

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi  
Назва теми

КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

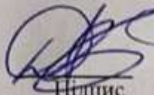
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

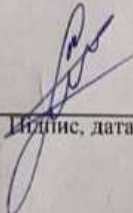
Назва

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

  
Підпис

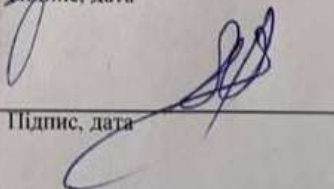
Д.Ю. Ровінчук  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

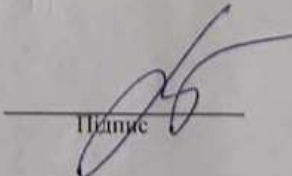
А. О. Нічепорук  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних систем

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

« 16 » 06 2022 р.

Хмельницький 2022

# 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.Говорущенко

“ ” 202\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Ровінчуку Дмитру Юрійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на база мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Керівник проекту (роботи) Нічепорук А.О., к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2022 р. № 18

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)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Моделювання та проектування кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Програмна-апаратна реалізація кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi


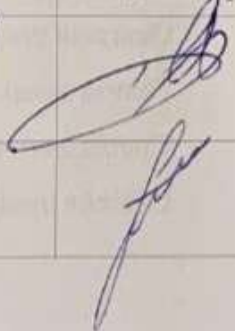

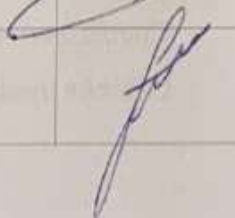
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Блок-схеми роботи системи

Фізична схема системи

Функціональна система

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

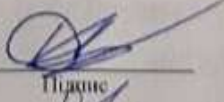
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

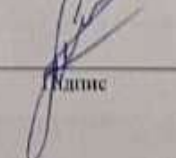
№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення 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 – елементна база кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин	01.04.2022	виконано
5	Робота над розділом 3 – веб-інтерфейс кіберфізичної системи поливу із системою сповіщення	30.04.2022	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2022	виконано
7	Попередній захист ВКР	24.05.2022	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	17.06.2022	

Студент

  
Підпис

Д. Ю. Ровінчук  
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

А. О. Нічепорук  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi».

Автор роботи: Ровінчук Дмитро Юрійович.

Керівник роботи: Нічепорук Андрій Олександрович

Пояснювальна записка: 55 с., 32 рис., 6 табл., 3 дод., 30 джерел.

Графічна частина: 7 презентаційних слайдів.

### КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ПРОЄКТУВАННЯ, СПОВІЩЕННЯ, RASPBERRY PI.

Метою роботи є розробка кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

Об'єктом дослідження є кіберфізична системи поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry P.

Предметом дослідження є процес проектування та моделювання кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

Практичне значення отримала спроектована кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi, що відповідає розглянутому плану приміщень.







Підпис студента

14.06.22

Дата

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	3
ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ .....	7
1.1 Огляд відомих систем автоматизованого поливу кімнатних рослин.....	7
1.2 Способи і технології реалізації системи автоматичного поливу рослин.....	11
1.3 Апаратно-програмна платформа Raspberry Pi.....	13
1.4 Постановка задачі .....	17
2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ПОЛИВУ КІМНАТНИХ РОСЛИН ІЗ СИСТЕМОЮ СПОВІЩЕННЯ .....	19
2.1 Основи функціонування кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин .....	19
2.2 Вибір елементної бази.....	22
3 ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ КІМНАТНИХ РОСЛИН ІЗ СИСТЕМОЮ СПОВІЩЕННЯ .....	37
3.1 Розробка алгоритму поливу рослин.....	37
3.2 Розробка макету схеми.....	39
3.3 Розробка програмного коду і налагодження стабільної роботи АСПКР.....	43
3.4 Розробка та налаштування віддаленого доступу до АСПКР .....	50
3.5 Матеріальні затрати .....	56
ВИСНОВКИ .....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	60
Додаток А Копія креслення «Блок-схеми роботи системи» .....	64
Додаток Б Копія креслення «Фізична схема системи».....	65
Додаток В Копія креслення «Функціональна схема системи» .....	66

КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Ровінчук Д.Ю.		
Перевір.		Нічспорук А.О.		
Н.контр.		Лисенко С.М.		
Затвер.		Говорушенко Т.О.		
Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi				
		Літера	Аркуші	Аркушів
		у	2	
ХНУ КІ2с-19-1				

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АСП – автоматизована система поливу

АСПКР – автоматизована система поливу кімнатних рослин

МК – мікрокомп'ютер

ГРІО – інтерфейс введення / виводу загального призначення

ДВГ – датчик вологості ґрунту

ПЗ – програмне забезпечення

ОС – операційна система

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

Сучасний розвиток науки і техніки дозволяють автоматизувати й покращити життя у багатьох сферах людської діяльності, у тому числі й побутові умови. Сьогодні існує безліч приладів та пристроїв, що дозволяють заощадити час, зробити життя людей вдома та на роботі комфортнішим, зручнішим та дешевшим.

Головна проблема догляду за рослинами – це їх полив без присутності людини. Щоб люди змогли їхати на тривалий проміжок часу з дому та не боялись того, що їхній зелений друг засохне або зав'яне. Дешева система, що має можливість для вдосконалення, була б незамінною річчю не тільки на дачі, але і вдома.

Сьогодні кімнатні рослини є майже у кожній будівлі. У добре населених містах рослини розміщують у висотних будинках, в офісах та магазинах задля створення комфортного простору для людини, яка перебуває у цій будівлі. При цьому, стан кімнатних рослин залежить від своєчасного поливу та догляду за ними. Система автоматичного регулювання поливу кімнатних рослин дозволяє своєчасно забезпечити різні рослини різною кількістю води, заощадити як час, так і водні ресурси, проте догляд за рідкісними рослинами пов'язаний із складнощами вибору оптимального режиму поливу.

Метою роботи є спрощення поливання кімнатних рослин шляхом розробки кіберфізичної системи із системою сповіщення для автоматизації поливу рослин.

Об'єктом дослідження є процес автоматизації поливу кімнатних рослин вдома.

Предметом дослідження є доцільність використання зібраної та функціонуючої кіберфізичної автоматизованої системи для автоматизації догляду за рослинами.

Методи дослідження базуються на застосуванні інноваційних технологій, програмування та програмного забезпечення

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		4

Важливість та актуальність роботи:

- був проведений аналіз існуючих методів, моделей, систем та засобів для автоматичного поливу домашніх рослин;
- розроблено систему автоматичного поливу рослин в теплиці;
- запропоновано кіберфізичну автоматизовану систему для автоматизації догляду за рослинами.

Сьогодні так апаратна платформа як Raspberry Pi є одним із самих зручніших способів вивчення основ програмування пристроїв побудованих на мікроконтролерах, які орієнтовані на тісну взаємодію з навколишнім світом та користувачем. Також вони зараз набирають все більшу і більшу популярність та застосовуються в найрізноманітніших сферах діяльності.

Мікроконтролери зараз повсюди, вони у наших автомобілях, пральних машинках, холодильниках та інших побутових речах, без яких ми не можемо уявити наше з вами життя. Також вони постійно використовуються у таких інноваційних пристроях, як квадрокоптери, «розумні» будинки, а також де найцікавішою із них є сфера роботизованих систем. Наразі існують певні системи зв'язку, за допомогою чого можна керувати пристроями на великій відстані або в автономному режимі. За рахунок поєднання різних систем з Raspberry Pi можна спростити використання побутових приладів, а також істотно зменшити витрати електроенергії в той час, коли прилад не використовується.

Таку систему автономного поливу можна застосовувати у різних сферах діяльності, з її допомогою можуть бути вирішені наступні завдання:

- автоматичний полив рослин у побуті без втручання людини;
- автоматичне зрошення великих ділянок у сільськогосподарській промисловості;
- перехід на повністю відновлювальні джерела живлення, таких як сонячні панелі.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		5

Система автономного поливу, що функціонує з урахуванням запрограмованих даних, які у свою чергу підібрані під кожен рослину індивідуально, може бути рекомендована для застосування в:

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

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		6

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ

## 1.1 Огляд відомих систем автоматизованого поливу кімнатних рослин

На сьогоднішній день існує безліч приладів, пристроїв, елементів техніки, які націлені на покращення життя людей вдома та на роботі. До таких приладів, зокрема, належать системи автоматичного поливу рослин. Кімнатні рослини є майже в кожному будинку, а також в офісних будівлях. Вони використовуються як для прикраси приміщення так і можуть очищати повітря, прискорювати час відновлення людини після роботи, зменшити стрес тощо.

Проте, стан кімнатних рослин залежить від своєчасного поливу та догляду, який складно забезпечити сучасній людині, при відсутності знань про вимоги догляду за конкретною рослиною, а також через необхідність проводити поза домом більшу частину часу. Для того, щоб забезпечити своєчасний полив рослин, необхідно орієнтуватись на безліч різних факторів, включаючи поточну пору року, характеристики вологості ґрунту, температури та вологості навколишнього середовища тощо.

У ході виконання цієї роботи було проведено огляд існуючих на ринку систем поливу рослин. На сьогоднішній день найбільший попит мають такі компанії з виробництва автоматизованих систем поливу (АСП):

- “Gardena”;
- “Dripping Pro”;
- “АкваБуд”.

Компанія “Gardena” має все необхідне для роботи в саду та з кімнатними рослинами – це системи поливу, насоси, садові інструменти або інструменти для догляду за газоном, деревами та чагарниками, ставками або ґрунтом.

Розглянемо одну з її систем автополиву кімнатних рослин на сонячній батареї “AquaBloom”.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		7

Комплект “AquaBloom” забезпечує полив та догляд за рослинами без втручання людини. Для роботи системи не потрібна наявність водопровідного крану або джерела живлення. Знадобиться лише додаткове відро води. Цей комплект є готовою до використання системою авто поливу кімнатних рослин, що складається з основного блоку 3-в-1. Він поєднує в собі насос для забору води, блок управління для визначення графіка поливу і сонячну панель, яка живить акумулятори, що додаються. 14 попередньо заданих програм поливу дозволяють контролювати полив до 20 рослин за допомогою крапельниці з компенсацією тиску. Кожна крапельниця пропускає до 300мл води. Також в комплекті є гнучкий тримач, що дозволяє розташувати цю систему у зручному для себе місці. Сам блок керування потрібно розміщувати на сонячній стороні. Установка системи не потребує інструментів.

В порівнянні з іншими системами “AquaBloom” має переваги такі як:

- сонячна енергія, а саме робота без підключення до електрики та водопроводу;
- автоматичний полив до 20 кімнатних рослин;
- можна налаштувати частоту та витрату води, обравши одну з 14 попередньо встановлених програм поливу.

Але також слід зазначити, що головним недоліком цієї системи є те що нею не можна керувати дистанційно (мінати параметри, слідкувати за рослинами тощо), а також велику ціну за повний комплект для поливу.



Рисунок 1.1 - Комплект для поливу рослин AquaBloom

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		8

Ще одним готовим варіантом для автоматичного поливу кімнатних рослин є розумна Bluetooth система Dripping Pro 002. Ця система призначена для автоматичного, крапельного поливу свійських рослин у горщиках (вазонах). Примітною особливістю даної системи ж можливість керування приладом та його функціоналом за допомогою мобільного додатку. Ця особливість і наявність простого додатку полегшує налаштування механічного пристрою і робить його роботу простою і зрозумілою для користувача. Завдяки додатку ми можемо встановити певну кількість рідини, яку необхідно подати до горщика з рослиною через якісь певні проміжки часу.

До переваг цієї системи можна віднести її невеликий розмір і можливість компактно встановити навіть на невеликому підвіконні. Вся система складається з основного керуючого блоку, яким фактично є невеликий насос та система “трубочок”, якими передається рідина. На передній стороні розташований “штир” від двигуна, встановленого в середині корпусу. На цей “штир” одягається спеціальна насадка яка дозволяє всмоктуватися рідині і розподілятися по трубках. На задній стороні розташований роз’єм для підключення адаптера живлення 12В/1А.

Підключення системи досить просте, після збирання основного блоку з нього виходитиме 2 трубки. Трубка 1 занурюється в резервуар з водою, а через трубку 2 виходитиме вода. Саме до другої трубки і потрібно приєднати решту трубок, які йдуть у вазони з рослинами. Мережа трубок, що підключається, може бути як маленькою (1-2 вазони), так і великою (на 7-8 вазонів). Система може підживлювати рослини не лише водою, а й добривами або необхідними мікроелементами розчиненими у воді.

Як уже згадувалося раніше, система має можливість керування за допомогою спеціалізованого мобільного додатка. Програма є безкоштовною і доступною для скачування на мобільні пристрої як на базі Android, так і на базі IOS. Але також у цій системі є такий недолік як наявність лише з’єднання Bluetooth для здійснення налаштування приладу.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		9

Недоліками системи крапельного поливу Dripping Pro 002 є:

- WiFi підключення до пристрою або віддалене керування через Інтернет неможливе.;
- низька надійність фітингових з'єднань;
- робота приладу можлива тільки через електричну мережу.

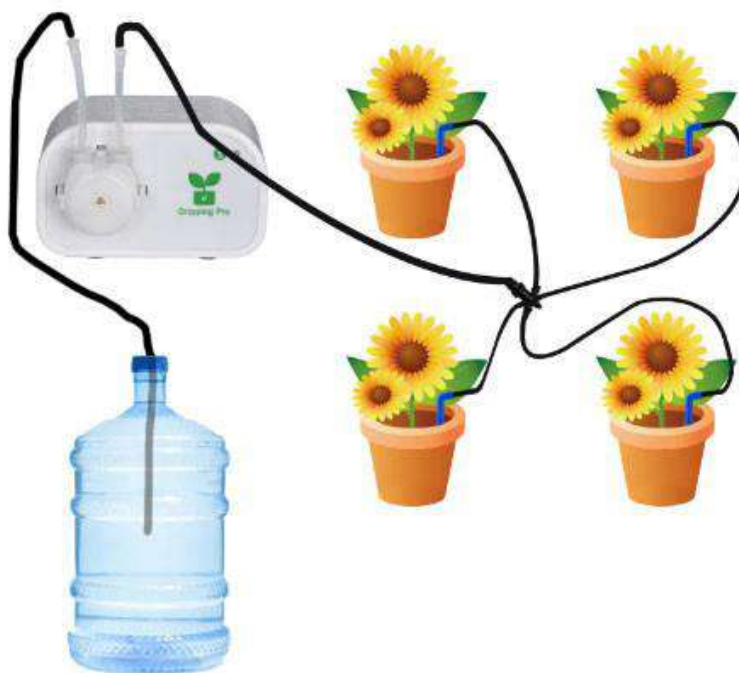


Рисунок 1.2 - Система автоматичного крапельного поливу Dripping Pro 002

АкваБуд пропонує системи автополиву для садів та газонів із різними джерелами подачі води: забір із ємності, викачування із свердловини, централізоване водопостачання. Керування водяними струменями здійснюється за допомогою електромагнітних клапанів або насосів, в залежності від вибору джерела подачі води.

Для контролю погодних умов застосовуються термометри та датчики світла і дощу. Один контролер керує кількома зонами поливу, що є достатнім для обробки газону та саду. Управління контролером здійснюється за

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		10

допомогою панелі керування на його корпусі. Усі з'єднання проводяться дротами.

Отже, АкваБуд спеціалізується на АСП для садів та галявин із газоном. Оскільки система орієнтована на малу кількість зон поливу і використовує холодну воду із свердловини без нагрівача, вона є неприйнятною для городів та плодкових садів.

Серед проаналізованих автоматизованих систем поливу було виявлено такі недоліки: використання недостатньої кількості датчиків вологості, висока вартість обладнання керування, необхідність в операторі.

На основі переглянутих автоматизованих систем поливу та врахуванні їх переваг та недоліків було запропоновано власний проект – АСП кімнатних рослин. Оскільки використання тільки статичного пульта або комп'ютера не є у такому випадку зручним, необхідна можливість керування системою із переносного пристрою, а саме смартфона. Доцільним буде використання Wi-Fi. Веб-інтерфейс на смартфоні повинен забезпечити повне налаштування системи та її керування.

## 1.2 Способи і технології реалізації системи автоматичного поливу рослин

Функціональні характеристики ідеальної системи поливу рослин залежать від багатьох зовнішніх факторів:

- поточна вологість ґрунту;
- температура і вологість навколишнього середовища в кімнаті;
- освітленість рослини;
- особливості самої рослини (вибагливість до умов життєдіяльності).

Отже, для оптимального поливу рослини необхідно обчислити два параметри, що залежать від перерахованих вище факторів:

- об'єм води, яким потрібно забезпечувати полив;
- проміжок часу, який полив має відбуватися.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		11

У кращому випадку, обчислення даних параметрів замінюється звичайним поливом рослини за таймером, з деяким об'ємом води, однак такий полив не підходить рослині і не є ефективним.

Успішне зростання рослин залежить не тільки від поливу, але і від світла, який допомагає їм повноцінно розвиватись. У природному середовищі одні рослини відмінно ростуть у затемнених місцях, іншим потрібне постійне сонячне світло. При вирощуванні рослин за умов квартири ситуація аналогічна. Лампа для кімнатних рослин створює постійне освітлення та добре допомагає рослинам, особливо в зимовий період.

Світло – головна умова для процесу фотосинтезу, а саме процесу харчування для рослин. Листя містить барвний пігмент - хлорофіл, який поглинає з атмосфери вуглекислий газ та воду та під впливом сонячного ультрафіолету трансформує їх у кисень та вуглеводи. Вони потрібні для правильного зростання та розвитку. Тому нам потрібна не тільки система яка буде виконувати полив, а й відслідковувати чи достатню кількість світла отримує наша рослина.

Огляд літератури, присвячених АСП кімнатних рослин показав, що центральною частиною таких систем є мікроконтролери та мікроконтролерні плати:

- мікрокомп'ютер Raspberry Pi;
- мікроконтролерна плата Arduino UNO;
- мікроконтролери MCS – 51;
- мікроконтролери Atmega16;
- спеціалізовані контролери для капельного полива ESP.

Аналіз показав, що Raspberry Pi та Arduino UNO дозволяють використовувати великий спектр дешевих датчиків та пристроїв, а також задавати програмно складні алгоритми поливу, які потрібні під час поливу різних кімнатних рослин.

Тому нам потрібно порівняти між собою Raspberry Pi та Arduino для подальшої розробки АСП кімнатних рослин. Мінусами Arduino є недостатня кількість пам'яті, в той час коли Raspberry Pi більш потужніша в порівнянні з Arduino. Також в Arduino немає підтримки багатозадачності та немає підтримки складних алгоритмів.

Raspberry Pi має ще такі переваги як:

- хороша продуктивність;
- велика кількість доступних інтерфейсів для зв'язку між компонентами комп'ютерної системи (GPIO);
- підтримка великої кількості мов програмування (Python, C, C++, Ruby, Go);
- підходить для запуску складних алгоритмів;
- менша вартість Raspberry Pi (старіших модифікацій) в порівнянні з Arduino.

Таким чином, робимо висновок, що обидві наведені платформи можуть бути використанні для виконання проєкту, але для автоматизації автополиву кімнатних рослин більш доцільніше буде використовувати МК Raspberry Pi.

### 1.3 Апаратно-програмна платформа Raspberry Pi

Raspberry Pi – це мініатюрний одноплатний комп'ютер, який легко поміщається на долоні дорослої людини. Незважаючи на свої скромні розміри, плата має високу продуктивність, що дозволяє вийти на один рівень зі стаціонарними ПК. Спочатку Raspberry Pi була розроблена як навчальний посібник з інформатики. Але сама ідея виявилася настільки вдалою, що за кілька років міні-комп'ютер став популярним у дуже широких колах. З часом Raspberry Pi пережила кілька модифікацій, кожна з яких відрізнялася від попередника будь-яким параметром. Такий підхід дозволив регулювати вартість виробу в залежності від потреб користувача, що також позитивно

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		13

позначилося на популярності пристрою. Уся лінійка Raspberry Pi застосовує процесори з ARM-архітектурою, яка зарекомендувала себе з найкращого боку.

На сьогоднішній день існує 11 різновидів Raspberry Pi. Останні версії оснащені бездротовими Wi-Fi та Bluetooth модулями, що розширюють межі застосування міні-ПК в області Ethernet-технологій. Нижче наведено порівняльну таблицю, в якій відображені особливості кожної модифікації із зазначенням деяких технічних даних.

Таблиця 1.1 – Різновидність модифікацій Raspberry Pi та їх технічні дані

Модифікація	Процесор	Тактова частота	Кількість ядер	ОЗУ	Кількість GPIO	Кількість USB	Ethernet	WiFi	Bluetooth
B	ARM1176J Z-F	700 МГц	1	512 МБ	26	2	+		
A	ARM1176J Z-F	700 МГц	1	256 МБ	26	1			
B+	ARM1176J Z-F	700 МГц	1	512 МБ	40	4	+		
A+	ARM1176J Z-F	700 МГц	1	256 МБ	40	1			
2B	ARM Cortex-A7	900 МГц	4	1 Гб	40	4	+		
Zero	ARM1176J Z-F	1 ГГц	1	512 МБ	40	1			
3B	Cortex-A53 (ARM v8)	1,2 ГГц	4	1 Гб	40	4	+	802.11n	4.1
Zero W	ARM1176J Z-F	1 ГГц	1	512 МБ	40	1		802.11n	4.0
3B+	Cortex-A53 (ARM v8)	1,4 ГГц	4	1 Гб	40	4	+	802.11n	4.2
3A+	Cortex-A53 (ARM v8)	1,4 ГГц	4	512 МБ	40	1		802.11n	4.2
4B	Cortex-A72 (ARM v8)	1,4 ГГц	4	1,2,4, 8 Гб	40	4	+	802.11n	5.0

На рисунку 1.3 зображено останню на момент написання роботи модифікацію Raspberry Pi 4B, запущену у продаж у червні 2019р. Вона має додатковий графічний процесор VideoCore VI (OpenGL ES 3.x), а також апаратний декодер 4Кр60 для відтворення HEVC відео. Два порти мікроHDMI з можливістю пропускати сигнал до 4К, дозволяють підключити одночасно два монітори.

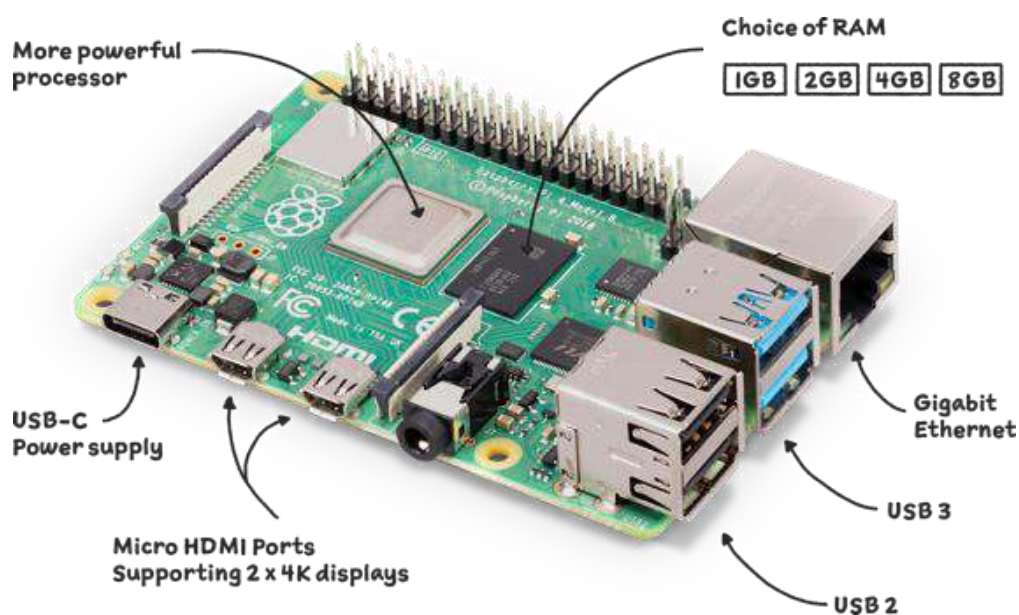


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд плати Raspberry Pi 4B

Основною відмінністю Raspberry Pi від звичайних комп'ютерів, є наявність програмованих портів введення-виведення GPIO. За допомогою них можна керувати різними пристроями та приймати телеметрію з різноманітних датчиків.

Хоча Raspberry Pi зовні може нагадати нам Arduino, вона все-таки використовує кардинально інший спосіб функціонування. Ця плата, як і стандартний ПК, працює під керівництвом однієї зі спеціалізованих операційних систем. Залежно від сфери застосування або особистих симпатій,

кожен може вибрати для себе свою. Нижче наведено перелік найпопулярніших «операційок» для Raspberry Pi з їх коротким описом:

1) Raspbian – дана операційна система у 2015 році була представлена як основна для Raspberry Pi. Вона максимально оптимізована для процесорів з АРМ-архітектурою і досить активно продовжує розвиватися. Основою операційної системи є Debian GNU/Linux. Середовище робочого столу складається з LXDE (середовище для UNIX та інших POSIX-сумісних систем типу Linux та BSD), а також менеджера вікон Openbox (безкоштовний менеджер для X Window System). До складу дистрибутива входять: - програма комп'ютерної алгебри Mathematica; модифікована версія Minecraft PI; урізана версія Chrome.

2) Debian – це операційна система з відкритим вихідним кодом. До складу Debian входить понад 59 000 пакетів вже скомпільованого ПЗ. Система використовує ядро Linux або FreeBSD. У стандартний дистрибутив включені: середовище робочого столу GNOME з набором найпопулярніших програм, таких як Firefox, LibreOffice, Evolution та інший набір для роботи з мультимедіа. Також є можливість установки образів із середовищем робочих столів KDE, Xfce, LXDE, MATE і Cinnamon.

3) Ubuntu – система, заснована на Debian GNU/Linux. За популярністю Ubuntu посідає перше місце серед дистрибутивів Linux, призначених для веб-серверів. До складу дистрибутива входять: - програма для перегляду Інтернет; офісний пакет, програми для комунікації та ін.

4) Fedora – ця операційна система, заснована на дистрибутиві Linux від відомої фірми Red Hat. До складу дистрибутива входять LibreOffice, Mozilla Firefox, а також інше програмне забезпечення, яке можна додатково встановити через Цент Програма GNOME.

5) Arch Linux – це дистрибутив GNU/Linux, що вільно розповсюджується, загального призначення. Особливістю даної системи є

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		16

відсутність графічного установника, що може добряче потренувати навички зятятих дослідників Linux.

6) Gentoo Linux – один із популярних дистрибутивів GNU/Linux із гнучкою технологією управління пакетами. У системі передбачено можливість максимальної оптимізації під конкретне апаратне рішення. Алгоритм управління пакетами дає можливість легко реалізувати як робочу станцію, і сервер.

7) RISC OS - операційна система спеціально розроблялася для процесорів з архітектурою ARM. Особливості ядра RISC OS дозволяють системі проводити прискорений запуск рахунків зберігання даних у ПЗУ. Такий підхід також допомагає захистити дані при різноманітних збоях та впливу шкідливого ПЗ.

8) OpenELEC – це програмний комплекс для організації домашнього кінотеатру під керуванням GNU/Linux.

9) OSMC ще один комплекс для реалізації домашнього кінотеатру.

У мережі Інтернет, крім перерахованих операційних систем, можна знайти ще безліч модифікацій для найрізноманітніших призначень. Але оскільки Raspbian є основним середовищем для Raspberry Pi, то надалі спиратимемося саме на неї.

#### 1.4 Постановка задачі

Виходячи з аналізу предметної області проведеного вище, можна сформулювати мету даної роботи в такий спосіб. Метою даної роботи є розробка системи автоматичного регулювання поливу кімнатних рослин із системою сповіщень, що дозволяє забезпечувати своєчасне поливання рослин відповідно до заданих параметрів, а також навчатися «правильному» поливу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		17

1. Вивчити можливості мікрокомп'ютера Raspberry Pi, отримати знання та навички програмування даної плати;
2. Вибрати необхідні для функціонування системи датчики та пристрої, вивчити їх можливості та отримати знання в галузі їх програмування;
3. Створити та протестувати апаратну частину системи АСПКР;
4. Розробити програмну частину системи АСПКР;
5. Створити інтерфейс між мікроконтролерною платою Raspberry Pi та користувачем, реалізувати відображення поточних характеристик системи (вологість, температура, режим роботи тощо);
6. Провести комплексне тестування системи АСПКР та відпрацювати алгоритм зрошення на реальних кімнатних рослинах.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		18

## 2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ПОЛИВУ КІМНАТНИХ РОСЛИН ІЗ СИСТЕМОЮ СПОВІЩЕННЯ

### 2.1 Основні функціонування кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин

Розроблення повністю автоматичної системи з підключенням до центрального водопроводу вважаю недоцільним, оскільки такий підхід передбачатиме прокладання шлангів через усе приміщення. Крім того, при підключенні до водопроводу не можна виключити виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з протіканням води. Тому використаємо автоматизовану систему поливу, для якої участь людини у поливі передбачатиме лише періодичне наповнення ємності з водою. Така система матиме перевагу ще й у тому, що вода для поливу рослин завжди матиме кімнатну температуру, у той час як вода з водопроводу може бути переохолодженою в холодну пору року та негативно впливатиме на розвиток та життєдіяльність рослин.

Проект системи показаний на рисунку 2.1. Він ілюструє схему всієї запропонованої АСПКР. Усі сенсорні вузли підключені до Raspberry Pi і здатні контролювати рівень стану кожного параметра датчика в графічному інтерфейсі або системі Android. При певному критичному стані користувач отримає повідомлення електронною поштою. Користувачеві також вдається контролювати подачу рідини за допомогою доступу до системи через смартфон. Вода буде витікати з електромагнітного клапана, який керується релейним модулем, який діє як перемикач.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		19

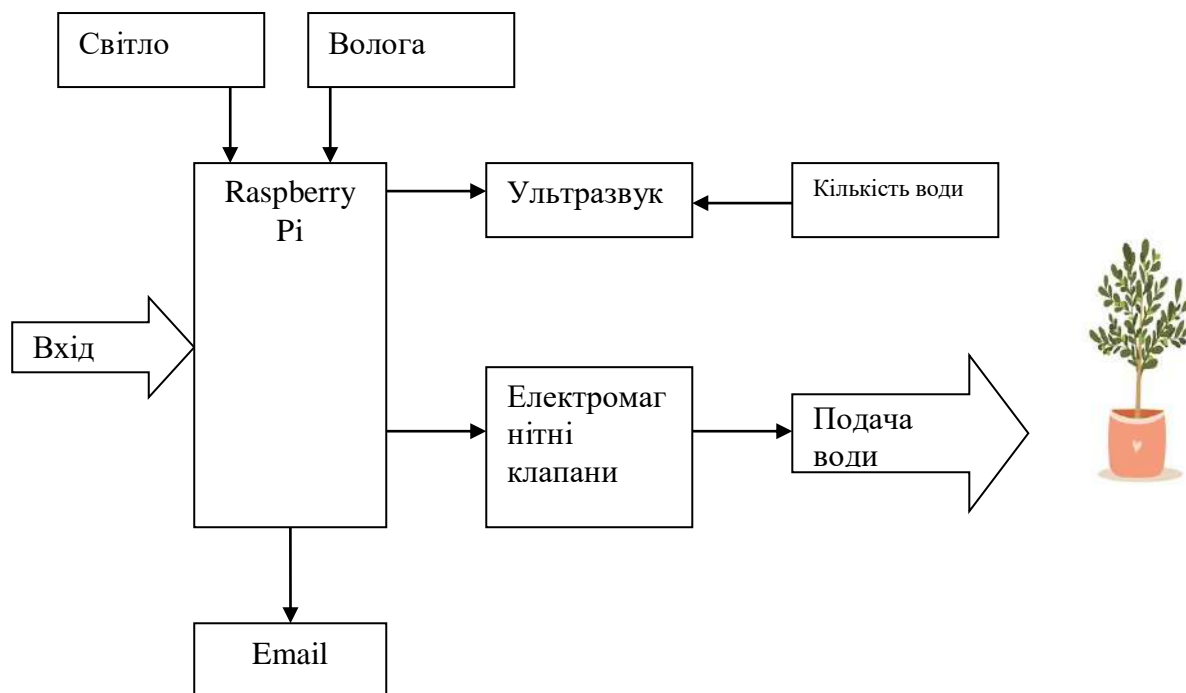


Рисунок 2.1 – Схема запропонованої АСПКР

Сенсорні вузли, які включають датчик вологості, датчик світла, ультразвуковий датчик рівня води - використовуються для вимірювання та стеження за такими параметрами, як вологість ґрунту, освітлення та рівень води в ємності. Raspberry Pi діє як мікроконтролер для управління всіма станами датчиків. Реле також підключене до контактів Raspberry Pi GPIO для керування електромагнітними клапанами, яке живиться від 12 В постійного струму для подачі потоку води. У цій запропонованій системі користувач може дистанційно керувати системою поливу зі смартфона та мати доступ до неї через Інтернет підключення. Крім того, ви також можете отримувати сповіщення від системи за допомогою електронної пошти.

Як уже говорилося раніше, основною відмінністю Raspberry Pi від звичайного ПК є наявність портів загального призначення GPIO (General-purpose input/output). Користувачу доступна можливість управління цими виводами, а це значить, що для Raspberry Pi можна підключати дисплеї, кнопки, датчики, реле та інші електронні модулі, якими можна маніпулювати та експериментувати на власне побажання.

Зовнішньо GPIO виконаний у вигляді дворядної штиревої колодки з кроком 2,54 мм, яка знаходиться на краю плати. Ранні моделі, такі як В і А містять 26 виводів, а більш сучасні - 40. На рисунку 2.2 показаний зовнішній вигляд портів загального призначення для плат Raspberry Pi 3B+ із зазначенням номерів виводів.



Рисунок 2.2 – Контакти GPIO на платі Raspberry Pi 3B+

Але для того, щоб повноцінно використовувати GPIO, знати їх нумерацію недостатньо. Необхідно точно розуміти, де знаходиться той чи інший вивід, як він називається і за що він відповідає. На рисунку 2.3 наведено повну розпіновку роз'ємів GPIO для модифікацій Raspberry Pi A+, B+ та вище.

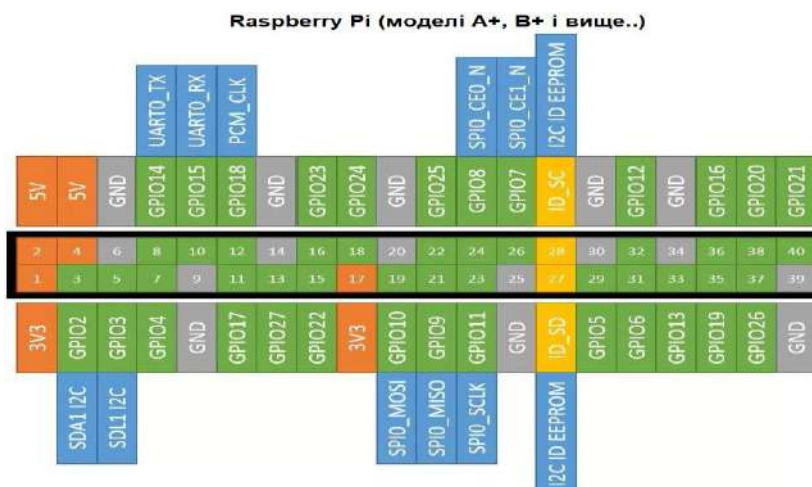


Рисунок 2.3 – Розпіновка роз'ємів GPIO на платі Raspberry Pi

Для того щоб вся наша схема працювала програмно, операційна система Raspbian пропонує користувачам зручний модуль для програмного управління GPIO. Називається він RPi.GPIO і є стандартним додатком.

Так як RPi.GPIO для програмування використовує мову Python, тому всі скрипти були написані на ній, код датчиків наведений у додатку А. Для програмування веб інтерфейсу було використано фреймворк WebIOPi, тоді як програмний код скриптів інтерфейсу розроблено мовою JAVA. Сповіщення електронною поштою також використовується в цій системі для сповіщення користувача про критичні стани. Бібліотека команд SMTP, яка налаштовує сповіщення за допомогою електронної пошти встановлюється в Raspberry Pi.

Підключення всіх датчиків до плати та опис їхніх контактів приведено у додатку Б.

Функціональна схема кіберфізичної системи поливу рослин приведено у додатку В.

## 2.2 Вибір елементної бази

Насамперед для розробки АСПКР на базі МК Raspberry Pi нам потрібно обрати якусь одну з варіантів їх модифікацій. Для цього було розглянуто 4 версії модифікацій МК, такі як: Raspberry Pi 1 B, Raspberry Pi 1 B+, Raspberry Pi 3 B+ та Raspberry Pi 4 B.

З першого погляду та порівняння характеристик цих модифікацій може здатися, що такі версії як 3B+ та 4B являються найкращим варіантом для цього проєкту. Так, в них розміщений хороший процесор з тактовою частотою 1,4 ГГц, велика кількість ядер (4), присутні чотири роз'єми USB, а також оснащення бездротовими Wi-Fi та Bluetooth модулями. Але все ж таки цей проєкт не являється високотехнологічним, тому для його розробки ці характеристики являються занадто завеликими, їх ресур елементарно не буде використовуватись навіть на 50%. Також ящко подивитись, та зрівняти цінові

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		22

категорії цих варіантів модифікацій, наприклад, 3В+ та 4В продаються по ціні, в районі, від 3000 до 4500 грн (а це приблизна ціна вже готових АСПКР від виробника), тому робимо висновок, що саме ці варіанти нам не підходять. Так, в нас залишається два варіанти – звичайні МК перших ревізій Raspberry Pi B та B+. Відмінностей в них небагато, полягають вони в кількості виводів GPIO (в модифікації B їх 26 штук, а в B+ - 40), та в тому що, в B+ на 2 USB роз'єми більше. Єдиний мінус який можна зазначити в цих двох версіях, це відсутність вбудованого, того самого, Wi-Fi модуля для того, щоб керувати нашою АСПКР дистанційно, але ця проблема вирішується приєднанням до системи зовнішнього Wi-Fi модулю, який дасть нам цю можливість управління заочно. Ціна у Raspberry Pi B та B+ приблизно однакова (1300-1650 грн), але так як у B+ більше виводів GPIO, тому для реалізації нашої АСПКР будемо використовувати саме цю модифікацію - *Raspberry Pi B+*.

#### Основні характеристики Raspberry Pi B+:

- Чіп: Broadcom BCM2835 процесор мультимедійних додатків з підтримкою Full HD;
- CPU: Енергоефективний процесор програм ARM11CPU - 700 МГц;
- GPU: двоядерний процесор VideoCore IV®. Забезпечує Open GL ES 2.0, апаратне прискорення OpenVG та високопродуктивне декодування H.264 1080p30. Продуктивність до 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s або 24GFLOP з фільтрацією текстур та інфраструктурою DMA;
- Пам'ять: SDRAM 512 МБ @ 400 МГц;
- Операційна система: завантаження з карти Micro SD, що працює під керуванням операційної системи Linux;
- Ethernet: 1 порт RJ45 10/100 BaseT;
- Відеовихід: HDMI (версія 1.3 та 1.4), композитний RCA (PAL та NTSC);
- Роздільні здатності, що підтримуються: від 640×350 до 1920×1200, включаючи стандарти 1080p, PAL та NTSC;

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		23



застромлюється у ґрунт. Опір сухого ґрунту дуже великий. При збільшенні вологості опір ґрунту знижується.

Датчик (модуль) вологості ґрунту YL-69 для Raspberry Pi часто використовують для вимірювання вологості ґрунту. Практичне застосування – управління поливальними станціями та різними іншими проектами. Модуль складається з двох частин: контактної щупи YL-69 та датчика YL-38, в комплекті йдуть дроти для підключення.

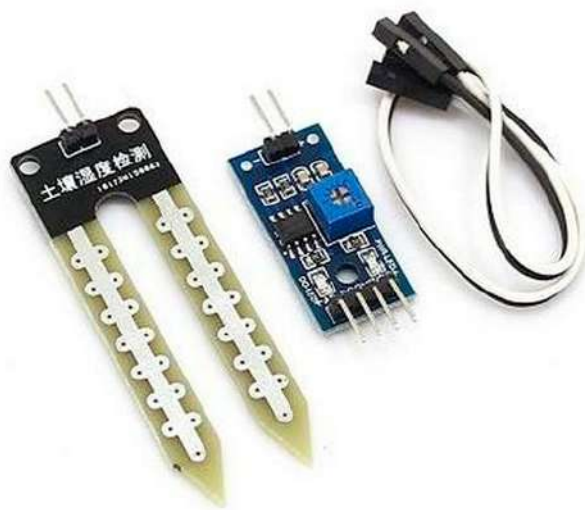


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчику вологості ґрунту YL-69

Для використання датчика слід зібрати на його основі макету (підключити живлення, підключити до модуля, помістити датчик у середовище вимірювання). Потім слід записати на контролер спеціальну програму, яка дозволяє працювати з датчиком. Після цього можна розпочинати роботу. На платі є синій світлодіод, що горить, коли на датчик подається живлення. На платі є червоний світлодіод, що горить, коли датчик передає дані в контролер. Управління датчиком здійснюється з МК Raspberry Pi або інших контролерів, а також від інших керуючих мікропроцесорних пристроїв за допомогою спеціальних програм. На платі розташований змінний

резистор, який використовується для налаштування порога спрацьовування датчика (чутливості). ДВГ має два інтерфейси для підключення до живлення та мікроконтролера, для підключення чутливого елемента.

Таблиця 2.1 – Контакти датчика вологості ґрунту YL-69

Вивід		Опис
1	VCC	Напруга живлення
2	GND	Земля
3	D0	Цифровий вихід
4	A0	Аналоговий вихід

Технічні характеристики ДВГ YL-69:

- Напруга живлення: 3.3-5 В;
- струм споживання 35 мА;
- вихід: цифровий та аналоговий;
- розмір модуля: 16x30 мм;
- розмір щупа: 20x60 мм.

Датчик YL-38 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. На вихід A0 подається аналогове значення, яке можна передавати в контролер для подальшої обробки, аналізу та прийняття рішень. Датчик YL-38 має два світлодіоди, що сигналізують про наявність вступника на датчик живлення та рівня цифрового сигналу на виході D0. Наявність цифрового виведення D0 та світлодіода рівня D0 дозволяє використовувати модуль автономно, без підключення до контролера.

Функція модуля датчика вологості ґрунту в цій роботі полягає в тому, щоб отримувати інформацію чи достатньо полита рослинка та чи не сухий ґрунт, в якій вона знаходиться.

*Датчик освітленості GY-302 на чіпі BH1750.*

Вимірювання освітленості є важливим параметром при створенні АСПКР. Освітленість вимірюється у люксах (lx). Люкс дорівнює освітленості поверхні площею 1 м<sup>2</sup> при світловому потоці падаючого на неї випромінювання, що дорівнює 1 лм. Найпоширенішим датчиком виміру освітленості у користувачів Raspberry Pi та Arduino є фоторезистор аналоговий датчик, що змінює свій опір залежно від інтенсивності світла, проте точність його невисока і значення він видає не в люксах. На відміну від нього, модуль GY302 на базі чіпа BH1750, є високоточним цифровим датчиком інтенсивності світла, що видає значення якраз в люксах. Вбудований АЦП видає 16-бітові цифрові дані.

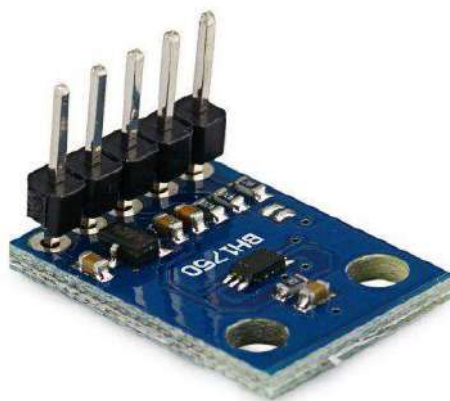


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд датчику освітленості GY-302 на чіпі BH1750

Датчик BH1750 добре чутливий до видимого світла і майже не схильний до впливу інфрачервоного випромінювання, тобто реагує приблизно на той же спектральний діапазон, що й око звичайної людини. Також в цьому датчику присутня функція режиму сну та він не потребує калібрування.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.2 – Контакти датчика освітленості GY302

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

Технічні характеристики датчику освітленості GY-302:

- Напруга живлення: 3.3-5 В;
- струм споживання 120 мкА;
- фільтрування світлових шумів: 50/60 Гц;
- струм споживання в режимі сну: 0.01 мкА;
- чутливість: 65 536 градацій;
- точність у режимі високої роздільної здатності: 1 Лк;
- точність у режимі низької роздільної здатності: 4 Лк;
- період вимірювання в режимі високої роздільної здатності: 120 мс;
- період вимірювання в режимі низької роздільної здатності: 16 мс;
- шина даних: I2C;
- розміри: 18.5 x 13.9 x 2 мм.

Функція модуля датчика освітленості в цій роботі полягає в тому, щоб виявляти день і ніч так чи достатньо світла отримує рослинка.

*Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04.*

Спосіб ультразвукового датчика визначати розставання до об'єкта, заснованого на принципі сонара – посилаючи пучок ультразвука, і одержує його відображення із затримкою, пристрій визначає наявність об'єктів і стан до них. Ультразвукові сигнали, генеровані прийомником, відражаються від перешкод, повертаються до нього через певний проміжок часу. Саме цей

тимчасовий інтервал стає характеристикою, що допомагає визначити розставання до об'єкта.

У відмінності від інфракрасних дальнометрів на ультразвуковому датчику HC-SR04 не впливають джерела світла або колір перешкоди. Діапазон дальності його виміру становить від 2 до 400 см. Можуть виникнути труднощі при визначенні стану до пушистих або тонких об'єктів. Модуль має 4 виводу стандарту 2,54 мм.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд ультразвукового датчику відстані HC-SR04

Таблиця 2.3 – Контакти ультразвукового датчику відстані HC-SR04

Вивід		Опис
1	VCC	Напруга живлення
2	Trig	Виведення вхідного сигналу
3	Echo	Виведення вихідного сигналу
4	GND	Земля

Технічні характеристики ультразвукового датчику відстані HC-SR04:

- Напруга живлення: 3.8 - 5.5В;
- струм споживання 15 мА;
- частота: 40 кГц;
- точність: 0.3 см;

- ефективний робочий кут:  $< 15^\circ$ ;
- кут вимірів: 30 градусів;
- сила струму спокою:  $< 2$  мА;
- ширина імпульсу тригера: 10 мікросекунд;
- розміри: 45 мм x 20 мм x 15 мм.

Принцип роботи ультразвукового датчику відстані такий: 1) На вихід trig (тригер) посилаємо високий рівень протягом як мінімум 10мкс; 2) модуль починає посилати ультразвукові імпульси з частотою 40 кГц і приймає їх назад, якщо в зоні видимості є будь-які перешкоди; 3) якщо сигнал повертається, модуль встановлює низький рівень на виході echo на 150мс. За годинною, яку минуло з п.1 до низького рівня на виході echo можна розрахувати відстань до перешкоди за формулою:

Відстань =  $(\text{time} * \text{sound velocity})/2$ , де time - вимірний час імпульсу, sound velocity - швидкість звуку (340 м/с).

Функція ультразвукового датчику відстані в цій роботі полягає в тому, щоб вимірювати скільки приблизно літрів води залишилось в ємності для поливу рослин.

*Плата розширення (шилд) реле для Raspberry Pi від Waveshare.*

Відомо що від одного піна Raspberry Pi можна жити максимум світлодіод або простий модуль/мікросхему з струмом споживання еквівалентного не більше 20 мА (максимум 40 мА, але на такому струмі напруга просяде і його стабільна робота не гарантується). Якщо потрібно керувати світлодіодною стрічкою, електромагнітним клапаном, мотором, сервоприводом або іншим пристроєм – знадобиться проміжний пристрій, такий як реле або транзистор. Окрім того, якщо навантаження, кероване МК Raspberry Pi живиться від змінного струму, наприклад 220 В, то використання реле являється обов'язковим.

Реле – це електромеханічний пристрій, який служить для замикання і розмикання електричного кола за допомогою електромагніту. При подачі

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		30

напруги на електромагнітну котушку, в ній виникає електромагнітне поле, яке притягує металеву лапку і контакти потужного навантаження замикаються, що тим самим дозволяє комутувати ланцюги із потужним навантаженням.

Плата розширення реле (RPI Relay Board) - це плата розширення для Raspberry Pi від Waveshare, на якій розташовані 3 незалежні високоякісні реле. Максимальна напруга 250V AC/5A, 30V DC/5A. Сумісний з усіма моделями Raspberry Pi. Шилд реле дозволяє програмно керувати потужним навантаженням з призначеної для користувача програми на Raspberry. Для індикації стану статусу реле в модулі передбачені світлодіоди.

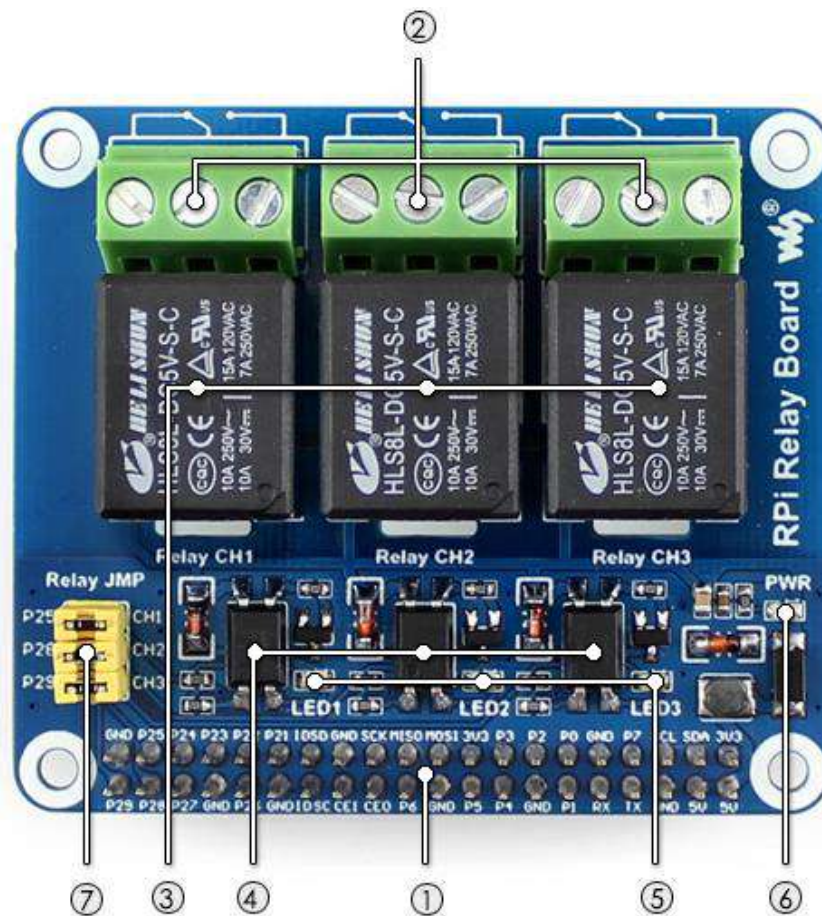


Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд плати розширення реле для Raspberry Pi від Waveshare

Розташування елементів на платі:

1. GPIO інтерфейс для підключення до Raspberry Pi;
2. роз'єми контактів реле;

3. реле;
4. оптрон РС817;
5. індикатори стану реле (індикатор горить: реле включене; індикатор не горить: реле вимкнено);
6. індикатор живлення;
7. перемичка керування реле (встановлена: програмне керування реле; знята: управління реле перемичками або додатковими).

#### *Wi-Fi адаптер COMFAST CF-WU810N USB 2.0*

Так як є необхідність зробити свою АСПКР "user-friendly" на відстанні, нам потрібно щоб наша система мала доступ до мережі Інтернет. Але використання роз'єму Ethernet та підключення кабелю до нього зробить її менш мобільною та компактною, тому для вирішення цієї задачі ми використаємо Wi-Fi адаптер COMFAST CF-WU810N.

Wi-Fi адаптер – це прилад який представляє собою відносно компактну плату в пластиковому корпусі, що підключається до пристрою, який не має вбудованого бездротового модуля і забезпечує можливість його підключення до бездротової мережі, розгорнутої за допомогою роутера.

Для підключення адаптеру ми користуємося одним з USB портів нашого МК Raspberry Pi, щоб додати не супер швидкий, але високонадійний бездротовий зв'язок. Перевагою цього адаптеру над більшістю іншими є те, що він чудово працює з Raspberry Pi без необхідності перекомпіляції будь-яких ядер. Останні дистрибутиви Raspbian підтримують цей модуль "з коробки", тобто все що потрібно, це вставити адаптер в USB роз'єм на платі. Після цього ми отримуємо бездротовий Інтернет за декілька хвилин. Чудово працює з мережами 802.11b/g/n.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд Wi-Fi адаптеру COMFAST CF-WU810N

Технічні характеристики Wi-Fi адаптеру COMFAST CF-WU810N:

- Робочий діапазон частот: 2,4 ГГц;
- швидкість передачі: 150 Мбіт/с;
- покриття: 30 метрів;
- антена: вбудовані подвійні антени;
- робочий канал: 1~14;
- безпека: WPA-PSK/WPA2-PSK, WPA/WPA2, 64/128/152-розрядне шифрування WEP;
- інтерфейс: USB2.0.

*Електромагнітний клапан (рідина) FPD-270A.*

Соленоїдний, або електромагнітний клапан для води - найбільш популярний пристрій, що дозволяє контролювати процес подачі води до робочого середовища. Приладами комплектуються практично всі трубопроводи, магістральні лінії, технологічні установки. Перевага соленоїдних (електромагнітних) механізмів - можливість дистанційного керування подачею води в потрібний проміжок часу.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд електромагнітного клапану FPD-270A

Технічні характеристики електромагнітного клапану FPD-270A:

- Тип: закритий;
- напруга живлення: 12В;
- струм споживання 300 мА;
- температура рідини, що застосовується: 0-75 °С;
- тиск: 0.02-0.8 МПа (0.2-8 атмосфер) ;
- є фільтр грубої очистки;
- час відгуку (відкрити):  $\leq 0.15$  с;
- час відгуку (закрити):  $\leq 0.3$  с.

Використовуючи різноманітні датчики спільно з такими клапанами, ми маємо можливість створювати різноманітні системи автоматичного поливу і підтримання життєдіяльності кімнатних рослин.

*Карта пам'яті SanDisk Ultra microSDHC UHS-I 16GB Class 10*

Через те що в нашому МК немає вбудованої пам'яті, нам потрібно також поцікуватись і про її наявність для майбутнього програмування модулів та датчиків, та розміщення на ній самої операційної системи Raspbian щоб наша система справно працювала.

Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата

Всі пристрої Raspberry Pi включають роз'єм для карт пам'яті SD або microSD, щоб допомогти користувачам вирішити цю проблему. Початкові моделі Raspberry Pi A і Raspberry Pi B підтримують тільки SD-карти. Починаючи з моделі «B+», потрібна картка пам'яті моделі microSD. Мінімальна необхідна ємність становить 8 ГБ. За замовчуванням Raspberry Pi підтримує до 32 ГБ пам'яті. Також потрібно враховувати, що для встановлення офіційної операційної системи Raspbian нам знадобиться картка пам'яті ємністю не менше ніж 8 ГБ, тоді як на Raspbian Lite потрібно мінімум 4 ГБ.

Враховуючи перелічені вище фактори самим оптимальним варіантом за критерієм ціна/якість було обрано карту SanDisk Ultra microSDHC UHS-I 16GB Class 10. Ця картка ємністю 16 ГБ пам'яті та володіє десятим класом швидкості. Вона повністю допомагає вирішити нашу проблему.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд карти пам'яті SanDisk Ultra microSDHC UHS-I 16GB Class 10

Також для нашої системи потрібні будуть силіконові трубки через які буде подаватись вода для поливу рослин і з'єднувальні провідники.

Таким чином було отримано оптимально середнє рішення для організації системи автополиву кімнатних рослин. Загальна вартість вибраних компонентів для АСП не перебільшує 1500 грн, що виконує задачу мінімальної вартості приладу в порівнянні з готовими варіантами. Після вибору основних компонентів і датчиків, був спроектований процес поливу рослин для системи,

що розробляється. При цьому система поливу кімнатними рослинами має такі функціональні характеристики:

- режим поливу та моніторингу;
- режим інтерфейсу користувача.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		36

### 3 ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ПОЛИВУ КІМНАТНИХ РОСЛИН ІЗ СИСТЕМОЮ СПОВІЩЕННЯ

#### 3.1 Розробка алгоритму поливу рослин

Для початку користувачеві необхідно буде увійти в систему в Raspberry Pi через свій смартфон (програма для Android), для того щоб запустити АСПКР. Після активації системи загориться світлодіод, і система почне відстежувати стан кожного датчика. Якщо хочь один датчик видасть значення критичного стану, то система повідомить користувача, надіславши електронного листа. Після цього користувач повинен надіслати команду поливу до системи, щоб активувати її, або ж система буде виконувати полив автоматично без відповідної команди. АСП буде виконувати зворотній цикл для моніторингу параметрів, пов'язаних з освітленням, ґрунтом та рівнем води в резервуарі.

Робота алгоритму допомагає визначити, чи є потреба у поливі кімнатних рослин. Далі логіка і умови прийняття рішення алгоритму допомагають підтримувати вологість у ґрунті постійно, до тих пір поки в ємності не закінчиться рідина. Також користувач може взнати усі параметри датчиків та стан клапану на мобільному пристрої.

Спочатку щуп ДВГ визначає вологість ґрунту. Результат який він отримав передається в аналоговій формі. Датчик YL-38 перетворює вихідні аналогові дані датчика вологості у цифрову форму. Потім цифрове значення передається на Raspberry Pi, яка вирішує, чи є ґрунт вологим або сухим і відповідно подає (або ні) рідину на рослину. Якщо ґрунт сухий, Raspberry Pi приводить у дію реле, і запускається водяний клапан, що призводить подачі потоку води. Якщо ґрунт достатньо вологий, Raspberry Pi повертає реле, внаслідок чого клапан зачиняється та потік води припиняється.

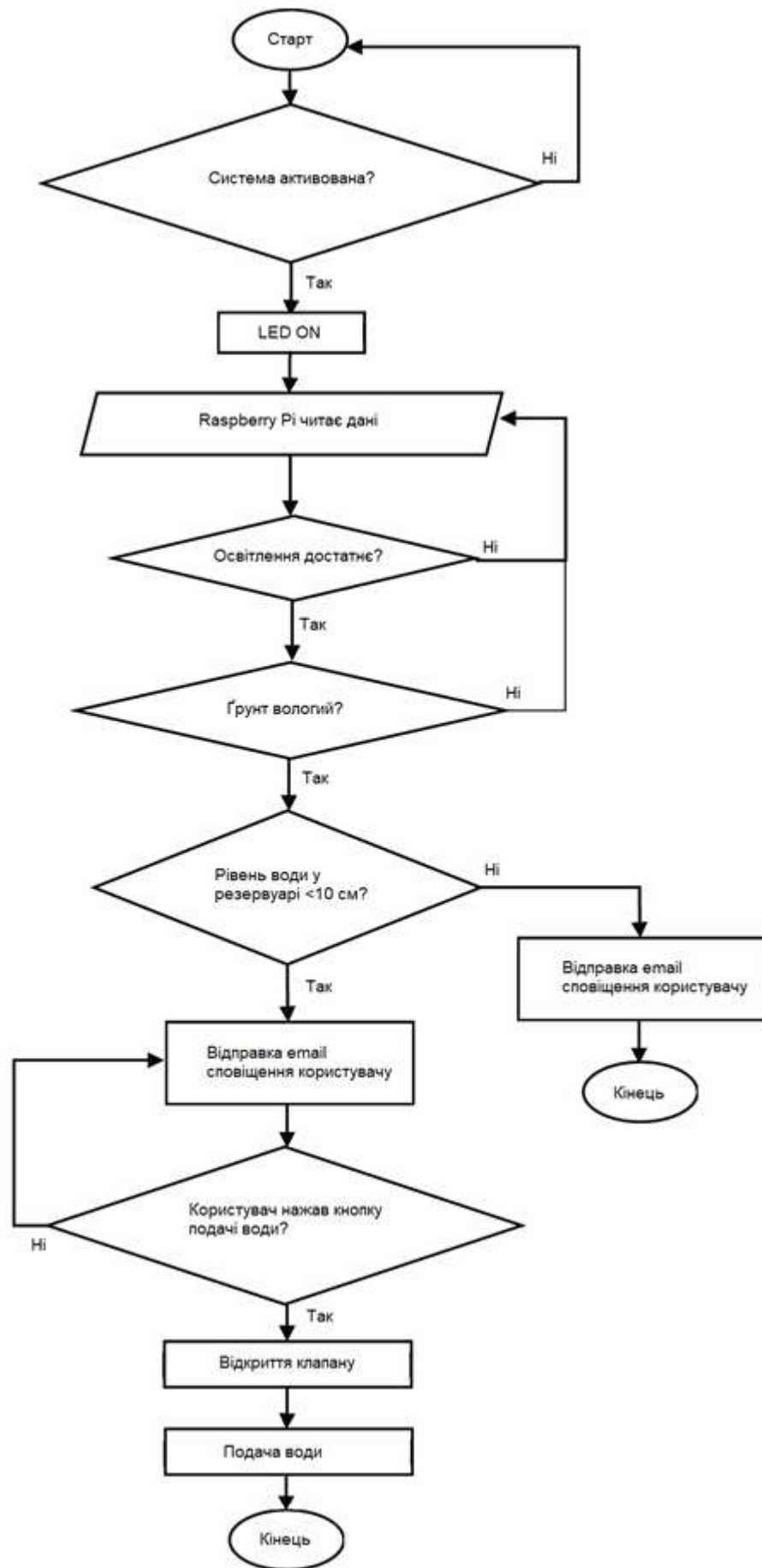


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи АСПКР

### 3.2 Розробка макету схеми АСПКР

Для створення АСПКР для початку нам потрібно зібрати комп'ютерну функціональну схему (макету) проекту по якій ми вже будемо створювати фізичний прототип. Для її розробки найбільш доцільніше буде використання такого програмного забезпечення, як Fritzing.

Fritzing - ПЗ з відкритим кодом для розробки систем автоматизованого проектування (САПР) для проектування електронного обладнання. Fritzing – безкоштовне програмне забезпечення під ліцензією GPL 3.0 або пізнішою версією, з вихідним кодом, доступним безкоштовно на GitHub, та двійковими файлами за плату, що дозволено GPL. Додаток спрощує процес роботи спеціалістів різного рівня (художників, інженерів, дизайнерів і т.д.). Програма дозволяє створювати моделі друкованих плат і перетворювати їх у реальні друковані плати.

Ключові особливості та функції:

- забезпечення швидкого та максимально автоматизованого робочого процесу;
- створення повноцінних макетів друкованих плат;
- велика вбудована бібліотека мікросхем, датчиків та інших електричних елементів;
- безкоштовне використання.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		39

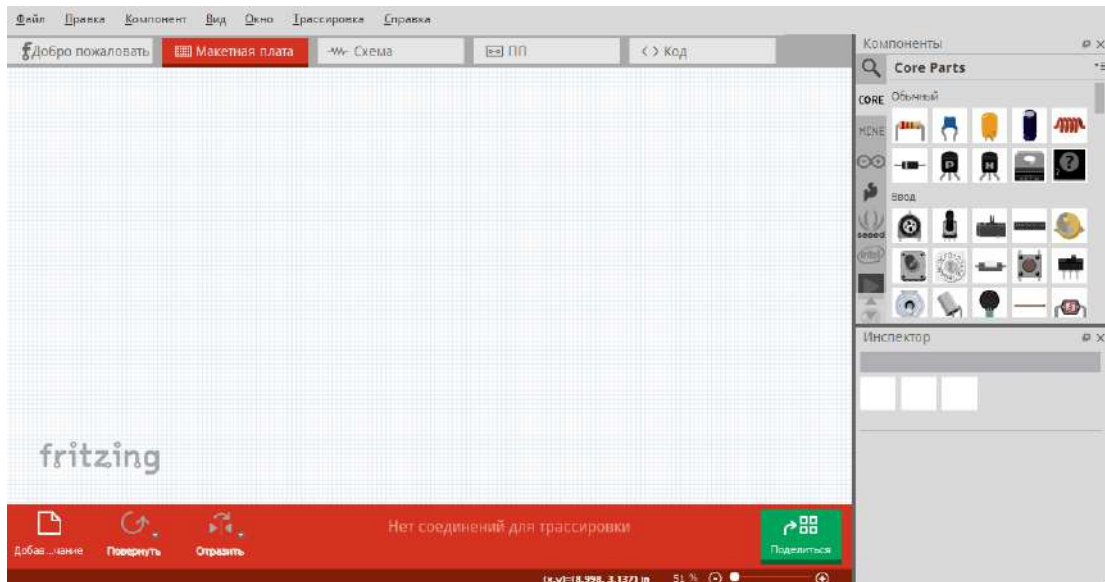


Рисунок 3.2 – Вигляд Fritzing після встановлення

Далі додаємо всю необхідну елементу базу (Raspberry Pi 1 B+, резистори, світлодіод та ультразвуковий датчик відстані, електромагнітний клапан та адаптер живлення на 12V) на макетну плату з бібліотеки додатку. Ті елементи яких немає в стандартній бібліотеці (ДВГ, шилд реле, датчик освітленості знаходимо в інтернет ресурсі Github та додаємо за допомогою випадуючого меню зверху. Замість шилду реле в проектуванні буде використано одноканальний модуль реле для спрощення схеми під час проектування.

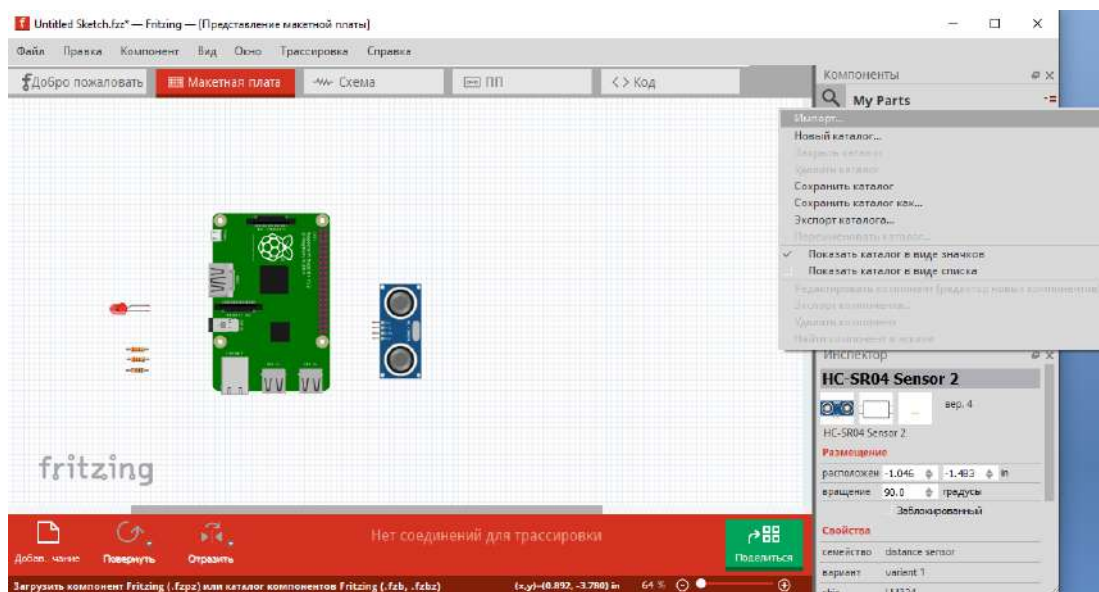


Рисунок 3.3 – Процес додавання невістачаючих елементів



Датчик освітлення. Вивід VCC під'єднуємо до виводу живлення 3,3V, GND до виводу заземлення на платі, SCL до GPIO3, SDA до GPIO2.

Датчик відстані. Вивід VCC під'єднуємо до виводу живлення 5V, GND до виводу заземлення на платі, Trig до GPIO23, Echo з'єднуємо з резистором та підключаємо до GPIO24.

Один модуль реле буде з'єднуватись з одним електромагнітним клапаном який буде подавати воду на одну рослину. Вивід COM підключаємо до плюса адаптера живлення на 12V або акумуляторної батареї, з мінуса підключаємось до першого контакту електромагнітного клапану. Другий з'єднуємо з виводом реле NO.

Світлодіод підключаємо до GPIO17 та виводу заземлення на платі МК.

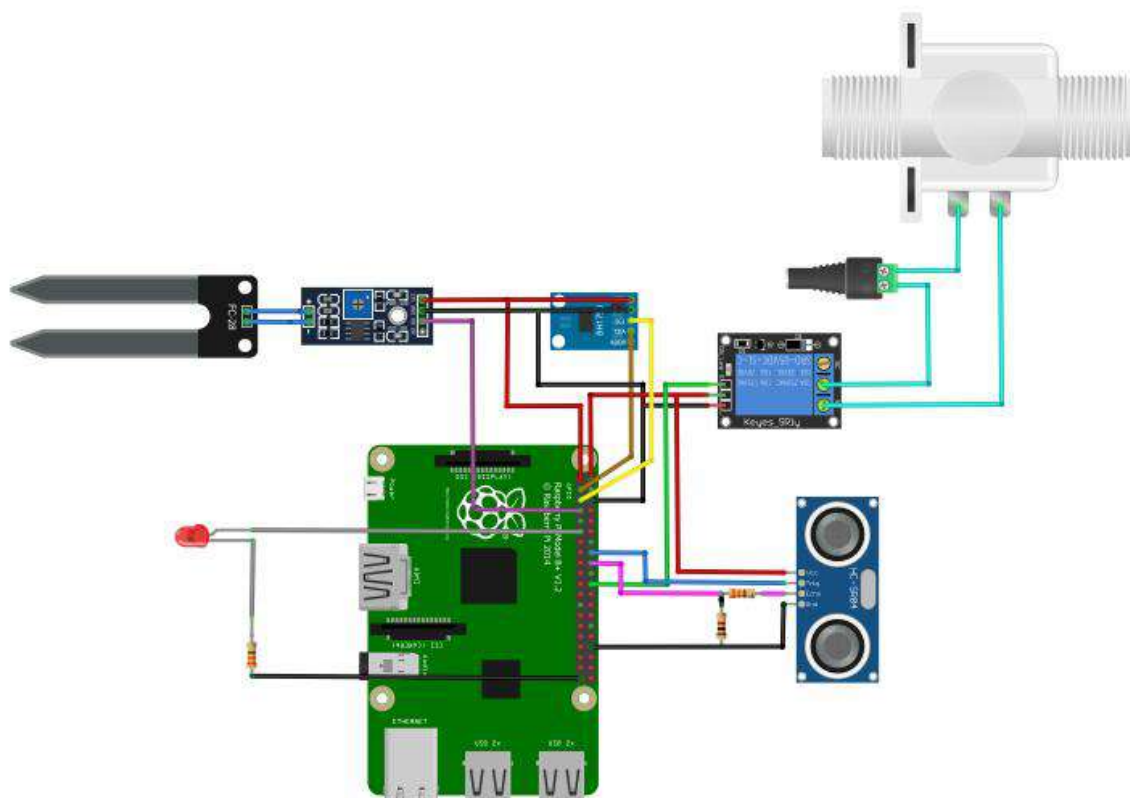


Рисунок 3.5 – Вигляд готової схеми АСПКР

Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата

### 3.3 Розробка програмного коду і налагодження стабільної роботи АСПКР

Після того як усе було зібрано, всі модулі, датчики та клапани між собою з'єднані і поміщені в корпус починаємо налаштування МК та розробку послідовних дій та написання програми, яка буде керувати усією системою. Операційною системою на МК було обрано Raspbian. Для програмування датчиків та модулів Raspberry Pi використовуємо мову програмування Python.

Для того щоб встановити на МК операційну систему та для подальшого керування, підключаємо до плати усі необхідні периферійні пристрої в роз'єми USB (клавіатура, миша та Wi-Fi адаптер). Для передачі відеосигналу МК через роз'єм HDMI за допомогою кабелю підключаємось до монітору або телевізору.

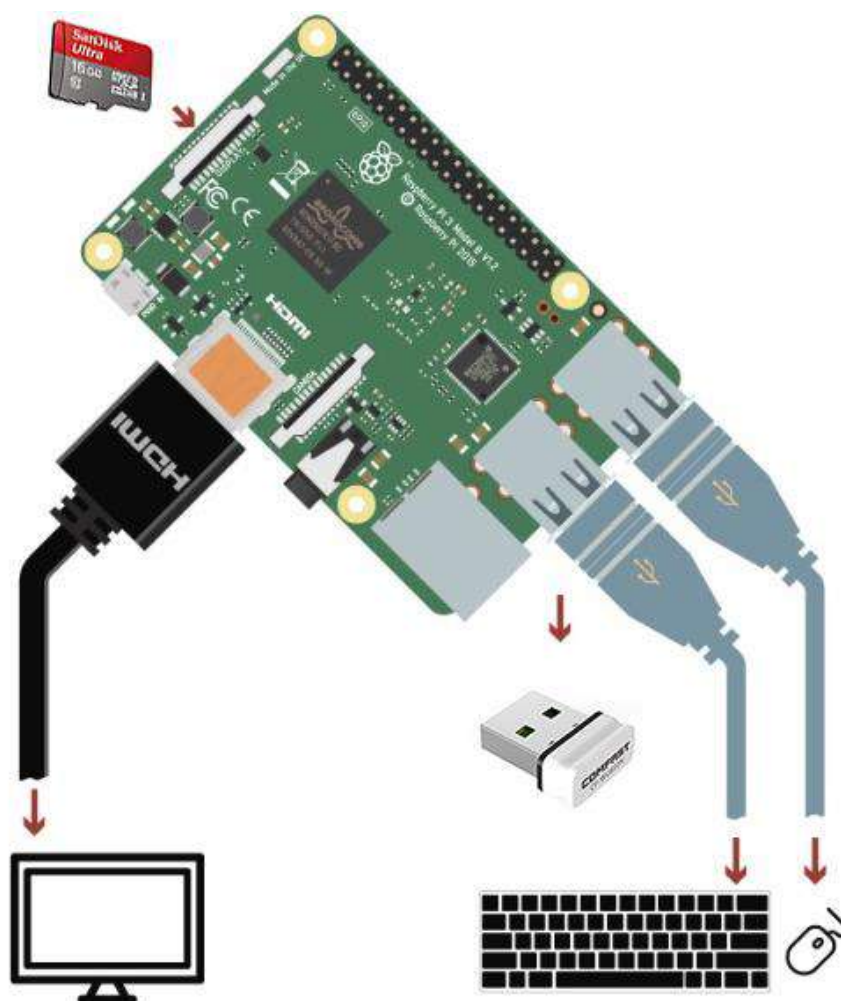


Рисунок 3.6 – Підключення периферії до МК

Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата

Перед тим як користуватись МК Raspberry Pi, нам потрібно встановити ОС Raspbian на карту пам'яті. Встановлення Raspbian на Raspberry Pi – досить простий процес. По суті все що нам потрібно зробити, це записати образ на SD-карту і завантажити Raspberry Pi. Для запису ОС використаємо інший настільний персональний комп'ютер з ОС Windows. Підключаємо microSD до приводу SD карт за допомогою перехідника з microSD у SD. Коли наша ОС Windows визначила цю пам'ять нам потрібно її відформатувати у файлову систему FAT32. Завантажувач Raspberry Pi підтримує читання лише із файлових систем FAT. Якщо ваша SD-карта об'ємом 64 ГБ або більше, потрібно переконатися, що вона відформатована як FAT32, а не як exFAT.

Після форматування починаємо записування ОС Raspbian. Для того, щоб встановити операційну систему на Raspberry Pi, нам потрібно встановити наш комп'ютер спеціальну утиліту, яка називається Raspberry Pi Imager. Завантажити її можна на офіційному сайті.

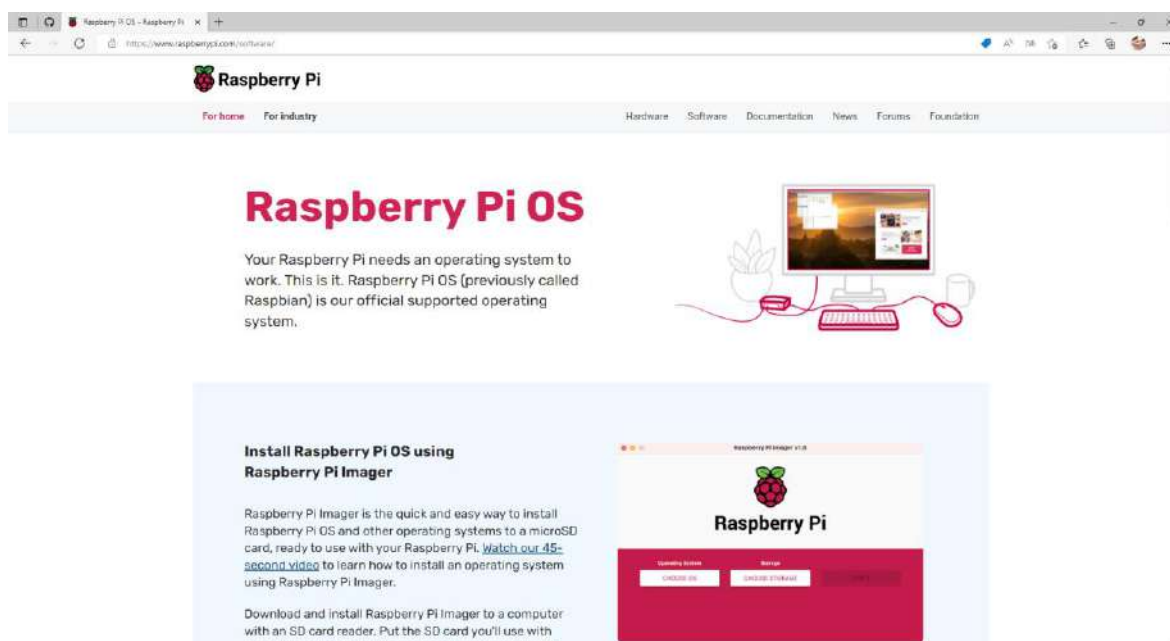


Рисунок 3.7 – Вигляд сторінки офіційного сайту ОС Raspbian

Встановлюємо та запускаємо Imager. У стартовому вікні програми необхідно вказати тип ОС, яку ми хочемо встановити (а саме Raspberry Pi OS

									КВРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата						44

(32-bit)) та вказати SD-карту, на яку ми встановимо цю ОС, тиснемо Write, і чекаємо доки система встановлюється.

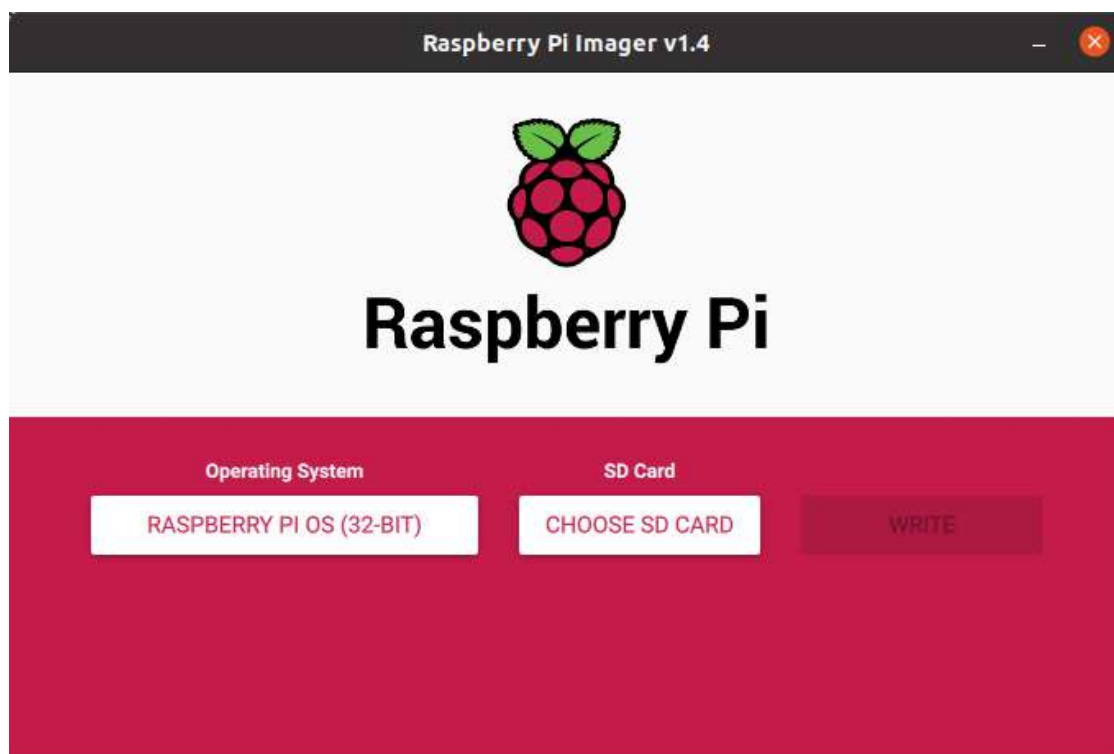


Рисунок 3.8 – Робоче вікно утиліти Raspberry Pi Imager

Після запису ОС на карту пам'яті виймаємо її з настільного ПК та вставляємо її у відповідний роз'єм на платі МК Raspberry Pi, підключаємось до живлення та запускаємо його.



Рисунок 3.9 – Встановлення карти пам'яті у плату МК

Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата



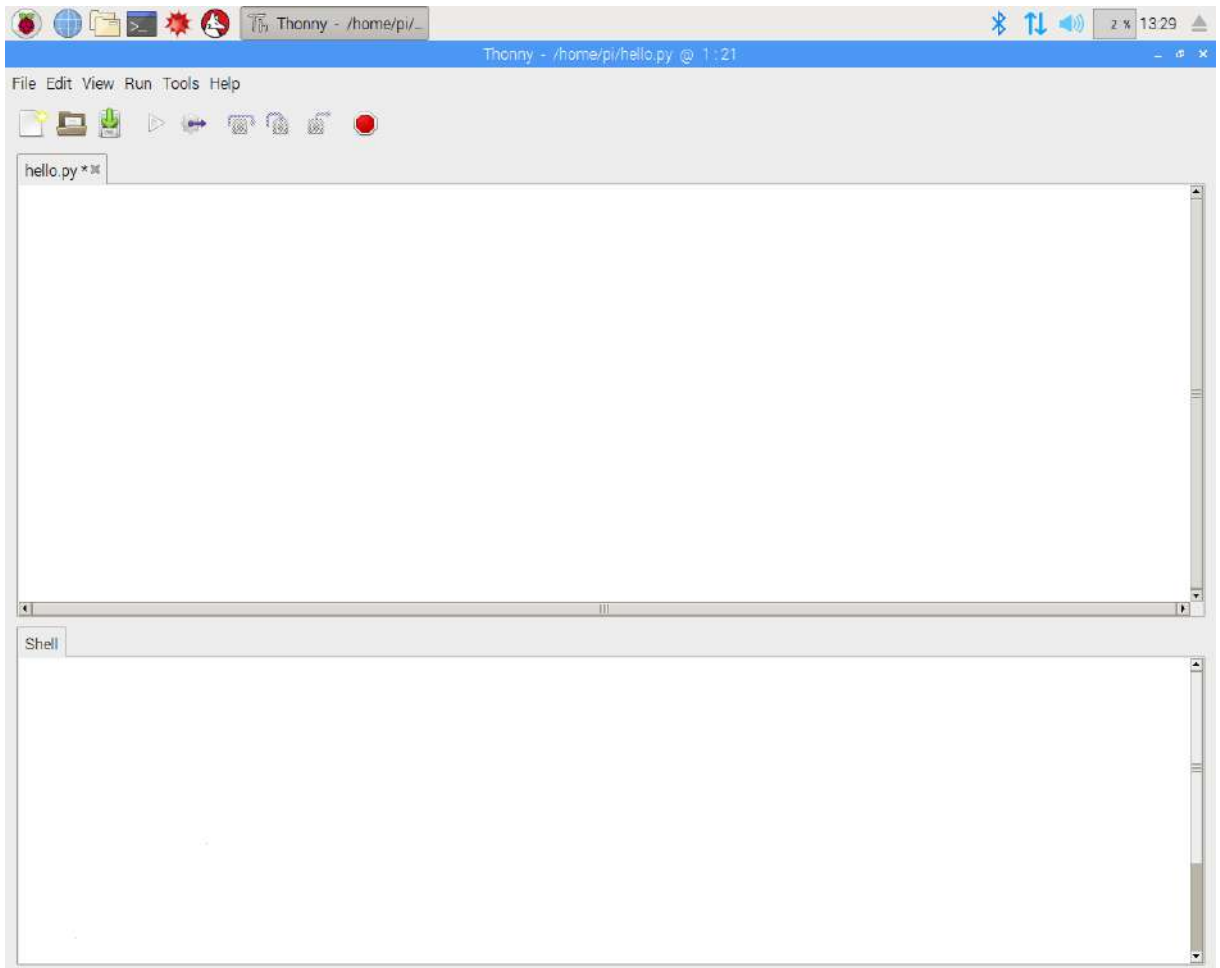


Рисунок 3.11 – Робоче вікно утиліти Thonny Python IDE

Спочатку напишемо код для перевірки роботи датчика вологості:

```
#імпортуємо бібліотеки
import time
import RPi.GPIO as GPIO

#налаштування GPIO -- контакт 4 як датчик вологості
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(4, GPIO.IN)

try:
    while True:
        if (GPIO.input(4))==0:
            print('Wet') #земля волога
        elif (GPIO.input(4))==1:
            print('Dry')
            time.sleep(.25)

finally:
    #очищуємо GPIO перед завершенням
    GPIO.cleanup()
```

					КВРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		47

Результат роботи коду ми можемо побачити у діалоговому вікні нижче. Якщо датчик поміщений у вологе середовище (политий ґрунт) то виведеться повідомлення з текстом Wet, якщо ж ні - тоді виведеться повідомлення Dry.



```
Shell*
Dry
Dry
Dry
Dry
Dry
Dry
Dry
Dry
```

Рисунок 3.12 – Результат роботи тестового програмного коду для ДВГ який поміщено у вологе середовище

Також було написано тестову програму для перевірки взаємної роботи реле, клапану для подачі рідини та ДВГ:

```
# імпортуємо бібліотеки
import time
import RPi.GPIO as GPIO

#Датчик: GPIO 4, Relay 1: GPIO 25
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(4,GPIO.IN)
GPIO.setup(25,GPIO.OUT)

try:
    while True:
        if (GPIO.input(4))==0:
            print('Wet')
            GPIO.output(25,True)
        elif (GPIO.input(4))==1:
            print('Dry')
            GPIO.output(25,False)
        time.sleep(.25)

finally:
    #очищуємо GPIO перед завершенням
    GPIO.cleanup()
```

За результатом цієї тестової програми ми зможемо побачити як в парі працює основна частина нашої АСПКР. Якщо датчик вологості буде знаходитись у сухому середовищі, програма подасть сигнал на реле, після

чого відкриється клапан по якому потече рідина для поливу рослин. Після того як ґрунт стане достатньо вологим і датчик це зафіксує – реле закриє клапан.

У якості системи сповіщень ми будемо використовувати поштовий сервер, а саме smtp.gmail.com так як наша програмна реалізація передбачає тільки роботу з Google аккаунтами. Тому для нашої системи в налаштуваннях дозволяємо доступ ненадійним додаткам у яких є доступ до цього аккаунту:

### ← Ненадежные приложения, у которых есть доступ к аккаунту

Некоторые приложения и устройства используют ненадежные технологии входа, которые могут подвергнуть угрозе ваш аккаунт. Мы рекомендуем запретить доступ таким приложениям и устройствам. Если вы хотите работать с ними, несмотря на риск, разрешите доступ. Google автоматически отключит эту функцию, если она не будет использоваться. [Подробнее...](#)

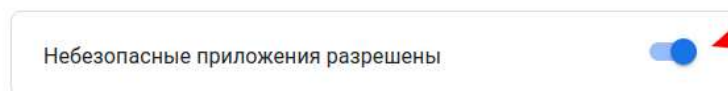


Рисунок 3.13 – Налаштування доступу до аккаунту

Після налаштування нашого поштового серверу та запуску системи автоматичного поливу, ми зможемо отримувати листи на вказану нами, у кодї програми, пошту, у яких буде вказано критичні стани нашої системи.



Рисунок 3.14 – Отримані листи від системи поливу при критичному стані

```
defsend_email(message):  
    port = 587  
    smtp_server = "smtp.gmail.com"  
    FROM = TO = "rowinchuk08@gmail.com"  
    password = "88880000"  
  
    mailserver=smtpplib.SMTP(smtp_server, port)  
    mailserver.starttls()  
    mailserver.login(FROM, password)  
    mailserver.sendmail(FROM, TO, message)
```

```

print("sent!")
mailserver.quit()

defsend_last_watered_email(time_last_watered):
message = EMAIL_MESSAGES['last_watered']['message']
subject = EMAIL_MESSAGES['last_watered']['subject']
complete_message = ''
complete_message = "Subject:  {}\n\n{}  {}".format(subject,
message, time_last_watered)
send_email(message)

```

Весь код програми нашої системи знаходиться у Додатку А.

### 3.4 Розрахунок та налаштування віддаленого доступу до АСПКР

Оскільки в подальшому наш МК Raspberry Pi буде використовуватись в якості веб-серверу, йому необхідно призначити стичну IP адресу, так як за замовчуванням Raspberry Pi присвоюється динамічна адреса. З цією метою необхідно прописати статичну адресу у конфігурацію DHCP.

Для налаштування статичної IP адреси для початку потрібно визначити IP адресу нашого роутера в локальній мережі. Для цього в терміналі виконуємо команду: `netstat -r -n`. В стовпці Gateway зазначено IP адресу роутера. В нашому випадку цією адресою є 192.168.1.1. Далі редагуємо конфігурацію DHCP на Raspberry Pi: `sudo nano /etc/dhcpd.conf`. З метою ігнорування DHCP сервера, в кінці файлу дописуємо наступний рядок: `nodhcp`.

Відразу після цього рядка назначаємо статичну IP адресу для провідного з'єднання:

```

interface eth0
staticip_address=192.168.1.85/24
staticrouters=192.168.1.1
staticdomain_name_servers=192.168.1.1

```

де `ip_address` – це нова статична адреса для Raspberry Pi, `routers` – адреса роутера, `domain_name_servers` – також адреса роутера.

Далі додаємо налаштування для wi-fi:

```

interface wlan0

```

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		50

```
staticip_address=192.168.1.85/24
staticrouters=192.168.1.1
staticdomain_name_servers=192.168.1.1
```

Зберігаємо зміни конфігураційного файлу та перезавантажуємо Raspberry Pi.

Для керування АСПКР на відстані ми використовуємо фреймворк WebIOPi.

Фреймворк WebIOPi створений для управління, налагодження та використання GPIO Raspberry Pi, датчиків і перетворювачів з веб-браузера або будь-якого іншого додатку. WebIOPi є ідеальним інструментом, щоб зробити підключення різних речей.



Рисунок 3.15 – Можливості фреймворку WebIOPi

Основні можливості фреймворку:

- Має у комплекті WeavedIoTKit для доступу до Raspberry Pi через мережу Інтернет;
- написаний на Python, що зручно для завантаження і виконання спеціальних сценаріїв, використовуючи всеосяжну структуру з установленням і функціями циклу;
- надає необмежену підтримку Serial/SPI/I2C з повним і послідовним набором функцій для управління більш ніж 30 типами пристроїв, у тому числі, найбільш часто використовуваними аналоговими перетворювачами, розширювачами входу/виходу і датчиками;

- має клієнтську бібліотеку JavaScript/HTML, щоб зробити власний веб-інтерфейс;
- має клієнти Python/Java, щоб робити системи RPi-to-RPi або додатки для Android;
- підтримує CoAP, що надає кращий протокол Інтернету речей для Raspberry Pi;
- включає в себе прості веб-додатки для налагодження GPIO, пристроїв і послідовного інтерфейсу.

Для встановлення WebIOPi перш за все, завантажуюмо останню версію архіву .tar.gz в директорію /home/pi. Перед запуском процесу установки зупиняємо роботу існуючого сервісу WebIOPi. Попередня конфігурація буде збережена, але інші файли будуть перевизначені.

Виконуємо дані команди для встановлення у терміналі:

```
tarxvzf WebIOPi-0.7.1.tar.gz
cdWebIOPi-0.7.1
sudo ./setup.s
```

Так як у нас Raspberry B+ щоб отримати доступ до всіх 40 виводів, користуємося нижченаведеною процедурою встановлення з патчем:

```
wget http://sourceforge.net/projects/webiopi/files/WebIOPi-0.7.1.tar.gz
tarxvzf WebIOPi-0.7.1.tar.gz
cd WebIOPi-0.7.1
wget https://raw.githubusercontent.com/doublebind/raspi/master/webiopi-pi2bplus.patch
patch -p1 -i webiopi-pi2bplus.patch
sudo ./setup.sh
sudo pip3 installAdafruit_Python_DHT
```

Після встановлення WebIOPi вмикаємо у терміналі автозавантаження фреймворку після запуску МК : `sudo update-rc.d webiopidefaults`

Якщо наш МК підключений до мережі Інтернет, ми можемо мати до нього доступ у локальній мережі для його керування, все що нам потрібно це зайти у браузер з будь якого пристрою та прописати у адресному рядку адресу до нього, у нашому випадку - <http://192.168.1.85:8000/>. За замовчування логін "webiopi" і пароль "raspberrry".

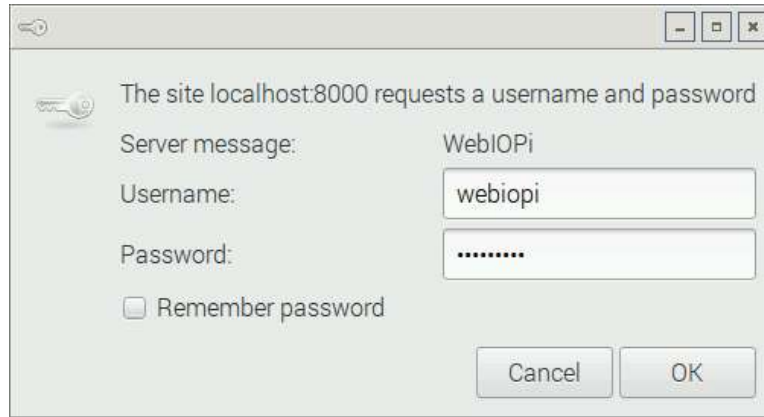


Рисунок 3.14 – Меню авторизації у WebIOPi

Перейшовши по посиланню GPIO Header на головній сторінці, виставляємо напрями роботи кожного контакту GPIO, використовуючи веб-інтерфейс, який виглядає як роз'єм на платі.

Виставляємо контакти IN та OUT за відповідністю до нашої зібраної схеми автоматичного поливу.

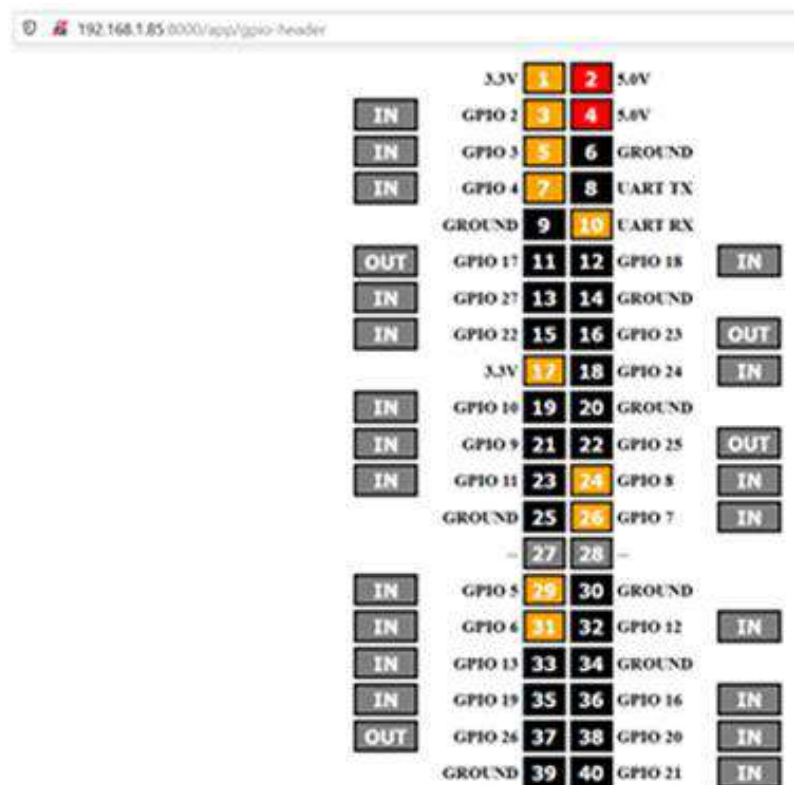


Рисунок 3.16 – Панель керування контактами GPIO у фреймворку  
Робота з webіоріпередбачає виконання трьох кроків:

1. Написання скрипту на Python для ініціалізації GPIO та автоматичного ввімкнення/вимкнення пристрою;
2. Написання веб сторінки за допомогою HTML/Javascript;
3. Налаштування серверу WebIOPi.

WebIOPi включає HTTP-сервер, який забезпечує як ресурси HTML, так і REST API для управління IoT-речами. Спочатку браузер завантажує HTML-файл, потім включений Javascript здійснює асинхронні виклики REST API для контролю та оновлення інтерфейсу користувача. Цей метод є дуже ефективним, оскільки йому не потрібно оновлювати та завантажувати всю сторінку.

Створюємо файл index.html у якому будемо писати код для інтерфейсу який потім зв'яжемо з скриптом системи поливу за допомогою фреймворку. Бібліотека JavascriptWebIOPi дозволяє легко створити власний інтерфейс за допомогою кнопок, прив'язаних до GPIO. Нам потрібен лише один тег `<script>`, щоб включити `/webiopi.js`. Потім він автоматично завантажує jQuery. Сервер WebIOPi фільтрує запити браузера для обслуговування файлів `webiopi.js` та `jquery.js` із папки ресурсів WebIOPi за замовчуванням.

Index.html складається з декількох тегів HTML, включаючи невелику частину Javascript і кілька рядків CSS. Особливу увагу слід звернути на функцію Javascript, що передається в бібліотеку WebIOPi JS із `webiopi().ready()`. Це гарантує завантаження бібліотек WebIOPi та jQuery перед зміною інтерфейсу користувача. Після створення кнопки використовуємо функцію jQuery, щоб додати її до елемента HTML, оголошеного пізніше в тезі `<body>`. Знизу приведена частина коду для під'єднання фреймворку та інших скриптів.

```
<html>
<head>
<metahttp-equiv="Content-Type"           content="text/html;
charset=UTF-8">
<title>WebIOPi | АСПКР</title>
<scripttype="text/javascript" src="/webiopi.js"></script>
<scripttype="text/javascript">
```

					КВРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		54



знаходиться у верхньому правому куті – якщо освітлення яке падає на рослину достатнє, то там буде зображена піктограма сонечка, якщо ні – місяця.

### 3.5 Матеріальні затрати

При розробці кіберфізичної системи автоматичного поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi було куплено Raspberry Pi 1 B+ та комплектуючі (таблиця 3.1). В загальну суму не входять присторої виведення інформації. Також в ціну не входять вартість розробки системи та її обслуговування. Ціни приведені у гривнях та були заявлені на 14.06.2022.

Таблиця 3.1 - Матеріальні затрати

Назва комплектуючої	Ціна в грн
Raspberry Pi 1 B+	1650
Датчику вологості ґрунту YL-69	56
Датчик освітленості GY-302	50
Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04	37
Плата розширення реле для Raspberry Pi від Waveshare	480
Wi-Fi адаптер COMFAST CF-WU810N	125
Електромагнітний клапан FPD-270A.	230
Карта пам'яті SanDisk Ultra microSDHC UHS-I 16GB	150
Матеріали	69
РАЗОМ	2847

Таким чином ми провели аналіз затрат на обладнання яке нам необхідне для створення та організації кіберфізичної системи автоматичного поливу кімнатних рослин із системою сповіщення. За результатами проведеного підрахунку встановлено що вся сумарна вартість складається 2847 грн, що дає нам результат про те, що була розроблена система автоматичного поливу кімнатних рослин дешевша за аналоги представленні на сьогоднішньому ринку. Розроблена система автоматичного поливу може бути використана також для сільськогосподарського тепличного господарства.

Після підрахування коштів, витрачених на Raspberry Pi та комплектуючі можна зробити висновок що на сьогоднішній день таке рішення є одним з найдешевших варіантів на ринку. Слід зауважити що комплектуючі хоч і дешеві, але ненайкращої якості, тому через деякий проміжок часу можливо буде потрібно замінити їх на нові, для того щоб завжди отримувати точні виміряні дані. Наша система автоматичного поливу рослин ідеально підійде для людей, які думають відправитися у відпустку, але переживають за своїх зелених улюбленців, які ніхто не буде поливати під час відпустки.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		57

## ВИСНОВКИ

При виконанні даного дипломного проекту була спроектована та реалізована автоматизована система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення, призначена для своєчасного поливу рослин та керуваннями усіма параметрами для створення ідеальних умов для росту рослини під управлінням користувача за допомогою веб-інтерфейсу.

Було розглянуто загальні відомості про сучасний стан систем поливу кімнатних рослин, а також більш конкретно розглянуто принципи їх застосування у різноманітних сферах життя. Результат показав, що існують випадки, де без застосування систем поливу неможливо виконати певні задачі, наприклад слідкування за рослинами на відстані.

Був проведений детальний аналіз існуючих систем контролю і поливу рослин в кімнатних умовах, а також історію їх створення та застосування. За останні десятки років цей напрямок виконав дивовижний «стрибок» уперед технологічно розвинувшись. Було прийнято рішення розробити свою бюджетну автоматичну систему поливу кімнатних рослин, яка повністю працює сама та має систему сповіщень користувача, що може бути використана у різних сферах життя і здебільшого використовуватись у побуті, або навіть на невеликих тепличних ділянках.

Модель автономного контролера поливу повинна забезпечити виконання певних спеціалізованих рішень для потреб у використанні сфери побуту. Показано варіанти реалізації головних компонентів системи поливу. Для зручності систему було розділено на складові частини для проведення більш детального аналізу. Було проведено детальний огляд доступних варіантів реалізації поставлених задач. Функціонально-вартісний аналіз апаратного продукту дозволив ретельно порівняти конкуруючі технології та обрати найкращі рішення, опираючись на широкий спектр технічних параметрів контролерів керування. Наведено приклад безпосереднього процесу побудови

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		58

прототипу на основі попередніх досліджень. Було остаточно обрано конкретні апаратні рішення для побудови автономної системи.

У ході виконання практичної частини дипломного дослідження, було виявлено, що система поливу здатна працювати досить довгий час, без контролю людиною. Слід зауважити, що незважаючи на всі технічні складності та досить велику собівартість деяких типів систем поливу, яка пов'язана з їхнім створенням, розвиток у цій сфері має великий потенціал і широку область застосування в майбутньому. Найбільшу ефективність дані пристрої показують при правильному налаштуванні та вірному повсякденному використанні. Швидкий розвиток сучасних технологій дозволяє розраховувати на значне поліпшення характеристик нових пристроїв, для їх більшого спектру використання та зменшення собівартості.

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		59

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Автоматичні системи поливу: види, особливості будови та застосування. URL: <https://volar.com.ua/news/avtomaticheskie-sistemy-poliva-vidy-osobennosti/> (дата звернення: 25.01.2022).

2. Соломаха І. В. Сучасні тенденції розвитку систем автоматизованого поливу рослин. Теорія і практика стратегічного управління розвитком галузевих і регіональних суспільних систем : VI міжнар. наук.-практ. конф., 11-13 жовт. 2017 р. / Гораль Л. Т., ред. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. С. 301–303.

3. Системи автоматичного поливу. URL: <https://aquabud.com.ua/sistemy-poliva/> (дата звернення: 26.01.2022).

4. Пастухов В. І. Проектування системи краплинного зрошення для вирощування сільськогосподарських культур: Навчальний посібник до виконання курсового проекту. / Пастухов В. І., Ящук Д. А. – Харків: ХНТУСГ, 2013. 25 с.

5. Комплект для поливу AquaBloom на сонячній батареї. URL: <https://www.gardena.com/ru/produktsiya/poliv-rasteniy/poliv-komnatnyh-rasteniy/komplekt-dlya-poliva-aquabloom-na-solnechnoy-bataree/970443301/> (дата звернення: 27.01.2022).

6. Автоматичний полив кімнатних рослин, розумна Bluetooth система Dripping Pro 002. URL: <https://gadgets-world.com/avtomaticheskiy-poliv-komnatnykh-rasteniy-umnaya-bluetooth-cistema-dripping-pro-002-android-ios-app/> (дата звернення: 27.01.2022).

7. Система крапельного поливу АкваБуд. URL: <https://aquabud.com.ua/product-category/sistemy-avtopoliva/komplekt-kaпельного-poliva/> (дата звернення: 27.01.2022).

					КВРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		60



18. Монк Саймон Raspberry Pi. Збірник рецептів: рішення програмних і апаратних завдань: навч. посіб. 2-е вид. Київ, 2019, С. 375-470
19. Інтернет магазин плат Raspberry Pi та комплектуючих до них. URL: <https://raspberrypi.in.ua/shop/> (дата звернення: 15.04.2022)
20. Основи фреймворку WebIOPi. URL: [http://webiopi.trouch.com/Tutorial\\_Basis.html/](http://webiopi.trouch.com/Tutorial_Basis.html/) (дата звернення: 01.06.2022)
21. Мікропроцесорна техніка / Жуйков В. Я. та ін. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 440с.
22. Sean McManus, Mike Cook Raspberry Pi For Dummies, New Jersey, 2013
23. Ahonen, R. Virrankoski, M. Elmusrati. Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network. *2008 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*, Beijing, 2008. P. 403-408.
24. Raspberry Pi – software. Raspberry Pi .URL: <https://www.raspberrypi.com/software/> (дата звернення: 18.05.2022)
25. Датчику вологості ґрунту YL-69. URL: <https://raspberrypi.in.ua/product/datchik-vlazhnosti-pochvy-gigrometr-yl-69/> (дата звернення: 15.04.2022)
26. Датчик освітленості GY-302. URL: <https://besplatka.ua/obyavlenie/datchik-osveshchennosti-gy-302-na-chipe-bh1750-dlya-arduino-raspberry-pi-879655/> (дата звернення: 15.04.2022)
27. Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. URL: <https://arduino.ua/prod182-yltrazvykovoi-datchik-rasstoyaniya-hc-sr04/>
28. Плата розширення реле для Raspberry Pi від Waveshare. URL: <https://www.waveshare.com/rpi-relay-board.htm/> (дата звернення: 15.04.2022)
29. Електромагнітний клапан FPD-270A. URL: <https://www.amazon.com/FPD-270A-Plastic-Electrical-Solenoid-Dispense/dp/B092LGT3LM/> (дата звернення: 16.04.2022)

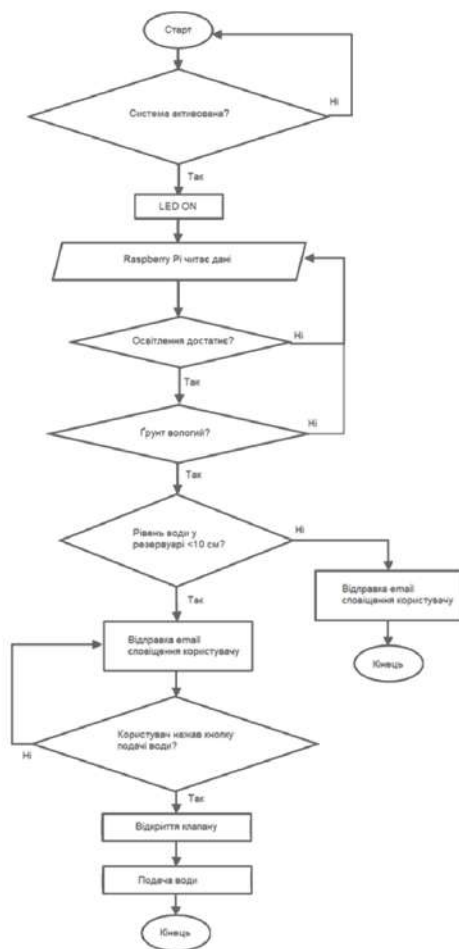
30. Wi-Fi адаптер COMFAST CF-WU810N. URL:

<https://www.adafruit.com/product/814/> (дата звернення: 17.04.2022)

					КвРКІ.190197.23.01.22 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.№	Підпис	Дата		63

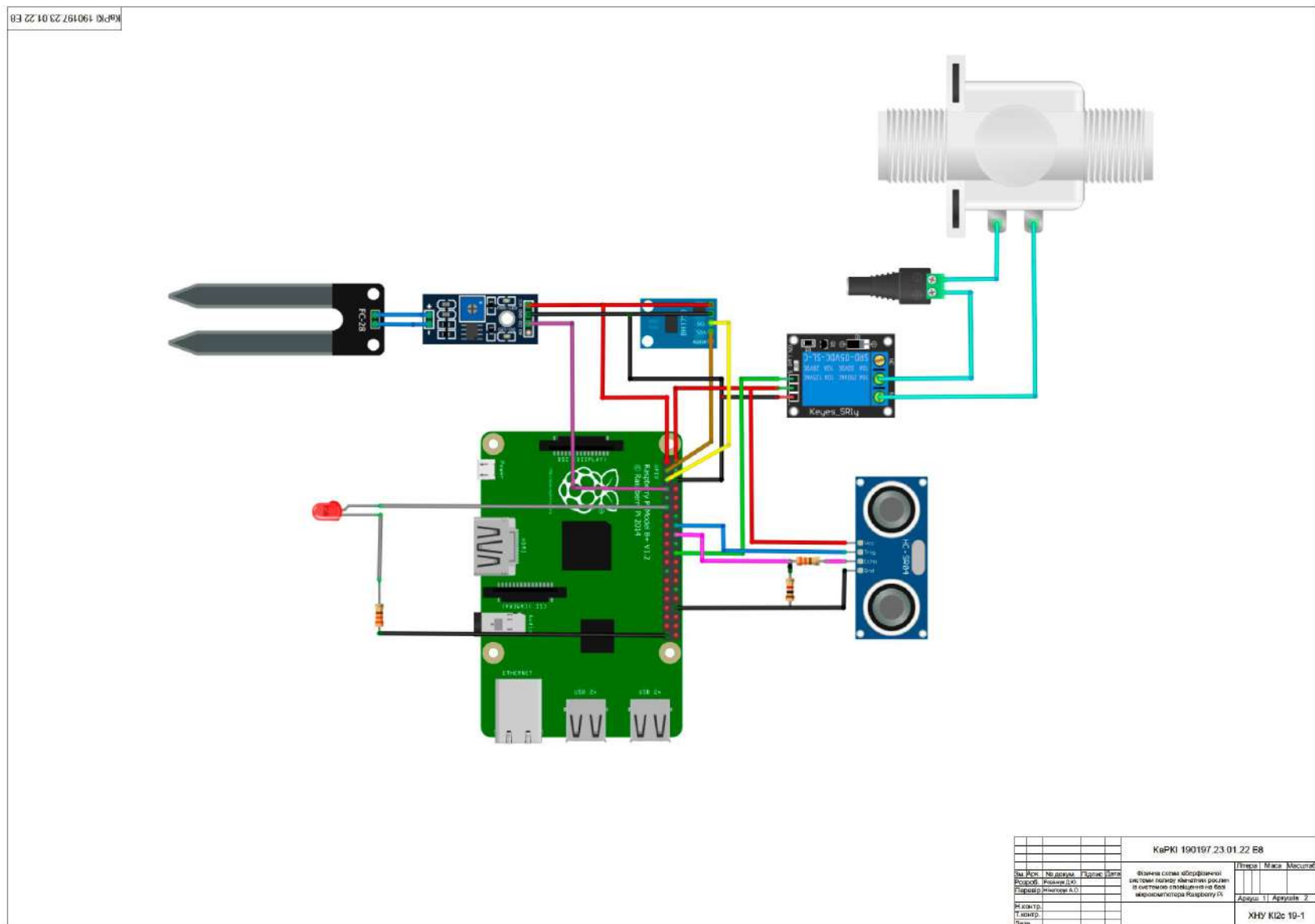
# Додаток А (обов'язковий) Копія креслення «Блок-схема роботи системи»

83.E3.10.EZ.Z3.D1.22.EB

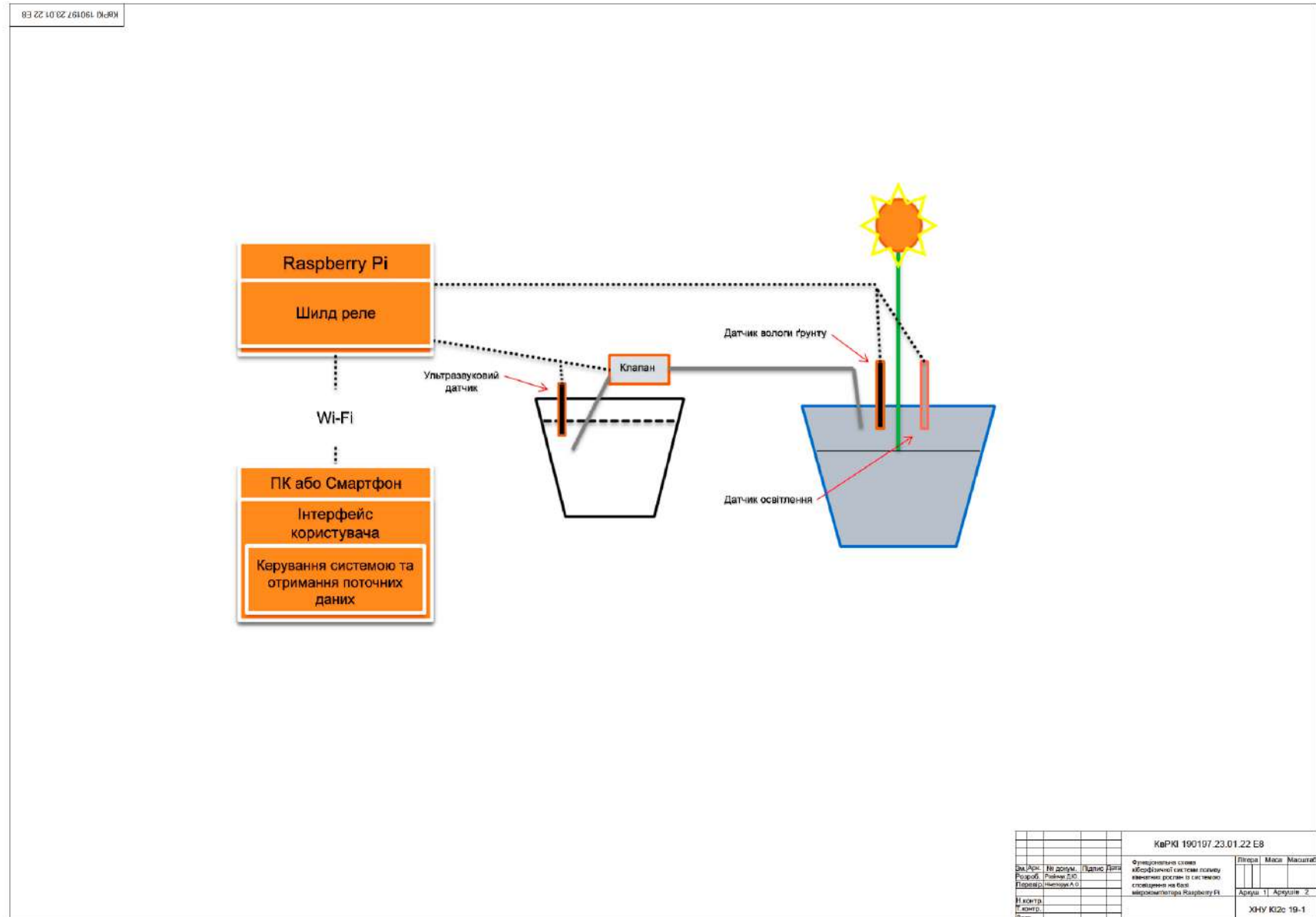


КвРКІ 190197 23.01.22.ЕВ				Підпис	Місяц	Місяць	Рік
№ КС	№ докум.	Датум	Датт	Зміст: схема роботи вбудованої системи пошуку оптимальних рослин в оптимальних умовах освітлення на базі мікроконтролера Raspberry Pi			
Розроб.	Григорук А.О.			Архив	11	Архив	3
Відкриття	Григорук А.О.			ХНУ КІЗ 19-1			
Інженер							
Проєктант							
Дата							

## Додаток Б (обов'язковий) Копія креслення «Фізична схема системи»



## Додаток В (обов'язковий) Копія креслення «Функціональна схема системи»



Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1011591512

Дата перевірки:  
16.06.2022 08:43:44 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
16.06.2022 08:44:24 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Ровінчук\_Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі ...

Кількість сторінок: 59 Кількість слів: 8997 Кількість символів: 63849 Розмір файлу: 4.85 MB ID файлу: 1011460605

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

## 10.6% Схожість

Найбільша схожість: 3.76% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008381940)

3.36% Джерела з Інтернету

66

Сторінка 61

7.57% Джерела з Бібліотеки

54

Сторінка 61

## 1.13% Цитат

Цитати

2

Сторінка 62

Не знайдено жодних посилань

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Замінені символи

17

Підозріле форматування

10  
сторінок

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальное совпадение с одним документом 1.0%**

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Ошибок в документах: 11%**

ID: 105615 Название: Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi Добавлено в БД: 2022-06-16 Авторы: Ровінчук Д.Ю, Руководители: Нічепорук А.О. Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	55623	516	1918 (3%)	22 (4%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ровінчук Дмитро Юрійович

Тема: Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 59

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано кіберфізичну систему поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi

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 вибір елементної бази. У третьому розділі реалізовано веб-інтерфейс для керування розробленою системою.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Позитивні сторони роботи: Представлено прототип кіберфізичної системи поливу кімнатних рослин, який може бути реалізований на практиці

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Негативні сторони роботи: В роботі не наведено порівняння запропонованого рішення із відомими аналогами, відсутні оцінки кількісних та якісних характеристик.

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 задовільному рівні.

8. Інші зауваження: =

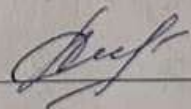
9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно» 3,25 (D)

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

Корецька Людмила Олександрівна,  
доцент кафедри автомобіляції та комп'ю-  
терно-інтегрованих технологій, КНУ

“ 15 ” 06 2022р.



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

Ровинський Дмитро Юрійович  
ПІБ здобувача вищої освіти

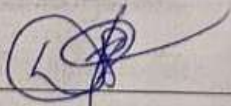
ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-19-1

### 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.



дата

14.06.22

підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Кіберфізична система поливу кімнатних рослин із системою сповіщення на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Автор: Ровінчук Дмитро Юрійович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Нічепорук Андрій Олександрович

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:

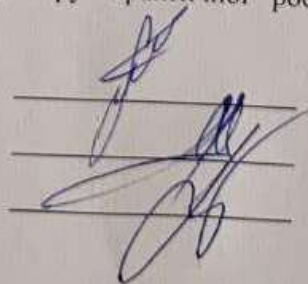
- 1) запозичення розміщені в розділі аналізу існуючих аналогів, прототипів та елементної бази, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів щодо використаних програмних скриптів, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 10,6% і адресується до 120 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру практичної роботи і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС



А.О. Нічепорук

С.М. Лисенко

Т. О. Говорущенко