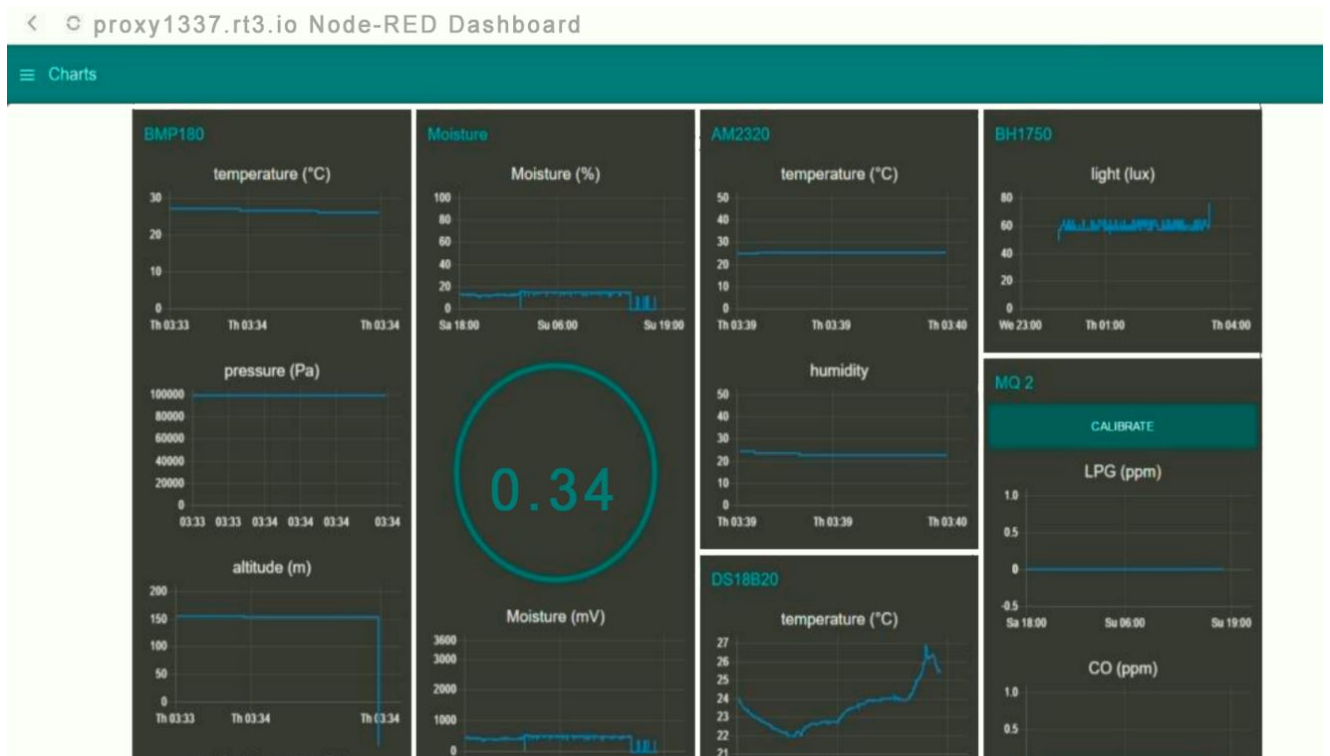


Рисунок 3.15 - Інтерфейс через дистанцій доступ



рослин. За результатами проведеного рахунку було встановлено що вся сумарна вартість складається 1699 грн, що свідчить про те, що була розроблена система автоматичного поливу дешевша за відомі аналоги. Розроблена система автоматичного поливу може бути використана не для сільгосподарського господарства.

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

## ВИСНОВКИ

Людина завжди прагне поліпшити якість свого життя і оптимізувати свій робочий час, саме тому кожен день створюються нові технології, які покликані полегшити людське життя. Однією з найважливіших турбот протягом всієї історії людства був полив рослин. Адже брак води позначається на врожаї, від якого залежить життя. Для початку було проведено аналіз вже готових рішень від різних компаній, від дешевих до дорогих. В кожній системі були як і плюси так і мінуси, але всі вони не відповідали поставленій задачі.

Тому була поставлена задача пошук компонентів та матеріалів для створення дешевої і водночас сучасної теплиці, де можна буде в реальному часі відслідковувати показники, змінювати настройки системи. В якості пристрою, який би зв'язував всю систему було віддано голос за Raspberry Pi.

Це маленький комп'ютер, розміром з кредитну карточку. Він має всі потрібні роз'єми і побудований на системі-на-чипі (SoC) Broadcom BCM2835, яка включає в себе процесор ARM із тактовою частотою 700 МГц, графічний процесор VideoCore IV, і 512 мегабайтів оперативної пам'яті. Далі було підібрано комплектуючі, які добре співпрацювали з Raspberry Pi.

Це датчик температури і вологості, як AM2320, ВН1750 - цифровий датчик освітленості, датчик BMP180 (3.3В, GY-68) - дозволяє виміряти атмосферний тиск і температуру навколишнього середовища, DS18B20 це цифровий вимірювач температури, ADS1115 розроблено для забезпечення точності, енергоефективності, простоти в реалізації, датчик газу, побудований на базі газоаналізатора MQ-2. Moisture Sensor - датчик для вимірювання вологості ґрунту. Raspberry Pi Camera Board - офіційний модуль камери для лінійки мікрокомп'ютерів Raspberry Pi. Наступним кроком було з'єднати систему з веб інтерфейсом.

Для цього було використано графічний конфігуратор Node-RED. В основі роботи системи лежить подія, яка генерується або зовнішнім джерелом, або таймером (процесом) всередині Node-RED. Далі потрібно було настроїти дистанційний доступ до системи, але виникла проблема пов'язана з динамічним IP адресом. Щоб усунути цю проблему було використано сервіс Weaved, який давав

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

доступ до з Raspberry PI з будь-якої точки світу по SSH, а також переглядати веб-сторінки, які розміщені на Raspberry PI.

Протоколи Weave забезпечують обмін даними між пристроями, пристроями з мобільних пристроїв і пристроїв з хмарою як для управління, так і для передачі даних в просторі Інтернету речей (IoT). Після всіх кроків була готова система розумної теплиці для автоматизації поливу рослин.

Наступним кроком було підрахування коштів, витрачених на Raspberry PI та комплектуючі. На сьогоднішній день таке рішення є одним з найдешевших варіантів на ринку. Комплектуючі хоч і дешеві, але не найкращої якості, тому через пів року потрібно буде замінити на нові, щоб отримувати точну інформацію з показників. Ця система автоматичного поливу підійде для людей, які думають відправитися у відпустку, але переживають за квіти та кімнатними рослинами, які ніхто не буде поливати під час відпустки.

Вони зможуть дистанційно керувати поливом та відслідковувати їхні показники. Також ця система підійде для невеликих теплиць, які не хочуть витратити багато грошей на систему автополиву від компаній, а бажають за невеликі гроші отримати ті ж функції. Врешті-решт ця система може використовуватися як для автоматичного поливу за кімнатними рослинами, так і для теплиці.

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Вирощування сільськогосподарських культур при застосуванні краплинного зрошення : навч. посіб. / О.В. Аверчев, О.В. Сидякіна, О.Г. Берднікова, Д.О. Ладичук. Херсон. 5с.
2. Системи автоматичного поливу Hunter в Полтаві. URL: <https://aterm.com.ua/sistemi-polivu.html> (дата звернення 01.03.2021).
3. Автополив газона Hunter. URL: [https://www.aquaprice.com.ua/avtopoliv/hunter/?gclid=CjwKCAjwTJ2FBhAuEiwAiku19nZmg36LaD5370sg\\_dMQuwTIX5y1xeBeQGKhtQMBcr\\_HAJTDSS8MhoCZIEQAvD\\_BwE](https://www.aquaprice.com.ua/avtopoliv/hunter/?gclid=CjwKCAjwTJ2FBhAuEiwAiku19nZmg36LaD5370sg_dMQuwTIX5y1xeBeQGKhtQMBcr_HAJTDSS8MhoCZIEQAvD_BwE) (дата звернення 01.03.2021).
4. Оборудование для систем полива, автополив, ландшафтный полив. URL: <https://bestoffer.com.ua/catalog/oborudovanie-dlya-sistem-poliva> (дата звернення 01.03.2021).
5. Развитие системы автоматичного поливу: від лійки до крапельному зрошенню і дощовиків - Магазин все для поливу. URL: <https://polivaem.com.ua/razvitie-sistemi-avtomaticheskogo-poliva-ot-leyki-k-kaapelnomu-orosheniu-i-dozhdevatelyam/> (дата звернення 03.03.2021).
6. Автоматична система поливу в саду. URL: <https://eurohouse.ua/ua/statti/avtomaticheskaya-sistema-poliva-v-sadu> (дата звернення 04.03.2021).
7. Рейтинг наборів краплинного поливу - ТОП 6 кращих, 2021. URL: <https://srbu.ru/blagoustrojstvo-territorii/1777-luchshij-kaapelnyj-poliv.html> (дата звернення (04.03.2021).
8. Автоматичний Полив (Обладнання для автополиву). URL: <https://www.aquaprice.com.ua/avtopoliv/> (05.03.2021).
9. Що таке плетіння? URL: <https://openweave.io/guides/weave-primer> (05.03.2021).

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



25. Датчик газу диму MQ-2. URL: <https://www.chipdip.ru/product/mq-2-gas-sensor> (12.03.2021).
26. Датчик газу диму MQ-2, купити зараз. URL: [https://www.winsensor.com/sensors/combustible-sensor/mq2.html?gclid=CjwKCAjwJ2FBhAuEiwAIKu19nsw8rTKyL3HZpNUOFeOGkejYK6QV\\_sdjONbOr8kYFS7\\_wLnRJK6хоC0с4QAvD\\_BwE](https://www.winsensor.com/sensors/combustible-sensor/mq2.html?gclid=CjwKCAjwJ2FBhAuEiwAIKu19nsw8rTKyL3HZpNUOFeOGkejYK6QV_sdjONbOr8kYFS7_wLnRJK6хоC0с4QAvD_BwE) (12.03.2021).
27. Датчик вологості Moisture Sensor від компанії Waveshare. URL: <https://www.terraelectronica.ru/news/4208.com>. (12.03.2021).
28. Moisture-sensor. URL: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=MOISTURE-SENSOR>. (12.03.2021).
29. Датчик вологості Moisture Sensor. URL: <https://uamper.com/arduino-grove>. (12.03.2021).
30. Огляд модуля камери Raspberry Pi Camera Board V2. URL: <https://dmitrysnotes.ru/obzor-raspberry-pi-camera-board-v2> (12.03.2021).
31. Камера Raspberry Pi Camera Board V2. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/> (12.03.2021).
32. Огляд модуля камери Raspberry Pi Camera Board V2. URL: <https://www.amazon.com/Raspberry-Pi-Camera-Module-Megapixel/dp/B01ER2SKFS> (12.03.2021).
33. Raspberry Pi Camera Board v2.1 купити. URL: <https://amperka.ru/product/raspberry-pi-camera-board-v2#docs> (15.03.2021).
34. Cambot — робот-фотограф на Raspberry Pi / Хабр. URL: <https://habr.com/ru/post/181930.com>. (18.03.2021).
35. Починаємо працювати з Raspberry Pi, заняття 1. URL:
36. <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-raspberry/66-getting-started-with-raspberrypi-session-1> (19.03.2021).
37. Raspberry Pi. URL:
38. <https://arduino.ua/prod1449-raspberry-pi-3-b> (19.03.2021).
39. Починаємо працювати з Raspberry Pi. URL:

40. <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/obzor-plat-raspberry-pi/>  
(19.03.2021).
41. Node-RED: що до чого і головне навіщо. Розбираємося. Многобукфф.  
URL: <https://blog.kv213.com/2020/07/node-red-что-k-chemu-i-glavnoe-zachem-razbiraemsgya/> (20.03.2021).
42. Node-RED, все тут. URL: <https://github.com/node-red/node-red/>  
(20.03.2021).
43. Node-RED. Розбираємося. URL:  
<https://habr.com/ru/company/yandex/blog/519600/> (20.03.2021).
44. Node-RED - покрокова інструкція для новачків. частина 1. URL:  
<https://sprut.ai/client/article/1820> (20.03.2021).
45. Як призначити статичний IP-адресу в Windows 7, 8, 10, XP або Vista. URL:  
<https://ua.phhsnews.com/articles/howto/how-to-assign-a-static-ip-address-in-windows-7-8-10-xp-or-vista.html> (20.03.2021).
46. Використання веб-інтерфейсу для дистанційного керування raspberry pi  
1. URL: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-raspberry/76-using-the-web-interface-for-remote-control-raspberry-pi-session-13-14.> (20.03.2021).
47. Використання веб-інтерфейсу raspberry pi 1. URL:  
<https://www.ekzorchik.ru/2017/02/how-to-install-on-webiopi-raspberry/>.  
(20.03.2021).
48. Веб-інтерфейс дистанційного керування raspberry pi 1. URL:  
<https://freshgeek.ru/web-upravlenie-raspberry-pi-gpio/>. (20.03.2021).
49. Node-RED. URL: <https://nodered.org/> (20.03.2021).
50. Використання веб-інтерфейсу raspberry pi 3. URL:  
<https://github.com/node-red/node-red/> (20.03.2021).
51. Node-RED – перші три кроки. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex-company/blog/519600/> (20.03.2021).
52. Node-RED - покрокова інструкція для новачків. частина 1. URL:  
<https://sprut.ai/client/article/1820> (20.03.2021).

53. Управління статичним адресом на windows. URL: <https://ua.phhsnews.com/articles/howto/how-to-assign-a-static-ip-address-in-windows-7-8-10-xp-or-vista.html> (20.03.2021).

54. Використання веб-інтерфейсу для дистанційного керування raspberry pi 1. URL: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-raspberry/76-using-the-web-interface-for-remote-control-raspberry-pi-session-13-14>. (20.03.2021).

55. Налаштовання веб-камери з Raspberry Pi для перегляду в Інтернеті. URL: <http://mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/category-raspberry> (20.03.2021).

56. .Встановлення та управління графічним інтерфейсом Raspberry Pi 1. URL: <https://sprut.ai/client/article/1514/>. (20.03.2021).

					ЛРКІ 170292.01.22.01 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

**ДОДАТОК А**  
**(обов'язковий)**

**КОД ДЛЯ ПРОГРАМ**

**Код для програми для AM2320**

```
import posix

from fcntl import ioctl

import time

class AM2320:

    I2C_ADDR = 0x5c

    I2C_SLAVE = 0x0703

    def __init__(self, i2cbus = 1):

        self._i2cbus = i2cbus

    @staticmethod

    def _calc_crc16(data):

        crc = 0xFFFF

        for x in data:

            crc = crc ^ x

            for bit in range(0, 8):

                if (crc & 0x0001) == 0x0001:
```

```

        crc >>= 1

        crc ^= 0xA001

    else:

        crc >>= 1

    return crc

@staticmethod

def _combine_bytes(msb, lsb):

    return msb << 8 | lsb

def readSensor(self):

    fd = posix.open("/dev/i2c-%d" % self._i2cbus, posix.O_RDWR)

    ioctl(fd, self.I2C_SLAVE, self.I2C_ADDR)

    #     wake AM2320 up, goes to sleep to not warm up and affect the
humidity

    sensor

    #     This write will fail as AM2320 won't ACK this write
try:

    posix.write(fd, b'\0x00')

except:

    pass

    time.sleep(0.001)    #Wait at least 0.8ms, at most 3ms

```

```

        # write at addr 0x03, start reg = 0x00, num regs = 0x04
*/ posix.write(fd, b'\x03\x00\x04')

time.sleep(0.0016) #Wait at least 1.5ms for result

#     Read out 8 bytes of result data
#     Byte 0: Should be Modbus function code 0x03

#     Byte 1: Should be number of registers to read (0x04)
#     Byte 2: Humidity msb
#     Byte 3: Humidity lsb
#     Byte 4: Temperature msb
#     Byte 5: Temperature lsb
#     Byte 6: CRC lsb byte
#     Byte 7: CRC msb byte
data = bytearray(posix.read(fd, 8))

# Check data[0] and data[1]

if data[0] != 0x03 or data[1] != 0x04:

    raise Exception("First two read bytes are a mismatch")

# CRC check

if self._calc_crc16(data[0:6]) != self._combine_bytes(data[7],
data[6]):

    raise Exception("CRC failed")

#     Temperature resolution is 16Bit,
#     temperature highest bit (Bit15) is equal to 1 indicates a
#     negative temperature, the temperature highest bit (Bit15)
#     is equal to 0 indicates a positive temperature;
#     temperature in addition to the most significant bit (Bit14 ~
Bit0)
#     indicates the temperature sensor string value.

```

```

        # Temperature sensor value is a string of 10 times the
        # actual temperature value.
temp = self._combine_bytes(data[4], data[5])

if temp & 0x8000:

    temp = -(temp & 0x7FFF)

temp /= 10.0

humi = self._combine_bytes(data[2], data[3]) / 10.0

return (temp, humi)

am2320 = AM2320(1)

(t,h) = am2320.readSensor()

print t

print h

```

## Код для для MQ-2 Gas Sensor

```

import time

import math

import sys

import Adafruit_ADS1x15

# Class for work
with ADS1115 class ADS():

##### Hardware Related Macros #####

```

```

PIN = 0      # define which analog input channel you are going to use

RL_VALUE = 5 # define the load resistance on the board, in kilo ohms

RO_CLEAN_AIR_FACTOR = 9.83

# RO_CLEAR_AIR_FACTOR=(Sensor resistance in clean air)/RO,
# which is derived from the chart in datasheet
#   Choose a gain of 2/3 for reading voltages from 0 to 6.144V.

#   Or pick a different gain to change the range of voltages that
are read:
#   - 2/3 = +/-6.144V
#   - 1 = +/-4.096V
#   - 2 = +/-2.048V
#   - 4 = +/-1.024V
#   - 8 = +/-0.512V
#   - 16 = +/-0.256V

# See table 3 in the ADS1015/ADS1115 datasheet for more info on
gain. GAIN = 2/3

##### Software Related
Macros#####

CALIBARAION_SAMPLE_TIMES= 50

# define how many samples you are going to take in the
calibration phase CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL= 500

# define the time interal(in milisecond) between each samples in the
# cablibration phase

# define how many samples you are going to take in normal
operation READ_SAMPLE_TIMES= 5

# define the time interal(in milisecond) between each samples in
# normal operation

```

```

##### Application Related Macros
#####

GAS_LPG          = 0

GAS_CO           =

GAS_SMOKE        =

def __init__(self, Ro=10, analogPin=0):
    try:
        f = open('mq2R0.txt')
        self.Ro = float(f.read())
    except:

        self.Ro = 10;

    self.PIN = analogPin

    self.adc = Adafruit_ADS1x15.ADS1115()

    self.LPGCurve = [2.3,0.21,-0.47]

    #two points are taken from the curve.

    #with these two points, a line is formed which is "approximately
    equivalent" #to the original curve.

    #data format:{ x, y, slope}; point1: (lg200, 0.21), point2:
    (lg10000, -0.59) self.COCurve = [2.3,0.72,-0.34]

    #two points are taken from the curve.

```

```
#with these two points, a line is formed which is "approximately
equivalent"
```

```
#to the original curve.
```

```
#data format:[ x, y, slope]; point1: (lg200, 0.72), point2:
(lg10000, 0.15) self.SmokeCurve =[2.3,0.53,-0.44]
```

```
#two points are taken from the curve.
```

```
#with these two points, a line is formed which is "approximately
equivalent"
```

```
#to the original curve.
```

```
#data format:[ x, y, slope]; point1: (lg200, 0.53), point2:(lg10000, -
0.22)
```

```
#print("Calibrating...")
```

```
#self.Ro = self.Calibration(self.PIN)
```

```
#print("Calibration is done...\n")
```

```
#print("Ro=%f kohm" % self.Ro)
```

```
def Percentage(self):
```

```
    val = {}
```

```
    read = self.Read(self.PIN)
```

```

        val["GAS_      =      self.GetGasPercentage(read/self.Ro,
LPG"]          self.GAS_LPG)

                self.GetGasPercentage(read/se      self.GAS_
        val["CO"]    lf.Ro,                          CO)

        val["SMOK      self.GetGasPercentage(read/se      self.GAS_
E"]              lf.Ro,                          SMOKE)

        return

val

##### ResistanceCalculation
#####

        #Input: raw_adc - raw value read from adc, which represents the
voltage

        #Output:      the calculated sensor resistance

        #Remarks: The sensor and the load resistor forms a voltage divider.
Given #the voltage across the load resistor and its resistance, the
resistance # of the sensor could be derived.

#####
####

        def ResistanceCalculation(self, raw_adc):

                return float(self.RL_VALUE*(32767.0-raw_adc)/float(raw_adc));

##### Calibration
#####

        #      Input:  pin - analog channel
        #      Output: Ro of the sensor
        #      Remarks: This function assumes that the sensor is in clean
air. It use

```

```

        # ResistanceCalculation to calculates the sensor resistance in
clean air
        # and then divides it with RO_CLEAN_AIR_FACTOR.
RO_CLEAN_AIR_FACTOR
        # is about 10, which differs slightly between different sensors.

#####
####

    def Calibration(self, pin):

        val = 0.0

        for i in range(self.CALIBARAION_SAMPLE_TIMES):

            # take multiple samples

            val += self.ResistanceCalculation(self.adc.read_adc(pin,
gain=self.GAIN))

            time.sleep(self.CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL/1000.0)

        val = val/self.CALIBARAION_SAMPLE_TIMES #
calculate the average value

        val = val/self.RO_CLEAN_AIR_FACTOR

        # divided by RO_CLEAN_AIR_FACTOR yields the Ro

        # according to the chart in
the datasheet return val;

##### Read
#####

        # Input: pin - analog channel
        # Output: Rs of the sensor

```

```

        # Remarks: This function use ResistanceCalculation to caculate
the sensor
        # resistance (Rs).

        # The Rs changes as the sensor is in the different concentration
of the

        # target gas. The sample times and the time interval between samples
# could be configured by changing the definition of the macros.

#####
####

def Read(self, pin):

    rs = 0.0

    for i in range(self.READ_SAMPLE_TIMES):

        rs += self.ResistanceCalculation(self.adc.read_adc(pin,
gain=self.GAIN))

        time.sleep(self.READ_SAMPLE_INTERVAL/1000.0)

    rs = rs/self.READ_SAMPLE_TIMES

    return rs

##### GetGasPercentage
#####

# Input: rs_ro_ratio - Rs divided by Ro

# gas_id - target gas type

# Output: ppm of the target gas

```

```

        # Remarks: This function passes different curves to the
GetPercentage

        # function which calculates the ppm (parts per million) of the
target # gas.

#####
####

def GetGasPercentage(self, rs_ro_ratio, gas_id):

    if ( gas_id == self.GAS_LPG ):

        return self.GetPercentage(rs_ro_ratio, self.LPGCurve)

    elif ( gas_id == self.GAS_CO ):

        return self.GetPercentage(rs_ro_ratio, self.COCurve)

    elif ( gas_id == self.GAS_SMOKE ):

        return self.GetPercentage(rs_ro_ratio, self.SmokeCurve)

    return 0

##### GetPercentage
#####

# Input: rs_ro_ratio - Rs divided by Ro

#         pcurve      - pointer to the curve of the target gas

#         Output: ppm of the target gas

# Remarks: By using the slope and a point of the line. The
x(logarithmic #value of ppm)

#of the line could be derived if y(rs_ro_ratio) is provided. As it
is a #logarithmic coordinate, power of 10 is used to convert the result to
#non-logarithmic value.

```

```
#####
```

```
def GetPercentage(self, rs_ro_ratio, pcurve):
```

```
    return (math.pow(10, ( (math.log(rs_ro_ratio)-pcurve[1])/  
pcurve[2])
```

```
+ pcurve[0]))
```

## ДОДАТОК Б

(обов'язковий)

### ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ДО RASPBERRY PI

В цьому додатку наведено приклад підключення датчиків до контактів Raspberry Pi.

VH1750 - Цифровий датчик освітленості.

Контакти цифрового датчика освітленості VH1750:

- scl i sda - для підключення до шини i2c;
- vcc - для підключення живлення 5 в ;
- gnd - для підключення до мінуса.

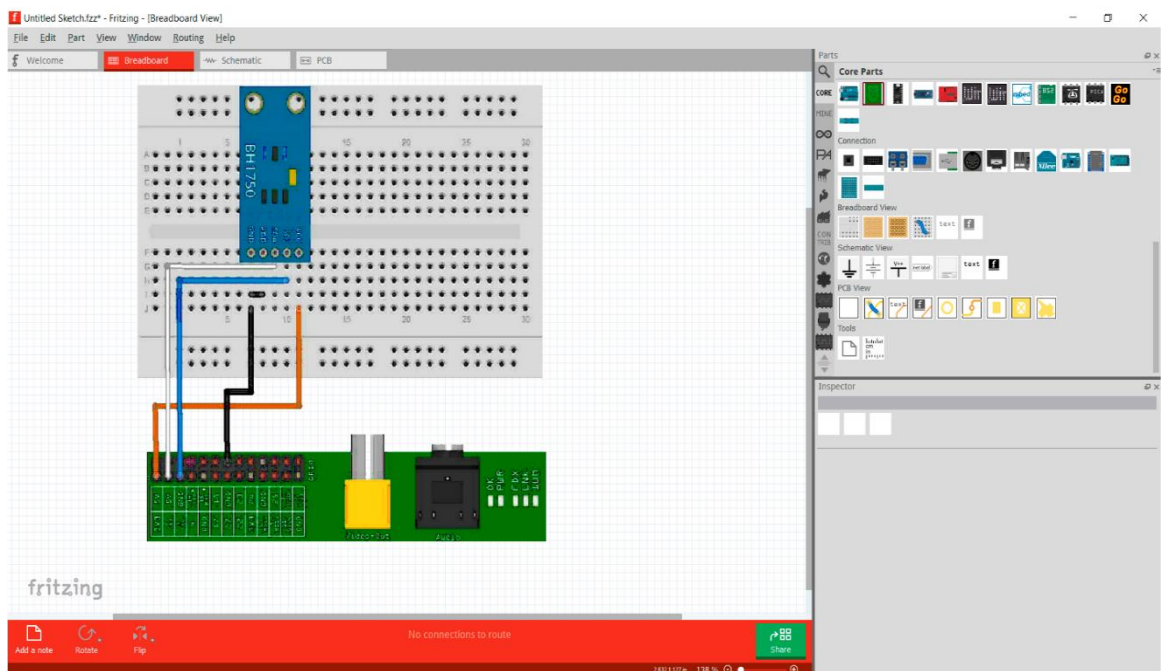


Рисунок Б.1 - До Raspberry Pi підключення контактів цифрового датчика освітленості VH1750

## Датчика тиску BMP180.

Контакти датчика тиску BMP180:

- VCC - для підключення живлення 5 В;
- SCL і SDA - для підключення до шини I2C;
- GND - для підключення до мінуса;

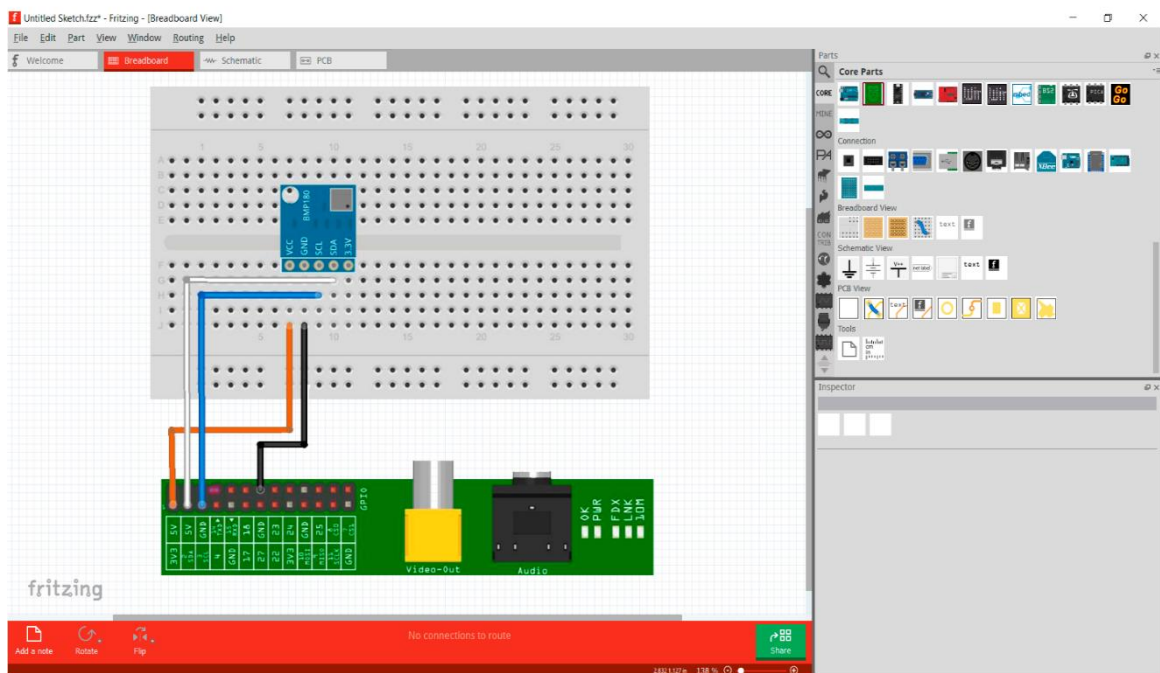


Рисунок Б.2 - До Raspberry Pi підключення контактів датчика тиску BMP180

## Датчик температури і вологості повітря AM2320.

Контакти датчика AM2320 на рисунку Б.3:

- VDD - для підключення живлення 3.3 В;
- SCL і SDA - для підключення до шини I2C;
- GND - для підключення до мінуса.

Аналогові датчики MQ-2, і АЦП ADS1115, і Moisture Sensor на рисунку Б.4

Контакти датчика MQ-2:

- AOUT - аналоговий вихід;
- GND - для підключення до мінуса ;
- DOUT - цифровий вихід ;
- VCC - для підключення до напруги 3.3 В.

Контакти датчика Moisture Sensor:

- AOUT - аналоговий вихід ;
- VCC - для підключення до напруги 5 В;
- GND - для підключення до мінуса.

Контакти аналогово-цифровий датчик ADS1115:

- GND - для підключення до мінуса ;
- VDD - для підключення живлення 3,3 В;
- SCL і SDA - для підключення до шини I2C.

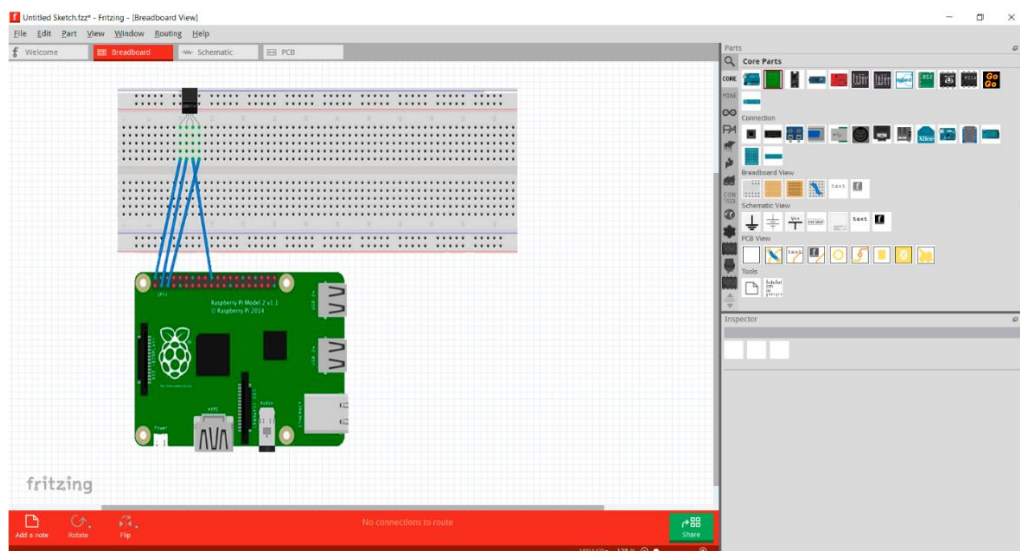


Рисунок Б.3 - До Raspberry Pi підключення контактів датчика температури і вологості повітря AM2320

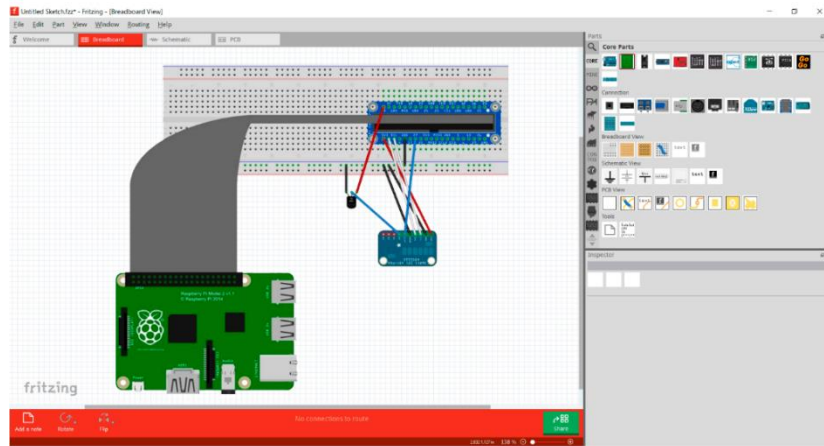


Рисунок Б.4 - До Raspberry Pi підключення контактів MQ-2 і ADS1115

Датчик температури ґрунту DS18B20.

Контакти датчика температури ґрунту DS18B20:

- VDD - для підключення живлення 3,3 В;
- DQ - за допомогою інтерфейсу 1-Wire введення / виведення даних;
- GND - для підключення до мінуса .

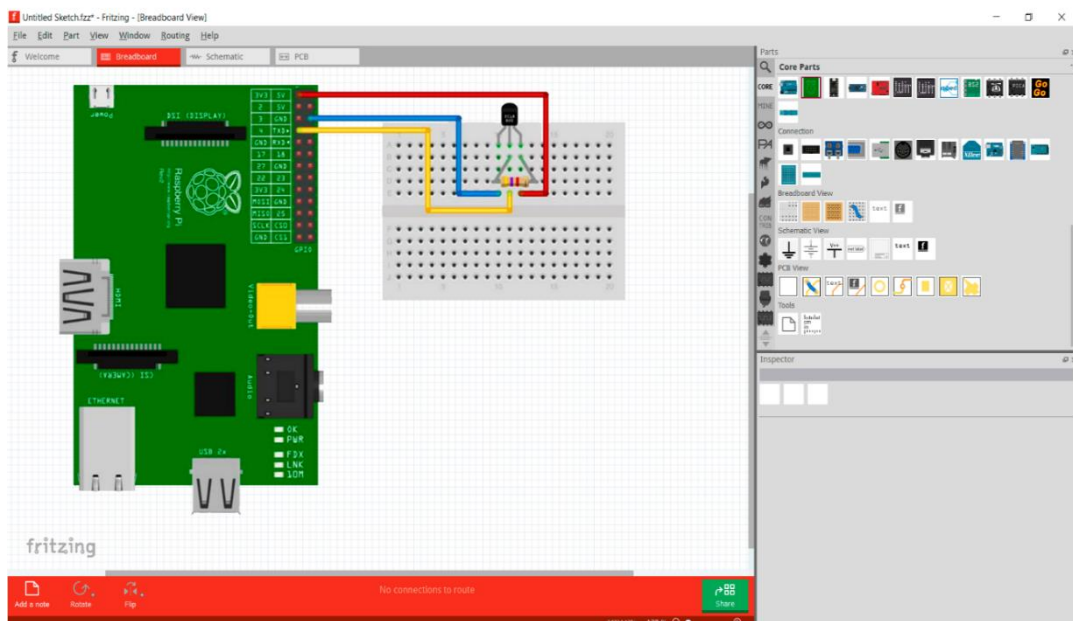


Рисунок Б.5 - До Raspberry Pi підключення контактів датчика температури ґрунту DS18B2







Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1008140493

Дата перевірки:  
02.06.2021 13:40:13 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
02.06.2021 13:45:30 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Цимбалюк\_Проектування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поли...

Кількість сторінок: 53 Кількість слів: 8131 Кількість символів: 58758 Розмір файлу: 3.09 MB ID файлу: 1008221166

## 15% Схожість

Найбільша схожість: 8.3% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008214710)

12.9% Джерела з Інтернету

50

Сторінка 55

9.04% Джерела з Бібліотеки

62

Сторінка 56

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Замінені символи

3

Wed Jun 02 12:59:10 EEST 2021, Медзятий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальное совпадение с одним документом 2.0%**Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Ошибок в документах: 11%**

ID: 91991 Название: Проектування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин Добавлено в БД: 2021-06-02 Авторы: Цимбалюк І.О. Руководители: Нічепорук А.О. Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	43593	464	2461 (6%)	30 (6%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Цимбалюк Ігор Олександрович

Тема: Проектування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3 ; кількість сторінок записки 54

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано кіберфізичну систему розумної теплиці для автоматизації поливу рослин

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 огляд відомих рішень та засобів. У другому розділі здійснено опис компонентів для проєктованої кіберфізичної системи. У третьому розділі наведено організацію системи з веб-інтерфейсом.

4. Позитивні сторони роботи: Матеріальні затрати на проектування запропонованої кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин є досить низькими.

5. Негативні сторони роботи: В роботі не обгрунтовано в повному обсязі вибір елементної бази для проектування кіберфізичної системи. Приділено мало уваги комунікаційній складовій компонентів проєктованої кіберфізичної системи.

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 «добре» 4,5 (В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Мартинюк Валерій Володимирович, д.т.н., професор, завідувач кафедру "Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій і телекомунікацій"

" 7 " 06 2021р.



Завідувачу кафедри КІСП  
д-ру техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Цимбалюк І.О.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 4 курсу, групи КІ-17-1

### 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 наявність плагіату ознайомлений(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.

02.06.2021

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ 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: Проектування кіберфізичної системи розумної теплиці для автоматизації поливу рослин

Автор: Цимбалюк Ігор Олександрович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Нічепорук Андрій Олександрович, к.т.н, доцент

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 аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами.
- 4) частина виявлених збігів є описом технічних характеристик давачів, що використанні для проведення дослідження.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 15% і адресується до 112 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСП

А. О. Нічепорук

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко