

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»  
Назва теми


КВРКІ. 200248.20.02.23ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконала: студентка IV курсу, група KI2-20-2  А.С. Цапур  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  Д.М. Медзатий  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  І.О. Засорнова  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем  Т.О. Говорущенко  
Підпис Ініціали, прізвище

«   » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

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 «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Цапурі Анастасії Сергіївни

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Керівник проекту (роботи) Медзятий Д.М., доцент кафедри КІПС

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

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. №8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2024 р.

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

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

Аналіз відомих засобів керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок»

Проектування підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

та вибір елементної бази

Програмно-апаратна реалізація підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи

«Розумний будинок»



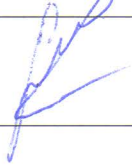

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Схема електрична принципова

Монтажна схема

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2024 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	11.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – Аналіз відомих засобів та рішень	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування підсистеми керування вологістю	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – Програмно-апаратна реалізація підсистеми керування вологістю	30.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент

  
Підпис

Цапура А.С.  
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

Медзатий Д.М.  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Автор роботи: *Цапур Анастасія Сергіївна.*

Керівник роботи: *Медзатий Дмитро Миколайович.*

Пояснювальна записка: *55 с., 34 рис., 4 табл., 3 дод., 60 джерела.*

Графічна частина: 3 креслення.

МОНІТОРИНГ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ, АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПОЛИВ,  
АВТОНОМНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ.

Мета кваліфікаційної роботи: проектування підсистеми керування вологістю системи «Розумний будинок» із реалізацією функцій контролю та моніторингу.

Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту в будинку є контроль рівня вологості повітря. Недостатня або занадто висока вологість може призвести до проблем зі здоров'ям, комфортом та навіть до пошкодження будівельних матеріалів. Тому розробка підсистеми керування вологістю стає важливою складовою сучасного розумного будинку.

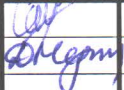
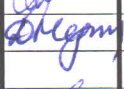
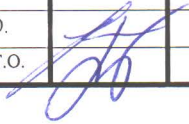
У цьому контексті кіберфізична система для керування вологістю відіграє ключову роль. Вона дозволяє поєднати в собі фізичні пристрої, такі як датчики вологості, реле для керування зволожувачами та вентиляторами, а також програмне забезпечення, яке забезпечує збір, обробку, передачу та аналіз даних про вологість, а також прийняття рішень щодо регулювання цього параметра.

Підпис студента *17.05.2024*

Дата 

## ЗМІСТ

<b>СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ</b> .....	4
<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»</b> .....	7
1.1 Автоматизація процесів у системі «Розумний будинок».....	7
1.2 Вимоги до рівня вологості у приміщені .....	10
1.3 Огляд відомих програмно-технічних засобів зволоження повітря.....	11
1.4 Відомі схемотехнічні рішення для реалізації функції зволоження повітря	16
1.5 Висновки. Постановка задачі .....	20
<b>2 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»</b> .....	22
2.1 Складання вимог до підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» .....	22
2.2 Обмін даними в середовищі Інтернету речей .....	24
2.3 Структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» .....	29
2.4 Вибір елементної бази .....	33
2.5 Висновки .....	41
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»</b> ....	42
3.1 Апаратна реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» .....	42
3.1.1 Проектування монтажної схеми для клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок».....	42
3.1.2 Схема електрична принципова .....	45

КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ									
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Цапура А.С.						2	62
Перевір.		Медзатий Д.М.							
Н.контр. Затвер.		Засорнова І.О. Говорущенко Т.О.						ХНУ, КІ2-20-2	

3.2 Програмна реалізація підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок».....	48
3.2.1 Налаштування брокера EMQX .....	48
3.2.2 Створення сценарію керування вологістю у Node-red.....	50
3.2.3 Реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» на мікроконтролері ESP32 .....	57
3.3 Висновки .....	58
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	59
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	61
<b>ДОДАТОК А</b> Копія креслення «Структура підсистеми керування вологістю у кіберфізичній системі Розумний будинок» .....	63
<b>ДОДАТОК Б</b> Копія креслення «Схема електрична принципова» .....	64
<b>ДОДАТОК В</b> Копія креслення «Монтажна схема» .....	65

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КС – Комп'ютерна система

ПЗ – Програмне забезпечення

ШІ – Штучний інтелект

CoAP – Constrained Application Protocol

IoT – Internet of Things

GPIO – General purpose input output

MQTT – Message queuing telemetry transport

WP – Water pump (водяний насос)

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В сучасному світі зростає зацікавленість у використанні технологій «розумного будинку» (іноді також відомого як «інтелектуальний будинок» або «смарт-хаус»). Реалізацію концепції розумного будинку можна описати за допомогою системи, яка автоматизує та контролює різні аспекти побутового життя його мешканців, зокрема такі як освітлення, опалення, безпека, комунікації задля поліпшення ключових параметрів комфорту, безпеки та енергоефективності.

Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту в будинку є контроль рівня вологості повітря. Недостатня або занадто висока вологість може призвести до проблем зі здоров'ям, комфортом та навіть до пошкодження будівельних матеріалів. Тому розробка підсистеми керування вологістю стає важливою складовою сучасного розумного будинку.

У цьому контексті кіберфізична система для керування вологістю відіграє ключову роль. Вона дозволяє поєднати в собі фізичні пристрої, такі як датчики вологості, реле для керування зволожувачами та вентиляторами, а також програмне забезпечення, яке забезпечує збір, обробку, передачу та аналіз даних про вологість, а також прийняття рішень щодо регулювання цього параметра.

Важливою функцією сучасних кіберфізичних систем є динамічний моніторинг та візуалізація даних. Дана функція дозволяє користувачам кіберфізичної системи «Розумний будинок» моніторити та контролювати середовище в будинку в реальному часі, надаючи їм більшу свободу та контроль над своїм життям. Як наслідок візуалізація даних надає користувачеві зручний спосіб отримання інформації про стан середовища у приміщенні. Це дозволяє забезпечити миттєвий доступ до даних про температуру та вологість, що допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо регулювання параметрів середовища. Крім того, візуалізація даних сприяє зручній моніторинговій системі, яка може бути використана для аналізу тенденцій та виявлення потенційних проблем. Наприклад, за допомогою графіків температури та

вологості можна виявити зміни, які можуть вказувати на проблеми з системою опалення або вентиляції.

У даній кваліфікаційній роботі буде розглянуто реалізацію підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» на прикладі використання мікроконтролерної системи ESP32, датчика вологості DHT22, реле, а також інших компонентів. Така система дозволить автоматизувати контроль та моніторинг рівня вологості та температури в приміщенні, забезпечуючи тим самим комфорт та здоров'я мешканців, а також оптимізацію енергоспоживання.

Метою роботи є проектування підсистеми керування вологістю системи «Розумний будинок» із реалізацією функцій контролю та моніторингу

Об'єктом дослідження є процеси керування вологістю у системі «Розумний будинок».

Предметом дослідження є підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок».

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

## 1.1 Автоматизація процесів у системі «Розумний будинок»

У розгляді можливості впровадження власного рішення для автоматизації домашнього середовища важливо розуміти принципи роботи таких систем та їх складові.

Систему розумного будинку можна представити як мережу пристроїв Інтернету речей (апаратне забезпечення, що працює на базі програмних рішень), електронні інтерфейси та засоби зв'язку (рисунок 1.1). Пристрої в цій мережі оснащені спеціальними датчиками для виявлення та вимірювання різних параметрів. Вони підключені через WiFi, Ethernet або Bluetooth і можуть керуватися з планшета чи смартфона, навіть якщо користувач знаходиться не у приміщенні. Наприклад, користувач знаходячись на роботі в віддаленому офісі, може перевірити, чи вимкнене світло вдома. Або підвищити температуру в помешканні, щоб бути впевненим, що температура у приміщенні буде комфортною.

Загалом, кожна система автоматизації домашнього простору має три ключові складові: розумний пристрій, підключений додаток та центральний вузол.

Центральний вузол виступає як командний центр. Він підключає всі розумні пристрої та забезпечує їх взаємодію. Підключений мобільний додаток для розумних будинків дозволяє користувачам керувати пристроями Інтернету речей та віддалено їх контролювати. Пристрої, які можуть бути частиною центрального вузла розумного будинку, призначені для виконання різних завдань. Серед найпопулярніших типів можна відзначити:

– пристрої контролю доступу та безпеки (камери, датчики руху, розумні замки, димові датчики);

- клімат-контроль (системи керування енергією, термостати, зволожувачі повітря, тощо);
- менеджери ресурсів (розумні розетки, перемикачі, дистанційні контролери поливу);
- керування освітленням (лампочки, світлодіодні стрічки, диммери, перемикачі);
- побутові прилади (збагачені спеціальними датчиками, теоретично майже будь-який прилад може бути частиною рішень для керування розумним домом);
- розваги (розумні телевізори, кінопроектори, динаміки тощо);
- охорона здоров'я та краса (розумні ваги, тощо).

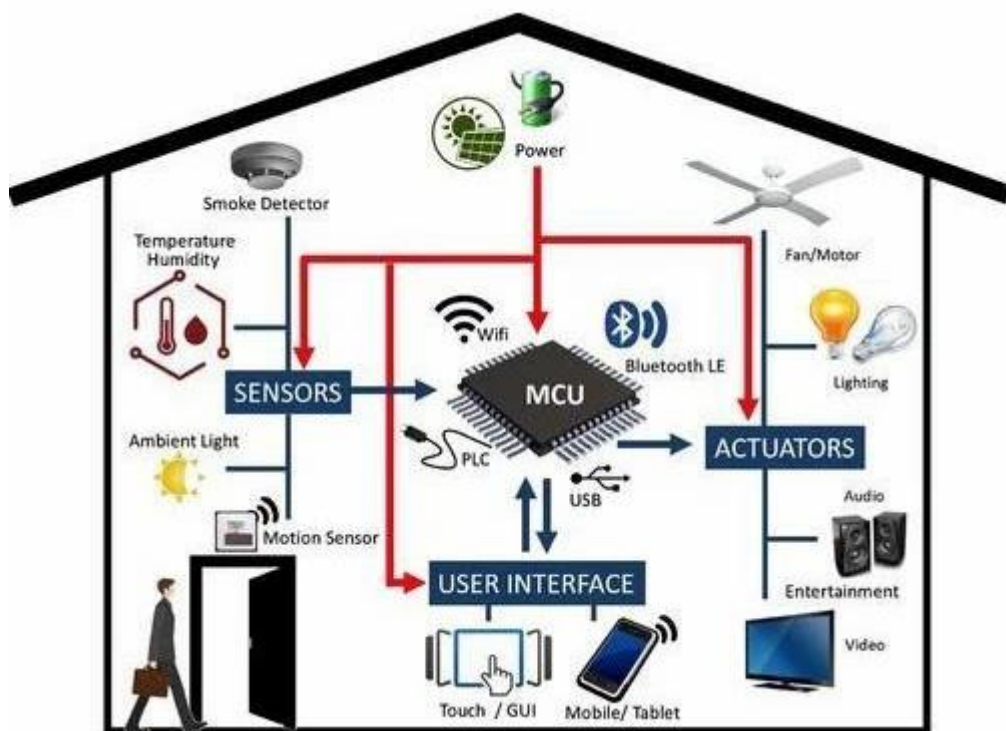


Рисунок 1.1 – Система «Розумного будинку»

На сьогоднішній день існує широкий вибір датчиків Інтернету речей, які допомагають розробникам забезпечити багатофункціональність систем автоматизації домашнього простору. Розглянемо найпоширеніші із них.

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

Щодо архітектура Інтернету речей, то вона ще не докінця встановлена. Однак загальноприйнятою є трьохрівнева архітектура. Ця архітектура складається з трьох рівнів: Шар сприйняття, Шар мережі та Шар застосування (рисунки 1.1-1.3). Наведено короткий опис кожного з цих рівнів.

Основним завданням шару сприйняття є сприйняття фізичних властивостей речей, які оточують нас і є частиною Інтернету речей (IoT). Цей процес сприйняття базується на кількох технологіях виявлення (наприклад, RFID, WSN, GPS, NFC і т. д.). Крім того, цей шар відповідає за перетворення інформації в цифрові сигнали, які зручніше передавати через мережу. Однак деякі об'єкти можуть не бути прямо сприйнятими. Тому до цих об'єктів будуть додані мікročіпи, щоб покращити їх сприйняття навіть з можливістю обробки. Зрештою, нанотехнології та вбудований інтелект будуть відігравати ключову роль у шарі сприйняття. Перші зроблять чіпи настільки малими, що їх можна буде вставити в об'єкти, які ми використовуємо щоденно. Другі покращать їх оброблювальні можливості, які будуть необхідні для будь-яких майбутніх застосувань.

Шар мережі відповідає за обробку отриманих даних від шару сприйняття. Крім того, він відповідає за передачу даних на шар програм за допомогою різних технологій мережі, таких як бездротові/провідні мережі та місцеві мережі (LAN). Основні засоби передачі включають FTTx, 3G/4G, Wifi, bluetooth, Zigbee, UWB, інфрачервону технологію та інше. Великі кількості даних будуть передаватися по мережі. Тому важливо забезпечити надійний проміжний рівень для зберігання та обробки цієї великої кількості даних. Для досягнення цієї мети хмарні обчислення є основною технологією в цьому шарі. Ця технологія пропонує надійний та динамічний інтерфейс, через який дані можуть бути збережені та оброблені. Зрештою, дослідження та розробка частини обробки є важливою для майбутнього розвитку IoT.

Шар застосування використовує оброблені дані попереднього шару. Фактично, цей шар становить фронтенд усієї архітектури Інтернету речей, через яку буде експлуатовано потенціал даної концепції. Крім того, цей шар надає необхідні інструменти (наприклад, пристрої для активізації) для розробників для

реалізації бачення IoT. У цьому баченні ряд можливих застосувань вражаючий (наприклад, інтелектуальний транспорт, управління логістикою, аутентифікація особистості, послуги на основі місцезнаходження, безпека та інше).

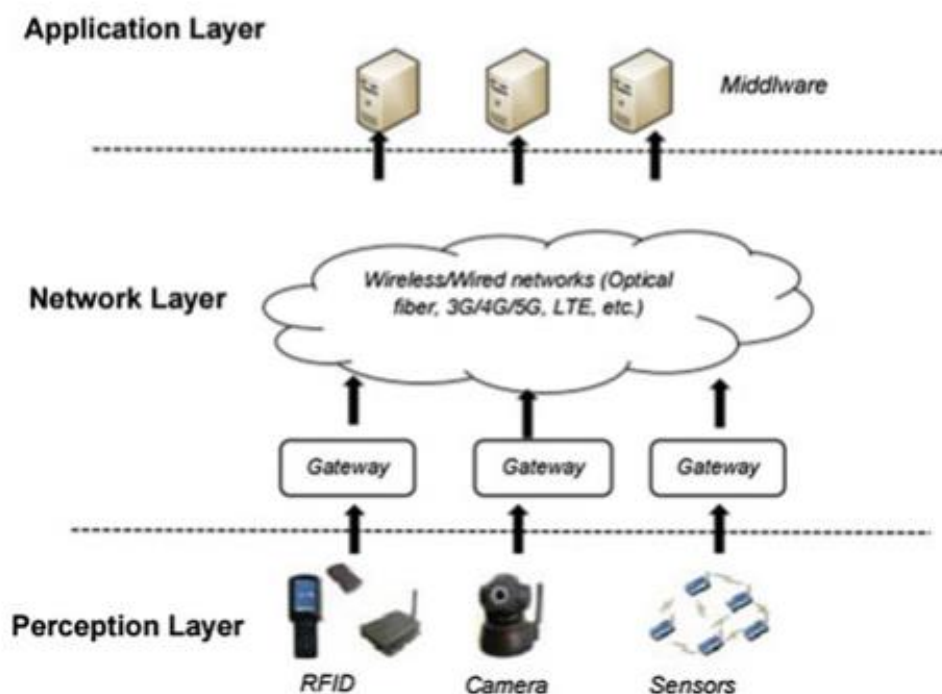


Рисунок 1.2 – Трьохрівнева архітектура Інтернету речей

## 1.2 Вимоги до рівня вологості у приміщенні

У складі навколишнього повітряного середовища весь час міститься певна кількість водяної пари. Волога у повітрі сприятливо діє на шкірні покриви, на дихальну і нервову систему людини. Але концентрація вологи у повітрі може бути корисною та сприятливою для здоров'я людини, а може бути надмірною або недостатньою. Тому контроль параметрів вологості повітря є одним із важливих параметрів комфортного проживання людей у приміщенні.

Температура повітря, швидкість його переміщення, величина відносної вологості і достатній приплив свіжого повітря є основними факторами, що відповідають за комфорт мешканців в будинку. Згідно будівельних (ДБН В.2.5-67: 2013) [5] та санітарно-гігієнічних норм рівень відносної вологості для приміщень,

де живуть люди, повинен перебувати в допустимих межах від 25 до 70% (таблиця 1.1). Для кімнат з підвищеними оптимальними вимогами до мікроклімату допустимим вважається діапазон відносної вологості повітря від 30 до 50%.

Таблиця 1.1 – Норми вологості повітря

Умови мікроклімату	Відносна вологість повітря, %
Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	25-70
Обмежено допустимі	Менше 20 і більше 70

Через те що взимку досить часто опалювальні прилади пересушують повітря, вологість повітря в квартирі може впасти нижче 30%, що негативно впливає на людину. У спеку, вмикаючи кондиціонери, також висушується повітря всередині кімнат. Якщо будівлю утеплено погано, опалення та вентиляція слабкі, а стіни кутові, не уникнути вогкості і цвілі в кутах. І в літні місяці, і взимку мікроклімат в кімнатах квартири зазнає випробовувань. Одним із поширених способів контролю вологості є використання зволожувачів повітря.

### 1.3 Огляд відомих програмно-технічних засобів зволоження повітря

Одним із відносно недорогих розумних зволожувачів є Levoit Classic 300S (рисунок 1.3). Даний зволожувач має досить великий резервуар, об'ємом 5.98 літра, що забезпечує до шістдесяти годин безперервного роботи. Окрім того, він має регульовані насадки, що здатні обертатись на 360 градусів. Також для зручності користувача, даний зволожувач комплектується ароматичною пластинкою для розпилення ефірних олій у повітрі, має низький рівень шуму – на рівні 26 децибел, а також сумісний із платформами Google Assistant та Alexa. Зволожувач Classic 300S має три рівні туману (низький, середній і високий), які користувач може обрати залежно від вподобань. Проте головним недоліком

						КвРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

даного зволожувача є досить низького рівня давач вимірювання вологості, що призводить до хибних спрацювань пристрою.



Рисунок 1.3 – Зволожувач Levoit Classic 300S

Ще одним розумним зволожувачем є модель Mizukata Hikari Ultrasonic Humidifier (рисунок 1.4). Даний пристрій спеціально розроблений для зволоження великих приміщень. Він має резервуар об'ємом 8,5 літрів, що є одним із найбільших показників, загальний час роботи складає 110 годин, працює при 25 децибелах, оснащений керамічним фільтром, який не потребує заміни, і легко зволожує великі приміщення площею до 92.9 квадратних метрів.

Даний пристрій має шість рівнів роботи, що дозволяє досить ефективно обрати рівень зволоження відповідно до вподобань конкретного користувача. Крім того, користувач може налаштувати параметри за допомогою смарт-додатка. Керамічний фільтр забезпечує поставку чистого туману, запобігаючи засміченню виходу. Це сприяє легкому очищенню і також подовжує термін служби. Одним із головних недоліків можна вказати досить високу вартість пристрою.



Рисунок 1.4 – Mizukata Hikari Ultrasonic

GoveeLife Smart Humidifier Lite є пристроєм для зволоження повітря, призначеним для використання в домашніх умовах (рисунок 1.5). Він відзначається компактним розміром та функціональністю, що включає можливість використання як нічного світильника та дифузора. Резервуар зволожувача має об'єм 3 літри, що обумовлює необхідність частого поповнення води при тривалому використанні. Продукт сумісний з платформами Google Home, IFTTT та Amazon Alexa, що розширює його можливості в сфері домашньої автоматизації.

Зволожувач обладнаний вісьмома рівнями розпилення туману, що дозволяє користувачу налаштовувати потужність випуску вологи відповідно до власних потреб. Незважаючи на невеликий об'єм резервуара, GoveeLife Smart Humidifier Lite ефективно забезпечує зволоження кімнат площею до 20 квадратних метрів. Він спроможний працювати протягом близько 25 годин без перерви, розпилюючи вологу зі швидкістю семи унцій на годину.

Крім основної функціональності, зволожувач має вбудовану підставку для ефірних олій та функцію RGB-підсвічування, що дозволяє створити атмосферу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

затишку. Також варто відзначити його низький рівень шуму (приблизно 24 дБ), що робить його підходящим вибором для використання в спальні.



Рисунок 1.5 – GoveeLife Smart Humidifier Lite

Зволожувач Ledonti HLD-421 є верхньонаповнюваним пристроєм, який надає як теплий, так і холодний туман, що робить його привабливим вибором для користувачів, які шукають універсальний зволожувач (рисунок 1.6). З повним резервуаром (1,06 галона або 4 літри) пристрій може забезпечити постійне зволоження протягом 20 годин. Рівень шуму становить менше 35 дБ, а покриття площі досягає 27,9 квадратних метрів.

Пристрій Ledonti HLD-421 пропонує вибір між теплим та холодним туманом, що відрізняє його від зволожувачів з одним режимом роботи. Теплий туман сприяє зменшенню кількості аерозольних патогенів у повітрі. Об'ємний резервуар зверху дозволяє пристрою працювати безперервно протягом 20 годин.

Функція таймера дозволяє планувати сесії зволоження відповідно до потреб користувача. У даному зволожувачі є три рівні швидкості розпилення, які регулюються за допомогою мобільного додатка Tuuya.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.6 – Ledonti HLD-421

Зволожувач повітря Dreo HM311S є ультразвуковим зволожувачем, призначеним для надання холодного туману та підвищення вологості повітря (рисунок 1.7). Завдяки своєму резервуару об'ємом приблизно 1,06 галона (4 літри), він забезпечує неперервну роботу до 32 годин. Рівень звукового тиску знаходиться в межах 28-32 дБ. Керування пристроєм можливе через смарт-додаток від Dreo. Є можливість інтеграції із системами Google Assistant та Alexa для голосового керування.

Dreo HM311S відрізняється низьким рівнем шуму та здатністю створювати холодний туман, що сприяє поліпшенню якості сну. Маючи автоматичний режим та таймер, пристрій може регулювати обсяг туману в залежності від потреб користувача. Система інтелектуальних датчиків дозволяє автоматично коригувати рівень зволоженості приміщення. Завдяки подвійному входу, зволожувач може ефективно зволожувати приміщення площею до 300 квадратних футів. Проте, як і більшість зволожувачів, даний пристрій володіє функцією тільки зволоження, таким чином, при занадто високому рівні вологості повітря, пристрій не буде реагувати жодним чином.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.7 – Dreo HM311S

#### 1.4 Відомі схемотехнічні рішення для реалізації функції зволоження повітря

На сьогоднішній день існують досить широкий спектр технологій та засобів для стовення прогармно-технічних засобів зволоження повітря.

Зокрема у [6] представлено процес розробки та програмування системи контролю вологості для використання в різних середовищах, зокрема для домашніх та лабораторних умов. З метою вимірювання вологості задіяно датчик вологості HTS221 від STMicroelectronics та середовище розробки ARDUINO IDE для програмування мікроконтролера ESP8266 (рисунок 1.8). За допомогою цього мікроконтролера забезпечується постійне відстеження рівня вологості повітря. У програмному коді встановлюється діапазон потрібної вологості повітря. Якщо рівень вологості падає нижче встановленого порогу, система автоматично увімкне ультразвуковий зволожувач для підтримання оптимального рівня вологості. Після досягнення цільового значення вологості зволожувач вимикається автоматично. Запропоноване рішення є досить простим та має точки розширення у подальшому.

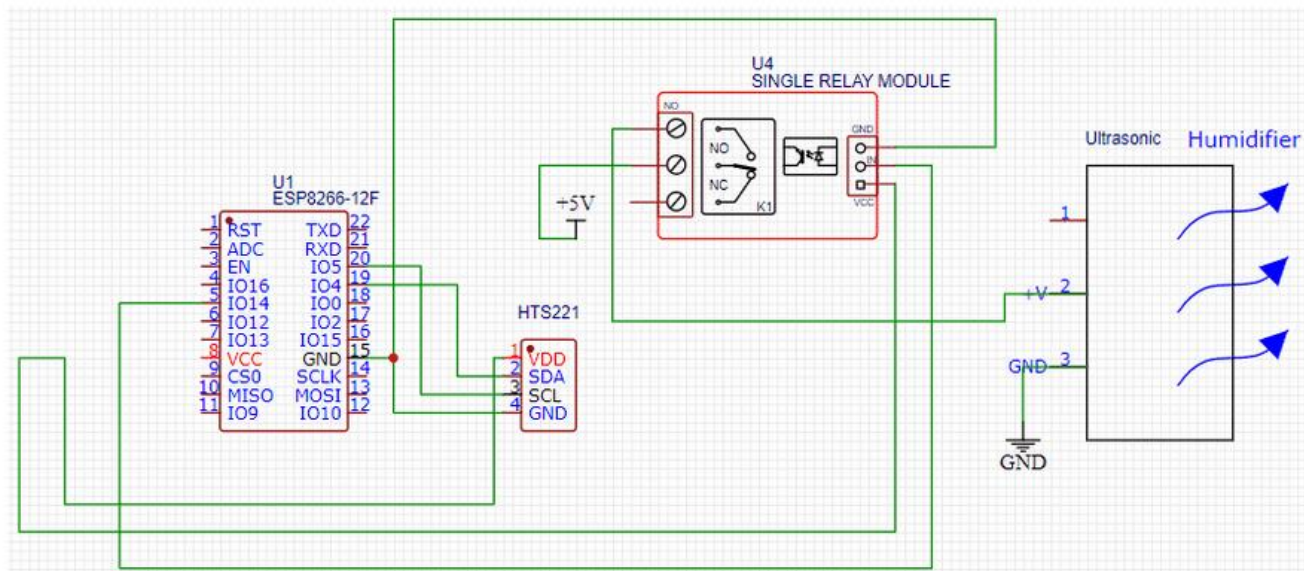


Рисунок 1.8 – Схема електрична принципова

Ще одне програмно-технічним рішення представлено у [7]. В якості опчислювального пристрою використано одноплатну комп'ютерну систему LinkIt Smart 7688 Duo (рисунок 1.9). Даний обчислювальний пристрій базується на мікроконтролері MediaTek MT7688AN і має вбудований модуль Wi-Fi, що дозволяє пристрою підключатися до бездротових мереж. Ця платформа спеціально створена для розробки інтернет-речей та має широкі можливості для взаємодії з датчиками, актуаторами та іншими пристроями IoT.

Запропонований пристрій володіє наступними можливостями:

- автоматичне зволоження: зволожувач IoT почне розпилювати, коли виявить, що вологість повітря нижча за встановлену;
- ручне зволоження: після натискання кнопки відбувається зволоження повітря;
- дистанційне зволоження: реалізація зволоження при відсутності у межах приміщення;
- запис даних: усі дані зберігаються у хмарному середовищі, що дозволяє їх перегляд та аналіз.

В якості хмарного провайдера використано MediaTek Cloud Sandbox (MCS). MCS надає інструменти для збору, візуалізації та аналізу даних, зібраних з IoT-

пристроїв, а також для керування ними віддалено через хмарну інфраструктуру. Ця платформа дозволяє розробникам підключати власні IoT-пристрої до хмари, налаштовувати їх та керувати ними, а також реалізувати різноманітні сценарії автоматизації та інтеграції з іншими сервісами. MCS також надає інструменти для безпеки та захисту даних, щоб забезпечити конфіденційність та цілісність інформації, що обробляється в системі Інтернету речей.

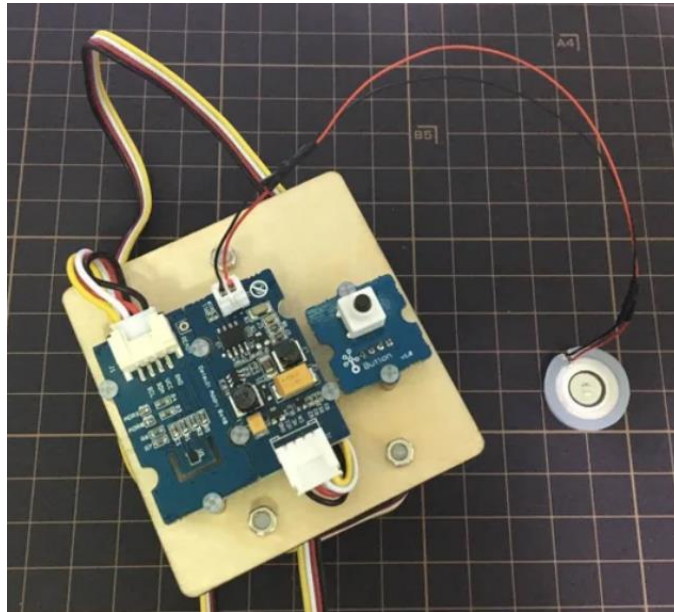


Рисунок 1.9 – Програмно-технічний пристрій зволоження на базі LinkIt Smart 7688 Duo

Ще одна система для моніторингу вологості та температури представлена у [8]. Пропонована система для моніторингу вологості використовує датчик DHT11 та мікроконтролерну систему Arduino (рисунок 1.10). Для керування пристроєм задіяно середовище Blynk – платформу для швидкої розробки мобільних додатків для керування Інтернетом речей. Вона дозволяє створювати зручні інтерфейси для керування різноманітними IoT-пристроями, такими як мікроконтролери, сенсори, актуатори тощо, з використанням мобільних пристроїв. Blynk надає набір готових до використання елементів інтерфейсу, таких як кнопки, слайдери, графіки тощо, що дозволяє швидко створювати додатки для керування та моніторингу IoT-пристроїв без написання власного

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

програмного коду. Крім того, Blynk пропонує послуги хмарного зберігання даних та можливість взаємодії з іншими сервісами через API, що робить її потужним інструментом для розробки різноманітних IoT-проектів.

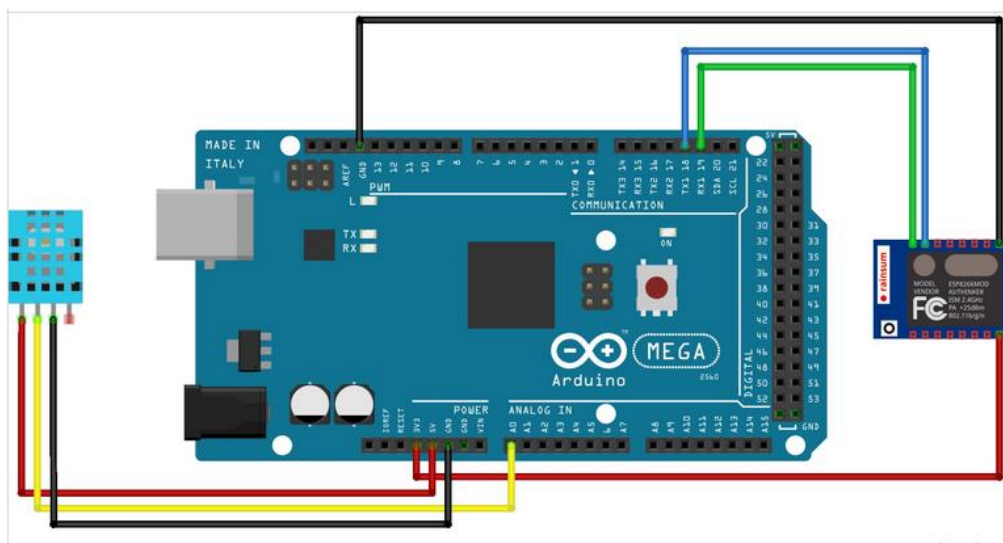


Рисунок 1.10 – Система для моніторингу вологості та температури на базі Arduino

Одним з популярних напрямків використання штучного інтелекту для контролю вологості повітря є розробка імплементації алгоритмів машинного навчання для точного прогнозування та контролю вологості в приміщеннях. Штучний інтелект може бути використаний для аналізу великих обсягів даних з сенсорів вологості та розробки моделей, які здатні прогнозувати зміни вологості повітря на основі внутрішніх і зовнішніх факторів, таких як температура, сезонність, час доби та інші.

Для реалізації цієї функції, штучний інтелект може використовувати різноманітні моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі, дерева рішень, метод опорних векторів та інші. Ці моделі можуть бути навчені на історичних даних з сенсорів вологості для прогнозування майбутніх значень вологості та прийняття відповідних рішень щодо регулювання систем вентиляції або зволоження повітря.

Штучний інтелект також може використовуватися для оптимізації роботи систем управління вологістю, шляхом аналізу динаміки змін вологості та впливу різних факторів на цей процес. Наприклад, система може автоматично регулювати рівень вологості в залежності від змін температури або прогнозованої вологості. Загалом, використання штучного інтелекту для контролю вологості повітря може сприяти підвищенню комфорту та здоров'я в приміщеннях, а також оптимізації роботи систем управління будівлями з точнішим та ефективним контролем вологості.

Зокрема, підхід, на основі залучення штучного інтелекту, запропоновано у роботі [30]. Основний фокус даної роботи пов'язаний із контролем параметрів температури та вологості для вирощування грибів. Для досягнення мети використовуються мікроконтролер ESP32, датчики сільськогосподарського призначення та ML-модель для класифікації їстівних грибів. В якості моделей машинного навчання автори використали алгоритми Decision tree, Support vector machine та Naive Bayes.

## 1.5 Висновки. Постановка задачі

В сучасному світі зростає зацікавленість у використанні технологій «розумного будинку» (іноді також відомого як «інтелектуальний будинок» або «смарт-хаус»). Реалізацію концепції розумного будинку можна описати за допомогою системи, яка автоматизує та контролює різні аспекти побутового життя його мешканців, зокрема такі як освітлення, опалення, безпека, комунікації задля поліпшення ключових параметрів комфорту, безпеки та енергоефективності.

Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту в будинку є контроль рівня вологості повітря. Недостатня або занадто висока вологість може призвести до проблем зі здоров'ям, комфортом та навіть до пошкодження будівельних матеріалів. Тому розробка підсистеми керування вологістю стає важливою складовою сучасного розумного будинку.

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У цьому контексті розробка підсистеми для керування вологістю кіберфізичній системі «Розумний будинок» є важливим завданням.

Виконання даного завдання передбачає реалізацію наступних кроків:

1. здійснити дослідження предметної області кіберфізичних систем та «Розумного будинку»;
2. здійснити аналізу відомих програмно-технічних рішень для реалізації функції зволоження повітря;
3. визначити вимоги до підсистеми керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
4. розробити структуру підсистеми керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
5. реалізувати апаратну та програмну складові підсистеми керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок»;
6. здійснити тестування та перевірку ефективності спроектованого рішення.

					КвРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» ТА ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

2.1 Складання вимог до підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Описуючи вимоги до підсистеми керування вологістю в кіберфізичній системі «Розумний будинок», окреслюється чітке розуміння того, як ця підсистема повинна функціонувати та які задачі вона повинна вирішувати. Реалізації підсистеми відповідно до цих вимог дозволить забезпечити оптимальні умови в будинку, зберігаючи комфорт та забезпечуючи ефективне використання ресурсів. Окрім того такий опис допомагає у визначенні потреб користувачів, розробці технічних специфікацій і побудові системи, що відповідає вимогам та очікуванням. Наведені нижче вимоги будуть охоплювати два аспекти: функційні та нефункційні. В контексті підсистеми керування вологістю у системі «Розумний будинок» функційні вимоги визначатимуть очікувані функції та можливості системи, такі як управління вологістю, моніторинг вологості, інтеграція з іншими пристроями тощо. У той час нефункційні вимоги визначатимуть якісні характеристики системи, зокрема такі як швидкодія, надійність, безпека, енергоефективність і зручність у використанні.

Розробимо функціональні вимоги до підсистеми керування вологістю для кіберфізичної системи «Розумний будинок».

– моніторинг даних в режимі реального часу. Передбачає наявність постійного зчитування даних з датчиків вологості та температури, а також періодичне оновлення відображення даних для користувача з урахуванням актуальності інформації;

– поточне відображення даних. Передбачає відображення поточних значень вологості та температури на OLED дисплеї у зручному для сприйняття форматі;

– візуалізація даних про температуру та вологість. Проектована підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» повинна мати можливість збору і зберігання історичних даних про температуру та вологість. Це може бути корисним для виявлення тенденцій, аналізу змін погодних умов, а також для вирішення проблем, пов'язаних зі здоров'ям (наприклад, алергічні реакції на зміни вологості та температури повітря). Крім того, історичні дані можуть використовуватися для оптимізації роботи системи керування вологістю, враховуючи раніше зафіксовані зміни та потреби користувача. Передбачити інтеграцію із Node-RED та візуалізацію даних у вигляді динамічних графіків;

– реалізація функції зволоження. Передбачає керування зволожувачем на основі отриманих даних про вологість у приміщенні «Розумного будинку». Додатково до керування зволожувачем на основі отриманих даних про вологість, проєктована підсистема повинна включати регулювання роботи вентилятора. Вентилятор використовуватиметься для розподілу вологості в приміщенні, сприяючи більш рівномірному розподілу вологи та покращенню циркуляції повітря. Такий підхід допоможе уникнути надмірного зосередження вологи в певних ділянках приміщення та забезпечить більш комфортні умови для життя та роботи;

– встановлення порогового значення рівня вологості. Встановлення порогового значення рівня вологості дозволить системі «Розумний будинок» автоматично визначати, коли потрібно включати або вимикати зволожувач. Це значення визначає межу, при перевищенні якої система почне діяти, щоб забезпечити комфортні умови у приміщенні. Такий підхід дозволяє уникнути надмірного зволоження або недостатньої вологості у повітрі, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту та здоров'я для мешканців будинку.

Окрім того визначимо набір нефункційних вимог, що визначають якісні характеристики системи, які впливають на її ефективність та взаємодію з іншими системами:

– інтеграція з існуючими розумними системами: Система керування вологістю має бути здатна інтегруватися з іншими розумними пристроями та системами в будинку, такими як системи автоматизації освітлення, безпеки, а також з системою керування загальними пристроями «Розумного будинку». Це забезпечить злагоджену роботу всієї кіберфізичної системи та зручне управління будинком;

– безпека та конфіденційність даних: Забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до даних про вологість та температуру, а також конфіденційності цих даних. Це включає в себе захист збережених даних та застосування безпечних протоколів зв'язку між системою керування вологістю та іншими пристроями;

– енергоефективність: Оптимізація роботи системи зволоження для забезпечення мінімального споживання енергії. Це допоможе зменшити витрати на електроенергію та підвищити екологічну стійкість системи;

– зручність у використанні: Система повинна мати інтуїтивно зрозумілий і простий інтерфейс для користувача, що дозволить легко налаштовувати параметри роботи та моніторити стан системи.

Виконання наведених вимог, як функційних, так і нефункційних, дозволить створити інтелектуальну та інтегровану систему керування вологістю, що працює в режимі реального часу. Вона забезпечить оптимальні умови комфорту та ефективного використання ресурсів для мешканців розумного будинку, забезпечуючи їхнє здоров'я, безпеку та зручність.

## 2.2 Обмін даними в середовищі Інтернету речей

В IoT відкриті стандарти мають вирішальне значення, дозволяючи співпрацювати між апаратним і програмним забезпеченням різних виробників і

обмінюватися інформацією з іншими системами. Передача інформації між пристроями складається з кількох етапів. На першому етапі інформація, яка надсилається з пристрою, повинна бути представлена в об'єктах даних, що представляють їх семантику. Потім об'єкти даних повинні бути перетворені в послідовність байтів для передачі через комп'ютерну мережу. Наступним кроком є вибір прикладного рівня та транспортних протоколів, які забезпечують бажані гарантії доставки даних. Останнім кроком є надсилання даних через відповідне середовище зв'язку. У цьому розділі надається інформація про комунікаційні технології та протоколи, що використовуються в IoT, а також методи серіалізації даних.

Дані потрібно серіалізувати, перш ніж їх можна буде надіслати через мережу або передати між пристроями. У випадку IoT існує кілька методів серіалізації даних, які відрізняються своїми властивостями:

Тип-довжина-значення (TLV) – метод серіалізації даних, де закодована інформація складається з трьох елементів – коду, що представляє тип даних, довжини в байтах і фактичних значень. Серіалізовані дані мають двійкову форму, ефективну для передачі, але складну для інтерпретації людиною.

JSON – метод кодування інформації у вигляді пар атрибут-значення і масивів, що містять багато елементів. Він використовує зрозумілий для людини текст для передачі об'єктів даних. Хоча JSON є універсальним і широко використовуваним форматом обміну інформацією, його текстовий опис даних робить його не дуже ефективним у передачі даних.

Списки вимірювань датчиків (SenML) – формат, який використовується для представлення результатів вимірювання датчика. Стандарт визначає мета-модель даних, що описує як саме вимірювання, так і вимірювальний пристрій. Стандарт підтримує опис даних у вигляді часових рядів і одиниць вимірювання. Стандарт SenML базується на форматі JSON для опису даних.

CBOR – це формат серіалізації двійкових даних на основі JSON. Так само, як і в JSON, об'єкти даних представлені як пари ім'я-значення. Двійкове представлення призводить до меншого розміру серіалізованих даних, ніж подання

JSON. Його також можна застосувати до SenML. Двійкове представлення збільшує швидкість обробки.

У IP-мережах транспортний рівень відповідає за керування передачею даних між кінцевими точками. Домінуючими транспортними протоколами в Інтернеті є TCP і UDP. Вони відрізняються наданими функціональними можливостями. TCP призначений для передачі, орієнтованої на з'єднання, і забезпечує надійну передачу. Дані передаються потоково-орієнтованим способом, також забезпечуючи механізми контролю перевантаження. З іншого боку, UDP забезпечує набагато простіші механізми передачі даних – дані надсилаються у вигляді дейтаграм і не забезпечують надійності, яку за потреби має реалізувати додаток.

Характеристики цих протоколів впливають на накладні витрати на зв'язок, які вони створюють. У таблиці 2.1 показано порівняння розміру заголовків пакетів даних для TCP (20 байт) і UDP (8 байт). Якщо припустити, що пристрій IoT надсилає кілька байтів даних, що містять телеметричні дані, заголовки складають значну частину передачі. Більш детальне порівняння цих протоколів і функціональних можливостей, які вони надають, представлено нижче. Канал зв'язку між пристроями має бути безпечним (тобто автентифікованим і зашифрованим). Безпека на транспортному рівні гарантується протоколами TLS і DTLS. TLS призначений для використання з протоколом TCP, тоді як DTLS використовується з UDP.

TCP – це складний протокол зв'язку, який містить кілька механізмів для надійної передачі даних і вирішення виняткових ситуацій, які можуть виникнути під час передачі даних через мережу. Його повна реалізація потребує пам'яті та обчислювальних ресурсів, які зазвичай більші, ніж зазвичай доступні в пристроях IoT. Тому в пристрої з обмеженнями вводяться деякі спрощення. У той час як UDP є досить “легким” протоколом, що зумовлює його використання у мережах Інтернету речей.

Таблиця 2.1 – Порівняння протоколів UDP та TCP

Особливість	TCP	UDP
Розмір заголовка	20 байт	8 байт
Надійність	Забезпечує надійну доставку даних	Не гарантує надійну доставку даних
З'єднання	З'єднання орієнтоване	Без з'єднання
Підтримка потоків	Підтримує потоки даних	Не підтримує потоки даних
Нумерація пакетів	Пакети нумеруються та впорядковуються	Пакети нумеруються
Управління переповненням буфера	Здійснюється в TCP стандартом функцією вікна	Не використовується
Контроль цілісності	Використовується контроль цілісності та повторна передача в разі помилки	Може використовувати контроль цілісності, але без повторної передачі
Використання ресурсів	Використовує більше ресурсів, бо підтримує відновлення з'єднань та інші механізми	Використовує менше ресурсів
Швидкість доставки	Зазвичай повільніший, через накладність управління з'єднаннями та перевірки цілісності	Зазвичай швидший, бо працює без установаження з'єднань та меншого контролю цілісності

Протоколи прикладного рівня відповідають за обмін даними між програмними програмами на пристроях, підключених до мережі. Існує дві моделі зв'язку, які зазвичай використовуються в IoT – публікація/підписка та

клієнт/сервер. У випадку з системами IoT протоколами додатків, адаптованими до обмежених ресурсів пристроїв, є MQTT і CoAP.

MQTT Протокол зв'язку публікації/підписки для пристроїв з обмеженими ресурсами. Специфікація MQTT визначає два типи об'єктів – брокер повідомлень і клієнт протоколу. Посередник MQTT – це сервер, який отримує всі повідомлення від клієнтів, а потім направляє їх до відповідних цільових клієнтів. Клієнтом MQTT може бути будь-який пристрій, починаючи від мікроконтролера і закінчуючи повнофункціональним комп'ютером, на якому працює бібліотека MQTT і підключається до брокера MQTT через мережу. MQTT використовує TCP для передачі даних, а трафік можна захистити за допомогою TLS.

AMQP Протокол зв'язку публікації/підписки. Спочатку він був розроблений для фінансового сектора. Протокол забезпечує шаблони зв'язку, орієнтовані на повідомлення, із карантинном доставки повідомлень. AMQP також має більш складні та комплексні механізми для керування чергами, керування потоком і обробки помилок, ніж MQTT. Він також базується на TCP і пропонує безпечний зв'язок через TLS.

HTTP є протоколом програми клієнт-сервер, який використовується головним чином для доступу до веб-сторінок та інших ресурсів в Інтернеті. HTTP представляє концепцію уніфікованого ідентифікатора ресурсу (URI) для ідентифікації ресурсів у мережі та визначення зв'язків між ними. Він знаходить своє застосування в Інтернеті речей завдяки схожості з архітектурним стилем Representational State Transfer (REST), який зазвичай використовується в системах IoT. Його концепція базується на архітектурному стилі REST, який використовується в розподілених комп'ютерних системах. У протоколі є два типи вузлів – сервери, які надають ресурси, і клієнти, які їх використовують.

Протокол обмежених додатків (CoAP) має кілька механізмів, які є специфічними для систем IoT. Він може використовувати TCP або UDP як транспортний протокол. Зазвичай UDP використовується як транспортний протокол за замовчуванням замість TCP, оскільки ресурси, необхідні для реалізації UDP, набагато менші, ніж TCP. Оскільки UDP є протоколом на основі

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

дейтаграм, надсилання даних, розмір яких перевищує максимальний розмір IP-пакета, призводить до фрагментації IP-пакетів, чого слід уникати. Щоб вирішити цю проблему, CoAP надає механізм блокової передачі. Дані розбиваються на менші фрагменти, послідовно надсилаються одержувачу та збираються заново. Завдяки спрощеним механізмам підтвердження переданих фрагментів реалізація цього механізму на стороні пристрою не потребує значних ресурсів. Однак у деяких випадках, коли трафік UDP не дозволений у мережі, можна використовувати TCP. CoAP також підтримує механізм групового зв'язку, який дозволяє клієнтам отримувати інформацію про стан ресурсу від групи вузлів, надсилаючи один пакет UDP до всієї локальної мережі замість опитування кожного вузла окремо. Аналогічно протоколу HTTP, підтримуються формати XML і JSON для опису переданих даних, а також двійкові формати, такі як CBOR і TLV.

### 2.3 Структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

З метою виконання вимог, що були сформовані на попередньому етапі, запропоновано структуру підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок», яка представлена на рисунку 2.1.

Спроектована структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» складається набору програмно-апаратних компонентів. Основними апаратними складовими є: комп'ютерна система (система на чипі) Raspberry Pi, мікроконтролер ESP32 WROOM, датчик вимірювання вологості та температури DHT22, ультразвуковий випромінювач мембрана для зволожувача повітря, модуль реле, вентилятор, перетворювач рівня напруги та OLED дисплей.

Спроектована структура дозволяє реалізувати архітектурний шаблон «клієнт-сервер», де Raspberry Pi виступає у ролі центрального сервера, який забезпечує взаємодію та координацію роботи всіх компонентів системи. ESP32

WROOM виступає як клієнт, що здійснює зчитування даних з датчиків вологості та температури, керування зволожувачем та вентилятором, а також надсилання зібраних даних на Raspberry Pi для подальшої обробки та аналізу. OLED дисплей використовується для відображення поточних значень вологості та температури, а також інших важливих повідомлень для користувача. Модуль реле відповідає за керування зволожувачем та вентилятором, а перетворювач рівня напруги забезпечує сумісність між різними апаратними компонентами системи. Ультразвуковий випромінювач мембрани відповідає за зволоження повітря у приміщенні згідно з отриманими даними про вологість.

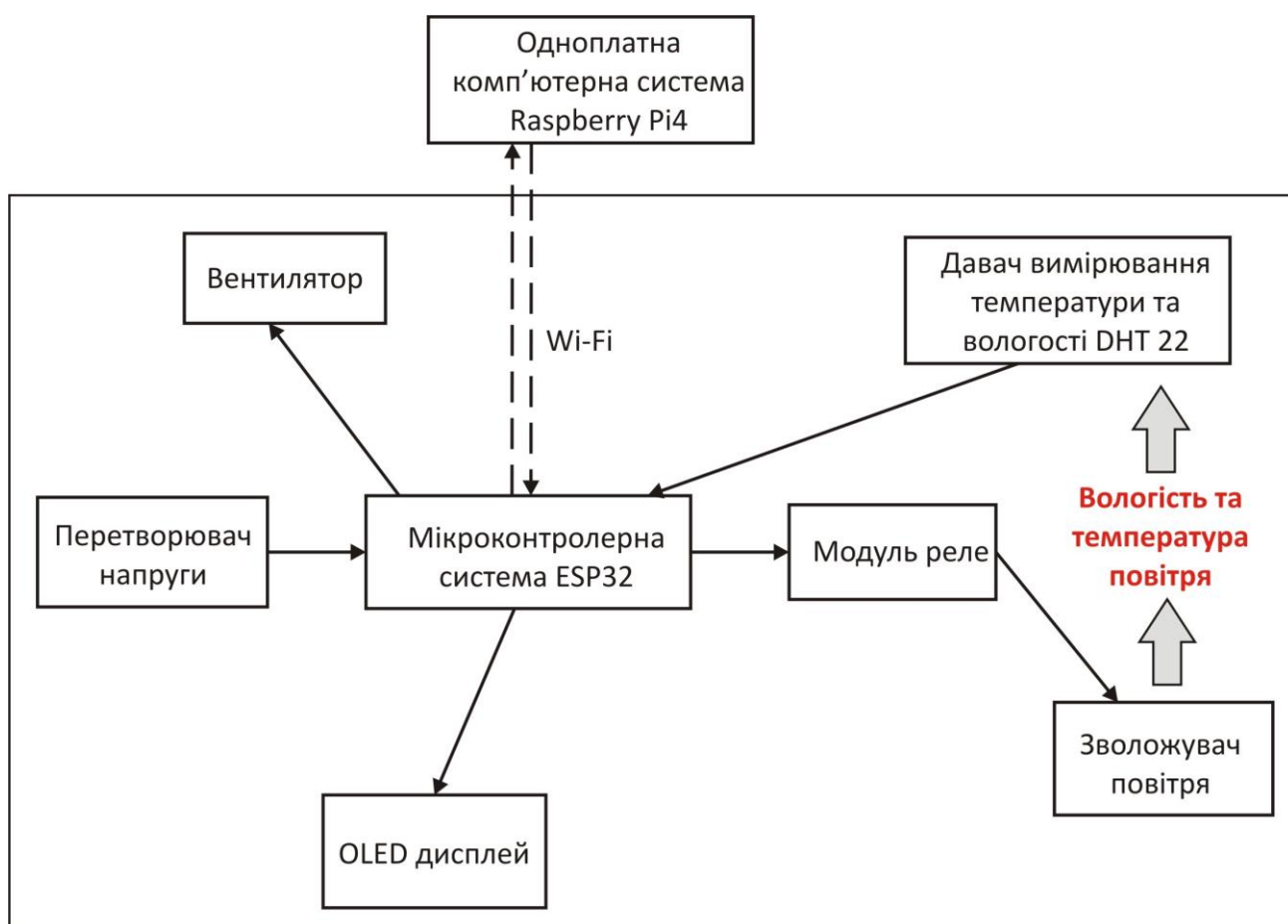


Рисунок 2.1 – Структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Комунікація між Raspberry Pi та мікроконтролером ESP32 WROOM відбувається за допомогою протоколу MQTT, що працює на прикладному рівні

моделі OSI. Вибір даного протоколу зумовлений популярністю та простотою його функціонування, а також надійним обміном повідомленнями між пристроями через бездротову мережу Wi-Fi.

В структурі запропонованої підсистеми виділено три теми (topics), які використовуються для організації обміну даними в системі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – MQTT теми у проєктованій підсистемі керування вологістю

Тема для повідомлень	Формат повідомлення	Опис теми
/home/humidifier	[on, off]	Комп'ютерна система RPi виконує публікацію повідомлень off або on (увімкнути або вимкнути зволожувач повітря). Мікроконтролерна система ESP32 виконує підписку на дану тему.
/home/temperature	Температура (у градусах за Цельсієм)	Комп'ютерна система RPi підписана на цю тему для отримання температури. Мікроконтролерна система ESP32 виконує вимірювання (через давач DHT22) та публікацію температури.
/home/humidity	Відносна вологість (у відсотках)	Комп'ютерна система RPi підписана на цю тему для отримання вологості. Мікроконтролерна система ESP32 виконує вимірювання (через давач DHT22) та публікацію вологості повітря.

Взаємодія мікроконтролера ESP32 та комп'ютерної системи Raspberry Pi через протокол MQTT наведено на рисунку 2.2.

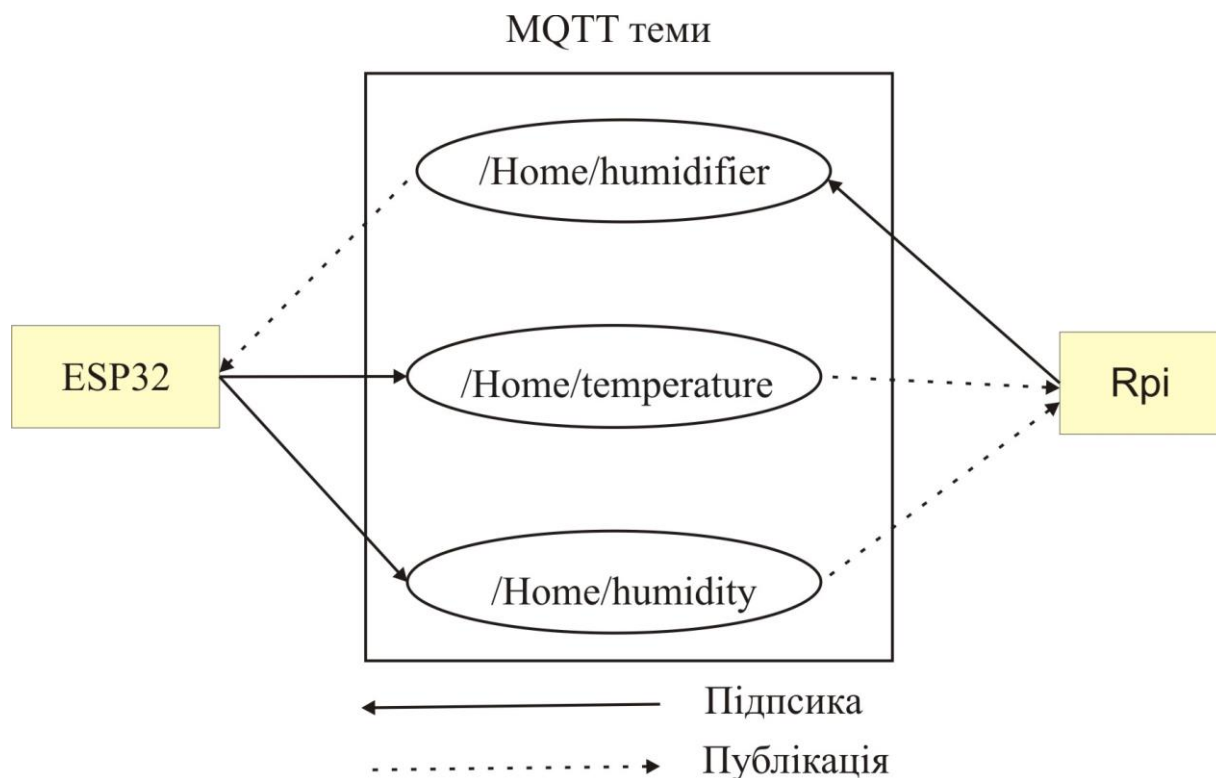


Рисунок 2.2 – Організація MQTT тем у структурі проектованої підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Функціонування підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» включає періодичний моніторинг рівня вологості та температури з інтервалом у 5 секунд. Після отримання цих даних ESP32 публікує їх у MQTT теми /home/humidity та /home/temperature. На Raspberry Pi розгорнуто Node red, який підписаний на ці теми. Після отримання даних, виконується потік їх аналізу. Якщо рівень вологості менший за визначене порогове значення (яке може бути задано користувачем), здійснюється публікація повідомлення «on» у тему /home/humidifier. Мікроконтролер ESP32, виконавши підписку на дану тему, здійснює подачу керуючого впливу піни, до яких під'єднані зволожувач повітря та вентилятор. Паралельно у Node red здійснюється збереження та візуалізація отриманих даних.

## 2.4 Вибір елементної бази

Проектована підсистема керування вологості кіберфізичної системи «Розумний будинок» складається із наступних апаратних складових:

- комп'ютерна система Raspberry Pi;
- мікроконтролер ESP32;
- зволожувач;
- давач вимірювання температури та вологості;
- реле;
- вентилятор;
- перетворювач рівня напруги;
- OLED дисплей;
- Додаткові компоненти: транзистор, конденсатори, діод, резистори.

Одним із головних компонентів проектованої підсистеми керування вологістю є комп'ютерна система Raspberry Pi.

Raspberry Pi – це невеликий одноплатний комп'ютер, що базується на ARM архітектурі та працює під управлінням операційної системи Linux (рисунки 2.3). Він широко використовується для різних проектів у сферах розвитку програмного забезпечення, робототехніки, Інтернету речей (IoT), медіацентрів та багатьох інших.

Ключовими характеристиками Raspberry Pi є:

- невеликий розмір: Raspberry Pi має компактний розмір, що дозволяє легко вбудовувати його в різноманітні пристрої та системи;
- низька вартість: Одним з головних переваг Raspberry Pi є його доступна ціна, що робить його доступним для широкого кола користувачів;
- широкі можливості: Raspberry Pi має велику кількість портів вводу/виводу (GPIO), що дозволяє підключати різні датчики, пристрої виводу, камери тощо;

– загальна цільова аудиторія: Raspberry Pi використовується як для навчання програмуванню та робототехніки в школах, так і для реалізації професійних проектів у бізнесі та промисловості;

– підтримка спільноти: Raspberry Pi має велику та активну спільноту користувачів та розробників, яка надає безліч ресурсів, документації та підтримки;

Таким чином дана платформа стала популярною завдяки своїм універсальним можливостям та доступності, що дозволяє використовувати її для широкого спектру застосувань.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд комп’ютерної системи Raspberry Pi

Технічні характеристики Raspberry Pi 4 (Model B) включають:

- 1.5 ГГц 64-бітний чотириядерний ARM Cortex-A72 CPU (ARM v8, BCM2711);
- 4 ГБ оперативної пам’яті LPDDR4;
- Wi-Fi 802.11 b/g/n/ac;
- Bluetooth 5.0, low-energy (BLE);
- 2 порти USB 3.0 + 2 порти USB 2.0;
- гігабітний Ethernet;
- живлення через Ethernet (Power-over-Ethernet), додатково необхідно Raspberry Pi PoE HAT);

- 40 роз'ємів GPIO;
- 2 micro-HDMI роз'єми (підтримує 4Kp60);
- H.265 (декодування 4Kp60);
- H.264 (декодування 1080p60, кодування 1080p30)
- графічне ядро VideoCore VI із підтримкою OpenGL ES, 3.0
- DSI порт дисплея;
- комбінований 3.5 мм Jack аналоговий аудіо та композитний відео роз'єм;
- слот для Micro-SD;
- живлення за допомогою USB-C.

Обираючи Raspberry Pi 4 Model B як основу для серверної частини, було взято до уваги не лише його вартість, але й його потужність та можливості. Цей пристрій може виконувати завдання сервера ефективно та надійно, забезпечуючи потрібний рівень продуктивності за доступну ціну. Крім того, Raspberry Pi B має широкий спектр функціональних можливостей і може бути легко розширений за допомогою різноманітних модулів та додаткових пристроїв. Такий вибір дозволяє ефективно використовувати обмежені ресурси і забезпечує гнучкість у розширенні функціональності сервера в майбутньому.

В якості мікроконтролера для клієнтської частини підсистеми керування вологістю було обрано ESP-WROOM-32. В його основі закладено мікросхему від компанії Espressif – ESP32. ESP32 є продовженням попередньої лінійки мікросхем компанії – ESP8266 (горівня мікроконтролерних плат від Espressif подано у таблиці 2.3). У серії ESP32 використовується значно потужніше процесорне ядро - Xtensa LX6 Dual Core 240 Mhz, а на додаток до Wi-Fi в цей модуль додано підтримку Bluetooth і BLE, збільшено кількість входів-виходів (з яких 18 можуть використовуватися як аналогові), є вбудовані годинник реального часу (RTC), додано апаратну підтримку SD-карт і ємнісних клавіатур, є режими енергозбереження і тощо. Для програмування плати можна використовувати модифіковане середовище розробки Arduino IDE. Функціонал мікроконтролерного модуля дозволяє використовувати її для побудови різних IoT пристроїв, роботів, серверів, автоматики, мультимедійних пристроїв, систем

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

«розумний дім» і т.д. Призначення контактів мікроконтролерної плати ESP32 зображено на рисунку 2.4.

Таблиця 2.3 – Порівняння мікроконтролерних плат від Espressif

Особливості	ESP32	ESP8266
Мікроконтролер	Xtensa Dual-Core 32-біт	Xtensa Single-Core 32-біт
Швидкість CPU	До 240 МГц	До 160 МГц
Швидкість Wi-Fi	До 150 Мбіт/сек	До 72.2 Мбіт/сек
Wi-Fi	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth 4.2 і BLE	Немає
Інтерфейси GPIO	До 36	До 17
Аналогові входи	До 18	1 (тільки ESP8266-12E)
Пам'ять Flash	Від 4 до 16 МБ	Від 512 КБ до 16 МБ
Оперативна пам'ять	Від 520 КБ до 520 КБ	Від 80 КБ до 160 КБ

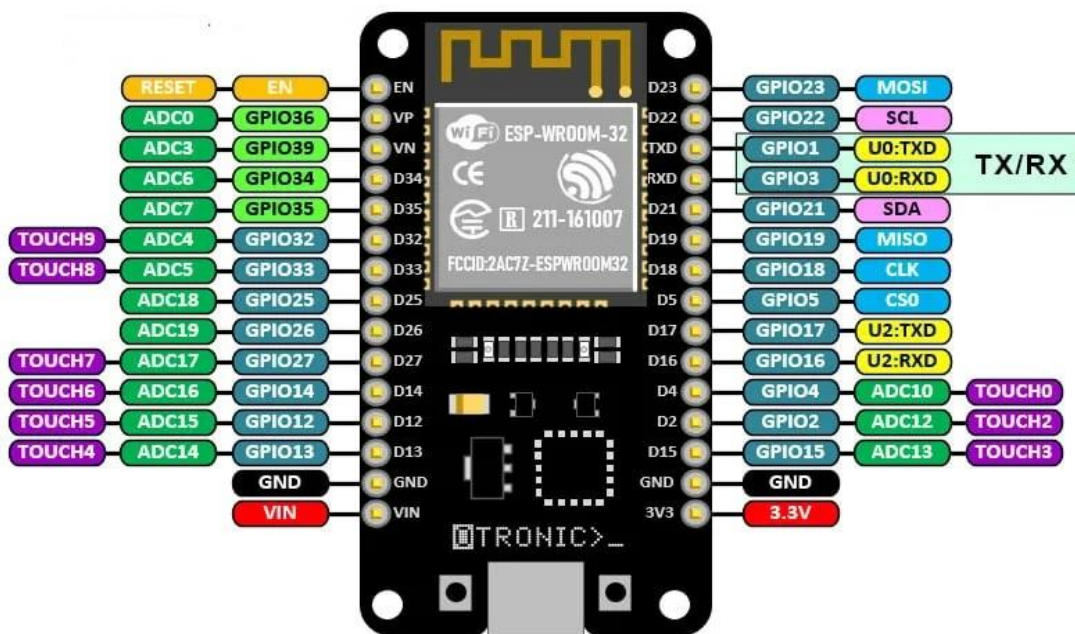


Рисунок 2.4 – Призначення контактів мікроконтролерної плати ESP32

В якості давача вимірювання вологості та температури обрано давач DHT22.

DHT22 – це цифровий датчик вологості та температури, який дозволяє вимірювати обидва параметри з високою точністю. Основні характеристики DHT22 включають:

- вимірювання вологості та температури: DHT22 здатен точно вимірювати як вологість повітря, так і температуру;
- висока точність: Датчик забезпечує високу точність вимірювань, що робить його відмінним вибором для застосувань, де необхідні точні дані;
- динамічний діапазон: DHT22 може працювати в широкому діапазоні вологості та температури, що дозволяє використовувати його в різних умовах експлуатації;
- простий у використанні: Датчик підключається за допомогою цифрового інтерфейсу, що робить його легким у використанні з мікроконтролерами та одноплатними комп'ютерами;
- наявність бібліотек: Для роботи з DHT22 доступні різноманітні бібліотеки для популярних мікроконтролерів, що спрощує процес програмування;
- надійність: DHT22 відомий своєю надійністю і довговічністю, що робить його популярним вибором для вбудованих систем моніторингу.

Загалом, DHT22 є прийнятним рішенням для вимірювання вологості та температури в різноманітних проектах, від домашніх автоматизаційних систем до промислових моніторингових застосувань



Рисунок 2.5 – Давач вимірювання температури і вологості

Ключовими характеристиками даного давача є:

- напруга живлення: 3.5...5.5 В
- діапазон температур: -40...+80 °С
- похибка показників температури:  $\pm 0.5$  °С
- діапазон вимірювання вологості: 0 – 100%
- похибка вимірювання рівня вологості:  $\pm 2\%$

Ключовими характеристиками, які дозволили обрати даний давач є його дешевизна та досить висока точність вимірювання.

Для реалізації процесу зволоження повітря було обрано портативний Mini USB Humidifier Ultrasonic Pocket Portable (рисунок 2.6), що є це переносний ультразвуковий зволожувач повітря, який працює за допомогою USB-підключення і призначений для використання в різних умовах. Даний зволожувач використовуючи ультразвукову технологію, розбиває воду на дрібні частинки і розпилює їх у вигляді хмари туману, що дозволяє швидко і ефективно зволожувати повітря в приміщенні.



Рисунок 2.6 – USB Humidifier Ultrasonic Pocket Portable

Для перетворення напруги 12 В у 5 В було обрано стабілізатор напруги LM7805 у корпусі TO-220 (рисунок 2.7). Для стабільної роботи стабілізатора необхідно встановити на вході і виході по керамічному та електролітичному

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

конденсатору ємністю від 0.1 до 0.33 мкФ на напругу не нижче напруги відповідного кола.



Рисунок 2.7 – Стабілізатор напруги LM7805 TO-220

Характеристиками стабілізатора напруги LM7805 є:

- вхідна напруга: +7.5 ... +25 В;
- вихідна напруга: 5.0 В;
- максимальний вихідний струм: 1.0 А (при використанні радіатора);
- корпус: TO-220.

Програмна частина у проєктованій підсистемі керування вологістю представлена брокером EMQX та середовищем створення сценаріїв Node red.

EMQX – це широкомасштабований і багатофункціональний брокер MQTT з відкритим вихідним кодом, розроблений для додатків Інтернету речей і обміну повідомленнями в реальному часі. Він підтримує до 100 мільйонів одночасних підключень пристроїв IoT на кластер, зберігаючи пропускну здатність 1 мільйон повідомлень на секунду та затримку в мілісекундах. EMQX підтримує різні протоколи, включаючи MQTT (3.1, 3.1.1 і 5.0), HTTP, QUIC і WebSocket. Він також забезпечує безпечний двонаправлений зв'язок з MQTT через TLS/SSL і різні механізми автентифікації, забезпечуючи надійну та ефективну комунікаційну інфраструктуру для пристроїв і програм IoT.

Завдяки вбудованому механізму правил на основі SQL EMQX може видобувати, фільтрувати, збагачувати та перетворювати дані IoT у режимі реального часу (рисунок 2.8). EMQX також забезпечує високу доступність і

горизонтальну масштабованість завдяки безконтрольній розподіленій архітектурі та забезпечує зручну роботу користувача з чудовою видимістю. EMQX перейняли понад 20 000 корпоративних користувачів, підключивши понад 100 мільйонів пристроїв IoT. Понад 400 клієнтів, у тому числі такі відомі бренди, як HPE, VMware, Verifone, SAIC Volkswagen і Ericsson, використовують брокер EMQX для своїх критично важливих сценаріїв Інтернету речей.



Рисунок 2.8 – Організація роботи EMQX

Для створення сценарію керування вологістю пропонується використати середовище Node-RED. Node-RED – це інструмент потокового програмування, спочатку розроблений командою IBM Emerging Technology Services і в даний час є частиною JS Foundation. Як ключова складова Node-RED виступає парадигма потокового програмування.

Потокове програмування – це спосіб опису поведінки програми у вигляді мережі чорних скриньок або «вузлів», як вони називаються в Node-RED. Кожен вузол має чітку мету – до нього надходять деякі дані, він щось робить із цими даними, а потім передає їх на наступний вузол. Мережа відповідає за потік даних між вузлами. Ця модель відмінно підходить для того, щоб представити її візуально: так вона стає доступнішою для широкого кола користувачів. Якщо хтось намагається розібратися в проблемі, він може розбити завдання на окремі кроки, поглянути на потік і зрозуміти, що він робить, без необхідності

розбиратися в окремих рядках коду кожного вузла. Node-RED працює в середовищі виконання Node.js, а для створення або редагування потоку (Flow) використовується браузер. У браузері є можливість створювати свою програму шляхом перетягування необхідних вузлів («Node») з палітри в робочу область та з'єднувати їх разом. Шляхом натискання «Deploy» програма розгортається в середовищі виконання та запускається. Палітра вузлів може бути легко розширена шляхом встановлення нових вузлів, створених спільнотою, а створені вами потоки можуть бути легко передані як файли JSON.

## 2.5 Висновки

У розділ приведені вимоги, яким повинна задовольняти проєктована система. Спроєктована структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок». Дана система складається набору програмно-апаратних компонентів, основними із яких є: комп'ютерна система (система на чипі) Raspberry Pi, мікроконтролер ESP32 WROOM, датчик вимірювання вологості та температури DHT22, ультразвуковий випромінювач мембрана для зволожувача повітря, модуль реле, вентилятор, перетворювач рівня напруги та OLED дисплей.

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОЛОГІСТЮ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

3.1 Апаратна реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Апаратна реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» включала в себе розробку схем електричної принципової та макетної.

3.1.1 Проектування монтажної схеми для клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Проектування монтажної схеми для клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» включало у себе розробку схеми, яка дозволяє описати фізичне розташування та підключення різних електронних компонентів пристрою на платі або на електричній схемі.

Для створення монтажної схеми було обрано середовище Fritzing. Fritzing – це програмне забезпечення для створення електричних схем та реалізації прототипів на базі Arduino, Raspberry Pi та інших мікроконтролерів. Це середовище надає можливість створення монтажних схем з використанням графічного інтерфейсу. Основні переваги створення монтажних схем у Fritzing включають:

– візуалізація: Fritzing дозволяє візуалізувати електричні схеми за допомогою графічного інтерфейсу, що робить процес розробки більш інтуїтивно зрозумілим для користувачів;

– простота використання: Програма має простий інтерфейс, що дозволяє легко створювати електричні схеми та прототипи;

– бібліотека компонентів: Fritzing поставляється з великою бібліотекою електронних компонентів, що охоплюють широкий спектр пристроїв, таким чином, можна знайти необхідні компоненти для схеми;

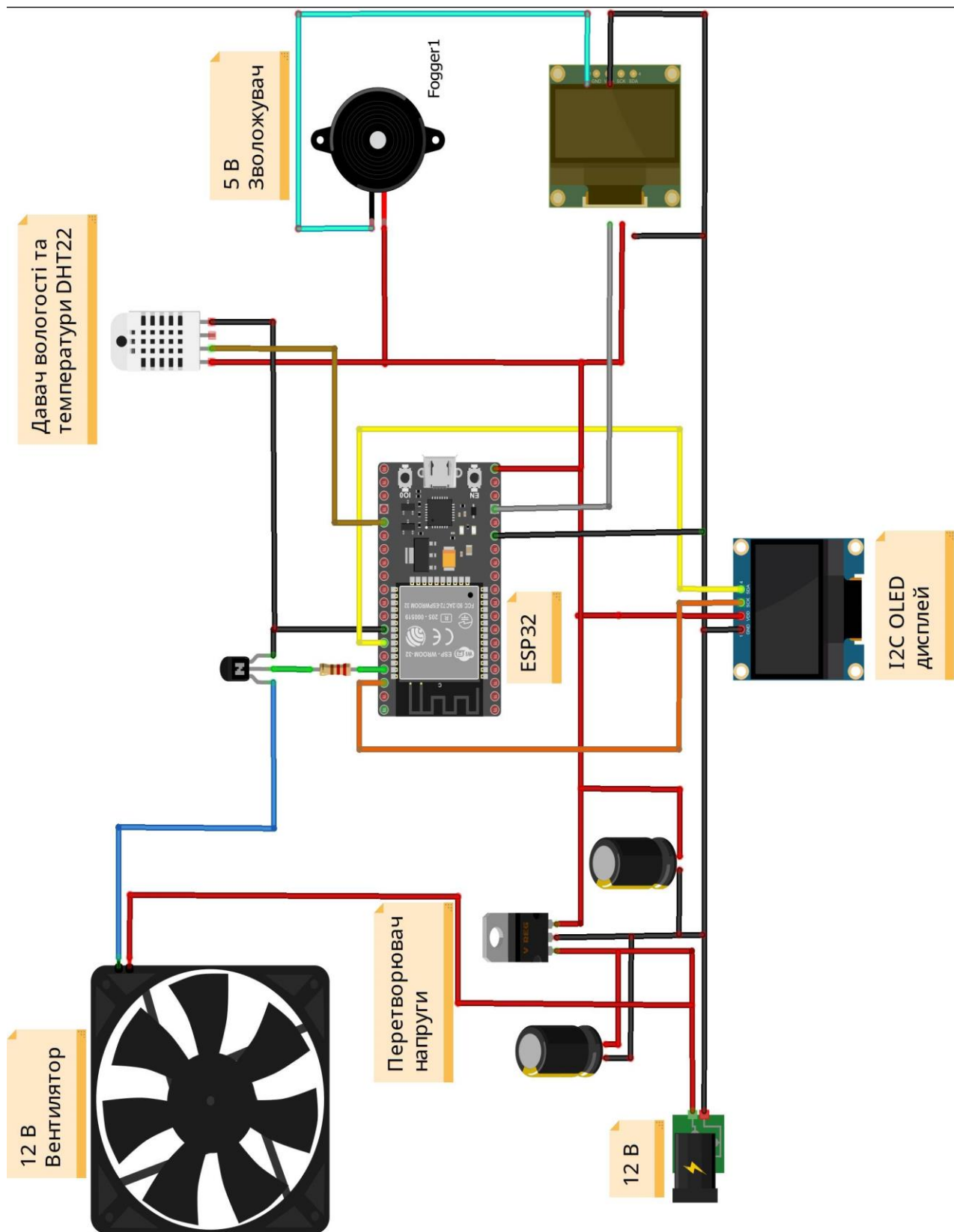
– можливість експорту: Після створення схеми є можливість експортувати її у зручному форматі, наприклад, в зображення або PDF-файл.

До складу спроектованої клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» входять наступні компоненти: мікроконтролер ESP32, датчик DHT22 (для вимірювання вологості та температури), вентилятор, зволожувач, модуль реле, перетворювач рівня напруги 7805, OLED дисплей, біполярний транзистор nnp 2N222, діод 1N4001 та два конденсатори електролітичних на 0.33 та 0.1 uF. Монтажну схему, яка демонструє розташування та під'єднання компонентів наведено на рисунку 3.1.

Живлення схеми реалізується через фільтр (перетворювач та згладжувач напруги) на базі 7805, що перетворює 12 В напругу у 5В. Вихідна напруга у 5 В дозволяє жити такі компоненти клієнтської підсистеми керування вологістю як мікроконтролер ESP32, датчик вимірювання вологості та температури DHT22, OLED дисплей та зволожувач. В той самий час, вхідна напруга подається для живлення вентилятора 12 В.

Всі основні компоненти з'єднані із мікроконтролером ESP32. Датчик вимірювання вологості та температури під'єднаний до пін GPIO32, модуль реле керується піном GPIO15 (до модуля реле під'єднано зволожувач), OLED дисплей, що працює на I2C шині, під'єднаний до пінів GPIO21 (SDA) та GPIO22 (SCL). Керування вентилятором здійснюється через біполярний nnp транзистор 2N222 через пін GPIO35.

Варто відзначити, що спроектований пристрій використовує тільки один датчик вологості (чого може бути не достатньо у будинку із багатьма приміщеннями), проте за потреби можна легко масштабувати дане рішення, підключивши більше датчиків до ESP32. Максимальна кількість додаткових датчиків обмежена 6, що пояснюється кількістю доступних адрес на I2C шині.



fritzing

Рисунок 3.1 – Монтажна схема для клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

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

КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ

Арк.  
44

### 3.1.2 Схема електрична принципова

Схема електрична принципова – це конструкторський документ, де показані умовні графічні позначення всіх електричних елементів та пристроїв виробу, а також їхні електричні зв'язки. Проте реальне просторове розташування компонентів зазвичай не відображається.

Ці схеми використовуються для вивчення принципів роботи виробів, а також при їх налагодженні, контролі й ремонті. Вони є основою для розробки інших конструкторських документів, наприклад, схем з'єднань (монтажних) і креслень.

Основними складовими схеми є живлення, мікроконтролер ESP32 та набір давачів та виконавчих механізмів, що представлені зволожувачем повітря та вентилятором.

Для живлення схеми, що складає клієнтську частину підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» було реалізовано простий фільтр, що складався із регулятора напруги 7805 та двох конденсаторів (рисунок 3.2).

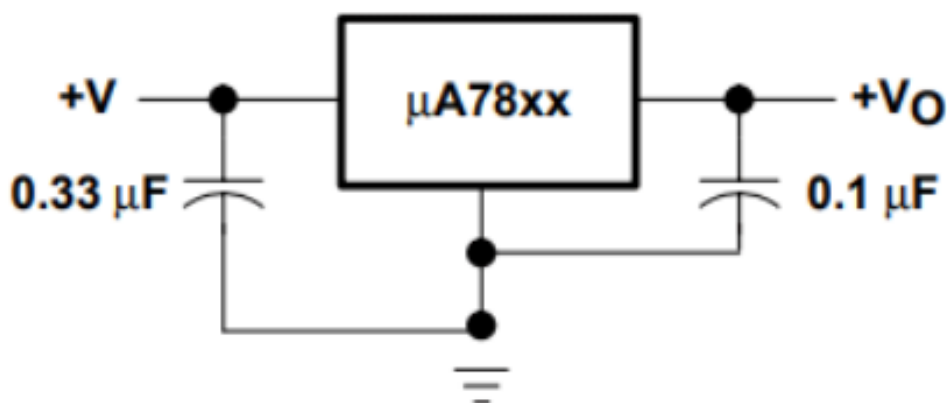


Рисунок 3.2 – Фільтр на базі 7805, що реалізований для живлення клієнтської підсистеми керування вологістю

Таке інтегроване схемотехнічне рішення, призначене для стабілізації напруги вхідного джерела до постійного значення 5 В. Цей підхід є досить поширеним і надійним компонентом для живлення електронних схем. Було

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

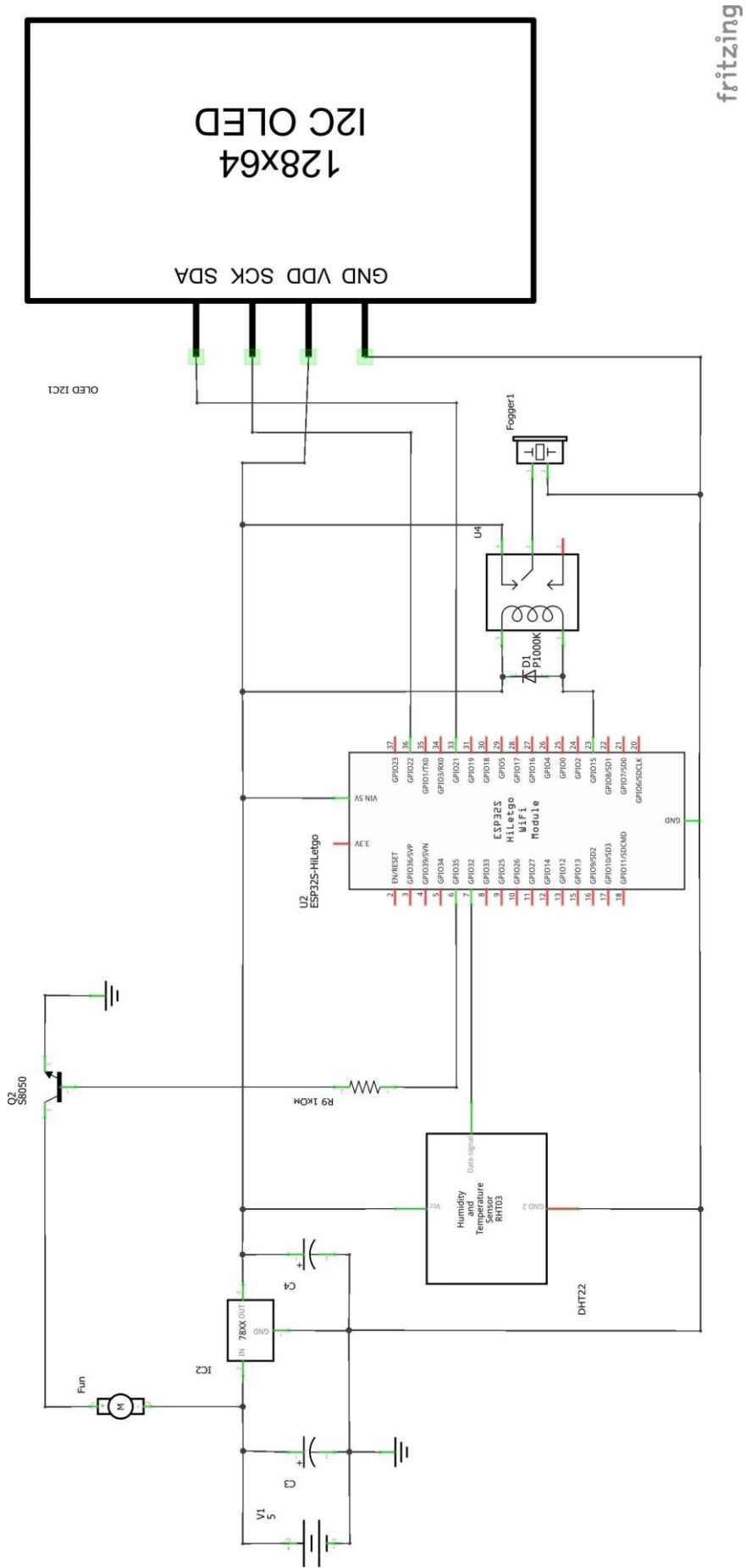
обрано два електролітичні конденсатори на 0.33 та 0.1  $\mu\text{F}$  (50V). Ці конденсатор використовуються для згладжування або фільтрації напруги, що подається на вхід стабілізатора. Вони здатний поглинати високочастотні коливання або спади напруги, що можуть виникати на вхідному (та вихідному) джерелі живлення.

Керування вентилятором здійснюється через біполярний pnp транзистор 2N222. Керування вентилятором через біполярний транзистор NPN типу 2N222 дозволяє регулювати швидкість обертання вентилятора в залежності від вхідного сигналу. Такий транзистор виступає як ключ, що відкриває або закриває шлях для потоку струму, керуючи роботою вентилятора.

Коли на базу транзистора подається відповідний сигнал (наприклад, з мікроконтролера ESP32), транзистор відкривається, дозволяючи струму протікати від джерела живлення до вентилятора. Чим більше сигнал подається на базу транзистора, тим більше він відкривається, і тим більше струму протікає через нього, що відповідно контролює швидкість обертання вентилятора.

Для керування зволожувачем використано реле, керуючий сигнал на який подається від мікроконтролера ESP32. Мета діода, який підключений паралельно до котушки реле, полягає в тому, щоб уникнути пошкодження прилеглих компонентів, чутливих до високого напруги. Ця напруга виникає в котушці реле, коли вона перестає пропускати струм. Під час вимикання реле, енергія, накопичена у котушці, швидко розсіюється і може створити імпульсну напругу, яка може пошкодити інші електронні компоненти в схемі. Діод, підключений паралельно до котушки реле, дозволяє цій енергії розсіюватися безпечно, зменшуючи ризик пошкодження інших частин схеми.

Схему електричну принципову програмно-технічного засобу моніторингу рівня вологості та поливу ґрунту на основі мікроконтролера ESP32 та Node red приведено на рисунку 3.3.



fritzing

Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ

## 3.2 Програмна реалізація підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Програмна реалізація підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» включала реалізації як клієнтської частини підсистеми керування вологістю, що представлена схемотехнічним рішенням на основі мікроконтролера ESP32, так і серверної частини, що представлена сценарієм Node red, який запущений на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi.

### 3.2.1 Налаштування брокера EMQX

Процес взаємодії ESP32, що представляє клієнтську частину, та Raspberry Pi передбачав обмін даними за допомогою мережі Wi-Fi, де у якості протоколу прикладного рівня залучено MQTT – протокол, що функціонує за моделлю «видавець-підписник». У спроектованій підсистемі керування вологістю передача повідомлень відбуватиметься через брокер EMQX.

Для початку роботи слід здійснити початкове налаштування цього брокера. Його встановлення може бути виконано як на локальній машині або хмарному сервісі. Для даного проєкту виконувати встановлення EMQX будемо на локальній системі, тобто на Raspberry Pi. Після успішного встановлення адміністративна панель EMQX буде доступна за адресою <http://127.0.0.1:18083/>.

Для початку було створено облікові дані користувача для підключення клієнта, у даній роботі – Node-Red. Виконаємо наступні кроки (рисунки 3.4-3.6).

Пакунки для встановлення брокера EMQX було завантажено із офіційного сайту, після чого їх було встановлено на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi:

```
curl -s https://assets.emqx.com/scripts/install-emqx-deb.sh | sudo bash
sudo apt-get install emqx
sudo systemctl start emqx
```

Далі, перейшовши за адресу <http://127.0.0.1:18083/> було відкрито інформаційну панель та здійснено вхід зі стандартними логіном та паролем: користувач «admin» та пароль «public».

Далі було виконано створення нового користувача. З інформаційної панелі було здійснено опцію автентифікація та обрано Create. Після чого у майстрі вибрано «На основі пароля».

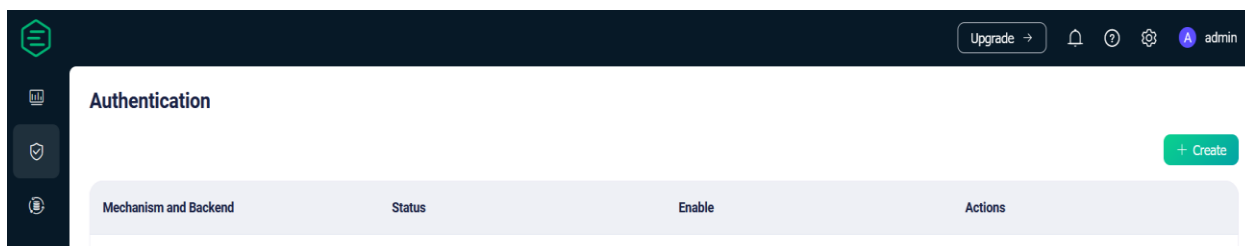


Рисунок 3.4 – Інформаційна панель EMQX

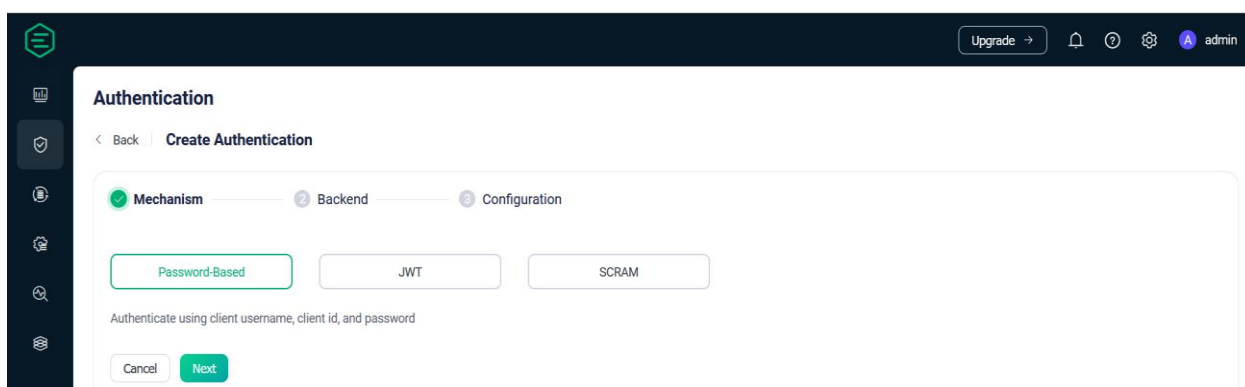


Рисунок 3.5 – Створення методу автентифікації

Далі було обрано «Вбудована база даних» і натиснуто кнопку «Далі». Далі погодившись із стандартними налаштуваннями було виконано створення нового користувача.

На сторінці Автентифікація в стовпці Дії для автентифікатора на основі пароля натиснемо Користувачі. Далі обрано піктограму плюса, щоб створити нового користувача з іменем користувача/паролем.

Форму створення нового користувача наведено на рисунку 3.6

Add

Username \*

humid

Password \*

.....

Is superuser

When set to superuser, this user will skip all subsequent permission.

Cancel Save

Рисунок 3.6 – Додавання користувача до EMQX

### 3.2.2 Створення сценарію керування вологістю у Node-red

Створення сценарію керування вологістю у Node-RED полягає в розробці програмного коду у вигляді потоку, який автоматизує контроль та регулювання рівня вологості в приміщенні за певними умовами. Цей сценарій включає в себе зчитування даних про вологість з датчиків, встановлення порогових значень, які визначають необхідний рівень вологості температури із тем `/home/humidity` та `/home/temperature`, та виконання відповідних дій, таких як увімкнення або вимкнення зволожувача. Це дозволяє створити ефективну систему автоматичного керування вологістю, що підтримує комфортні умови у приміщенні кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Для початку було додано вузли для роботи із MQTT протоколом: дві для підписки (MQTT in) та одна для публікації даних (MQTT out). Два вузла підписки були підписані на теми `/home/humidity` та `/home/temperature`, а вузол MQTT out налаштований на публікацію у тему `/home/humidifier`.

На початку було створено новий брокер (рисунки 3.7, 3.8). Для цього в якості сервера обрано локальну систему (localhost) із портом 1883 та протокол MQTT версії 5.

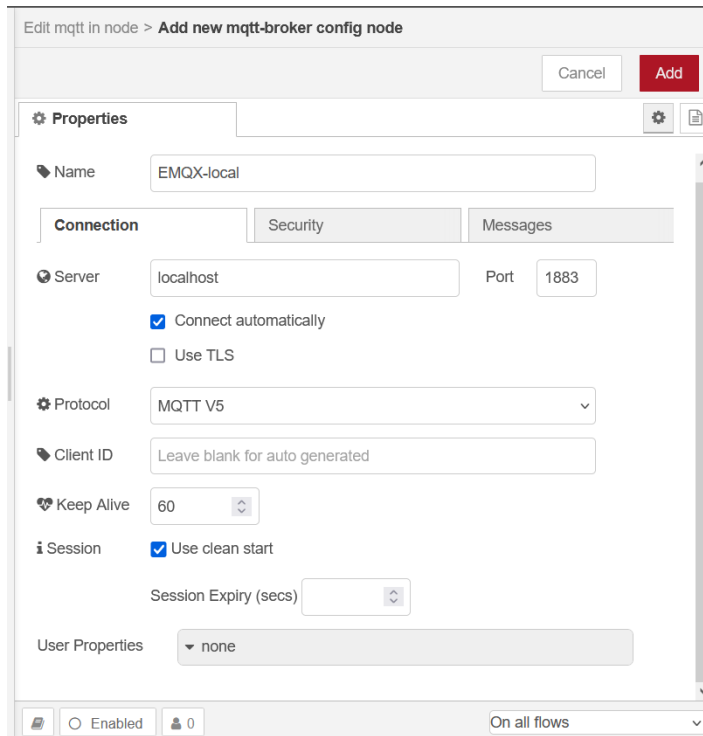


Рисунок 3.7 – Створення нового MQTT брокера (налаштування з'єднання)

На вкладці Security було вказано аутентифікаційні дані користувача, який був створений на попередньому етапі (рисунок 3.8).

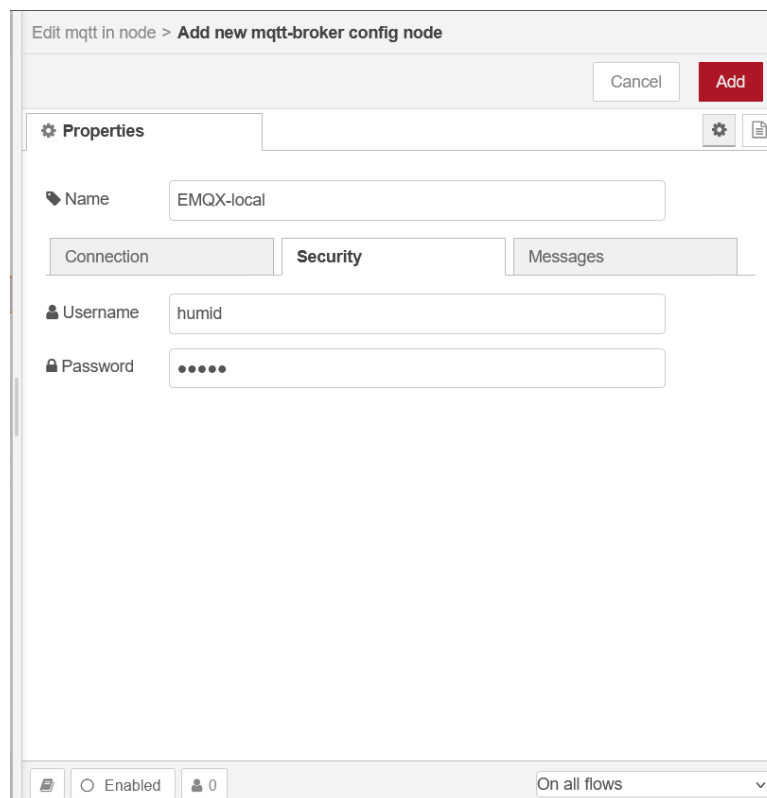


Рисунок 3.8 – Створення нового MQTT брокера (налаштування безпеки)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Далі вихід вузла MQTT in, що отримував значення вологості, подавався на вхід блоку Check values, що є типом function, який мав наступний вміст:

```
let msg1_value = msg.payload; // Значення з MQTT IN
let msg2_value = global.get("thresholdValue");
if (msg1_value <= msg2_value) {
    msg.payload = "on";
} else if (msg1_value > msg2_value) {
    msg.payload = "off";
}

return msg;
```

Робота даного блоку передбачала керування значення вологості та порівняння поточного значення (що надійшло від MQTT in) із пороговим значенням, яке встановлювалось за допомогою вузла slider (рисунок 3.9).

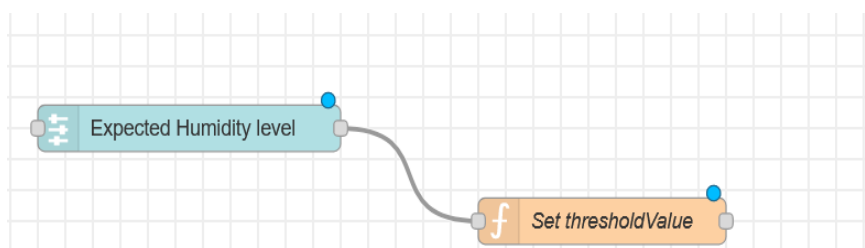


Рисунок 3.9 – Отримання та встановлення порогового значення

Для встановлення порогового значення використано блок function із назвою Set thresholdValue, що передбачала збереження значення слайдера у глобальну змінну:

```
var sliderValue = msg.payload;
global.set("thresholdValue", sliderValue);
return msg;
```

Далі було сформовано нову розмітку та додано сторінку на якій відображатимуться параметри моніторингу та контролю (рисунок 3.10). Після

цього додано два вузли типу gauge, для візуалізації поточного рівня вологості та температури у приміщенні. Ці графічні елементи допомагають користувачу легко відслідковувати зміни вологості та отримувати візуальну інформацію про поточний стан середовища. Входами для обох вузлів gauge є результат від підписки на відповідну тему.

Таким чином базовий сценарій керування вологістю у проєктованій підсистемі подано на рисунку 3.11.

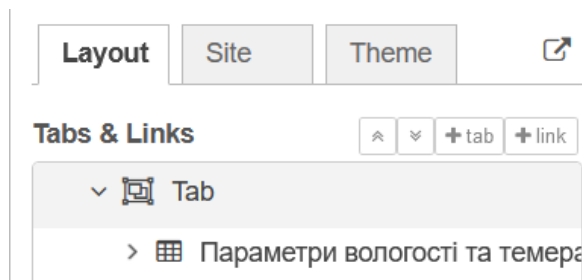


Рисунок 3.10 – Створена розмітка

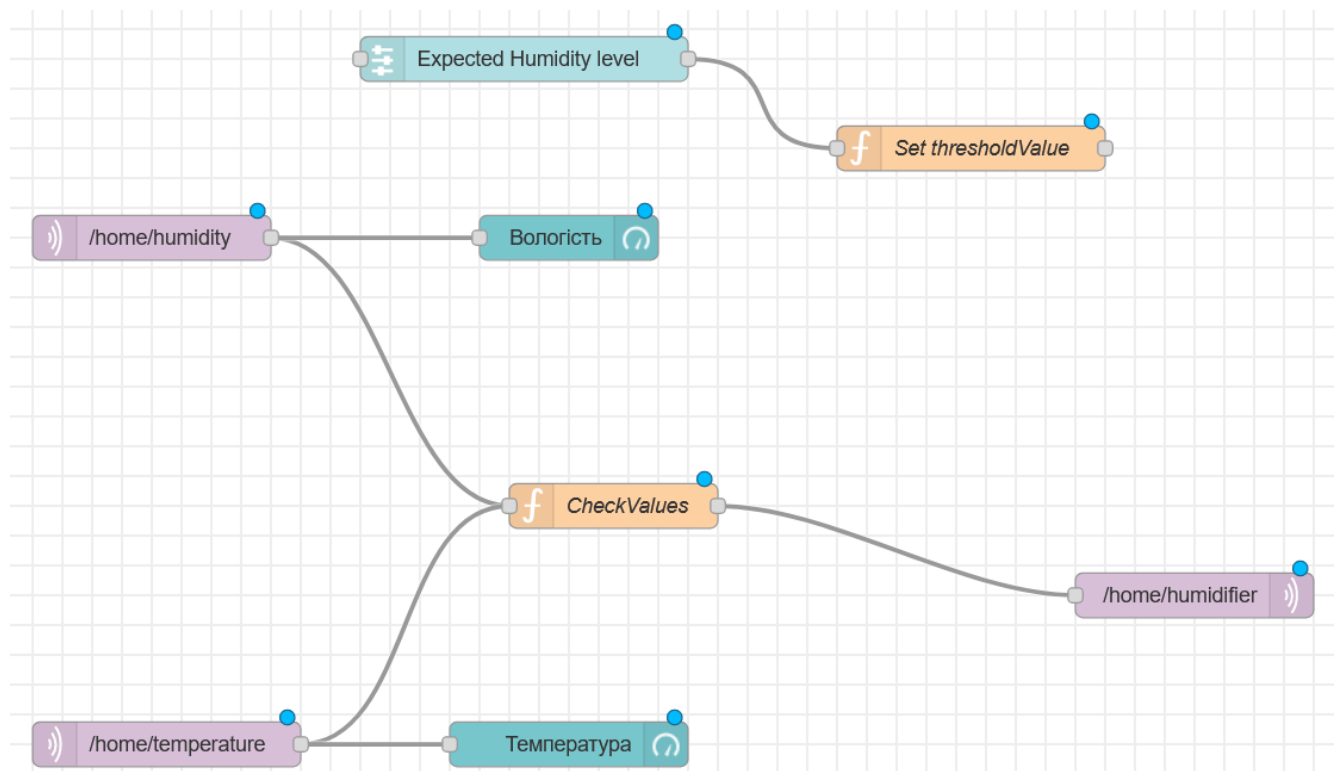


Рисунок 3.11 – Базовий сценарій керування вологістю у проєктованій підсистемі

Далі додамо блок затримки між вузлами CheckValues та MQTT out зі значення 5 секунд, що дозволить керувати вмиканням або вимиканням зволожувача.

Додавання затримки перед вмиканням або вимиканням дозволить отримати наступні переваги:

- захист від частого вмикання / вимикання: Затримка дозволяє запобігти постійним переключенням зволожувача, що може бути шкідливим для обладнання та споживати зайву енергію;

- керування трафіком на мережі: Зменшення кількості команд, які відправляються на зволожувач, допомагає зменшити трафік на мережі та навантаження на брокера MQTT або інші системні ресурси;

- керування енергоспоживанням: Зменшення частоти вмикання / вимикання зволожувача допомагає зменшити споживання енергії, що може бути важливим для систем, які працюють від батарей або джерел енергії з обмеженим ресурсом;

- уникнення стрибків вологості: Затримка дозволяє зменшити різкі зміни вологості, які можуть виникати внаслідок постійного переключення зволожувача, що може бути небажаним для деяких додатків.

Далі було реалізовано функцію збереження історичних змін про вологість та температуру, шляхом запису у файл. Для цього було додано два вузли – join та writeFile.

Вузол join використовувався для об'єднання повідомлень, синхронізуючи тим самим запис у файл. Якби ця функція була відсутня, то запис у файл здійснювався одразу при надходженні значення температури або вологості. Тоді була поставлена мета запис виконувати синхронно, тобто запис відбувався у файл тоді, коли обидва нових значення температури та вологості надійшли на сервер. Для цього було виконано налаштування блоку join (рисунок 3.12):

- задання кількості очікуваних повідомлень на 2;
- підключіть обидва вхідні вузли "MQTT in" до вузла "join";
- визначено тип виходу об'єкт key-value.

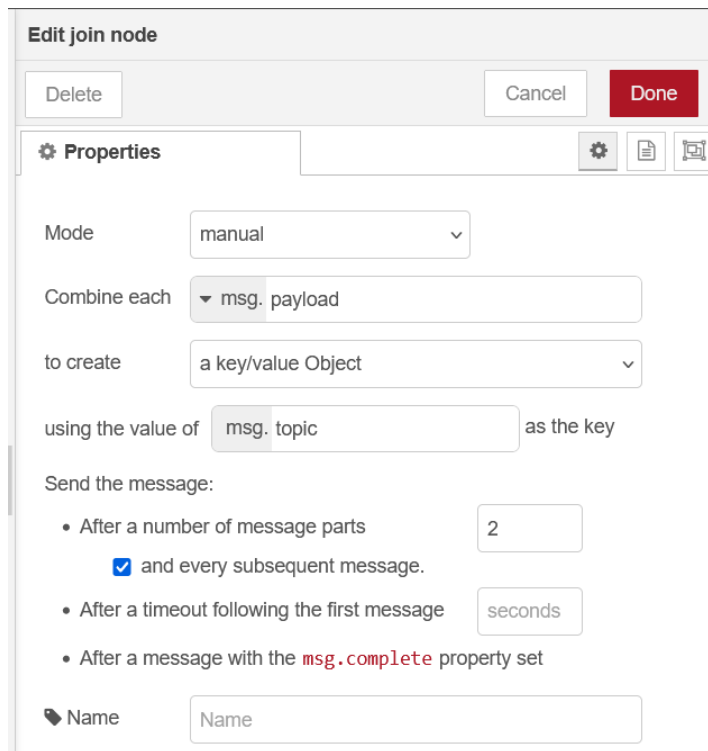


Рисунок 3.12 – Налаштування вузла join

Налаштування вузла writeFile передбачало визначення тільки абсолютного шляху до файлу, у якому буде збережено історичні дані.

Таким чином результуючий потік підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» наведено на рисунку 3.13.

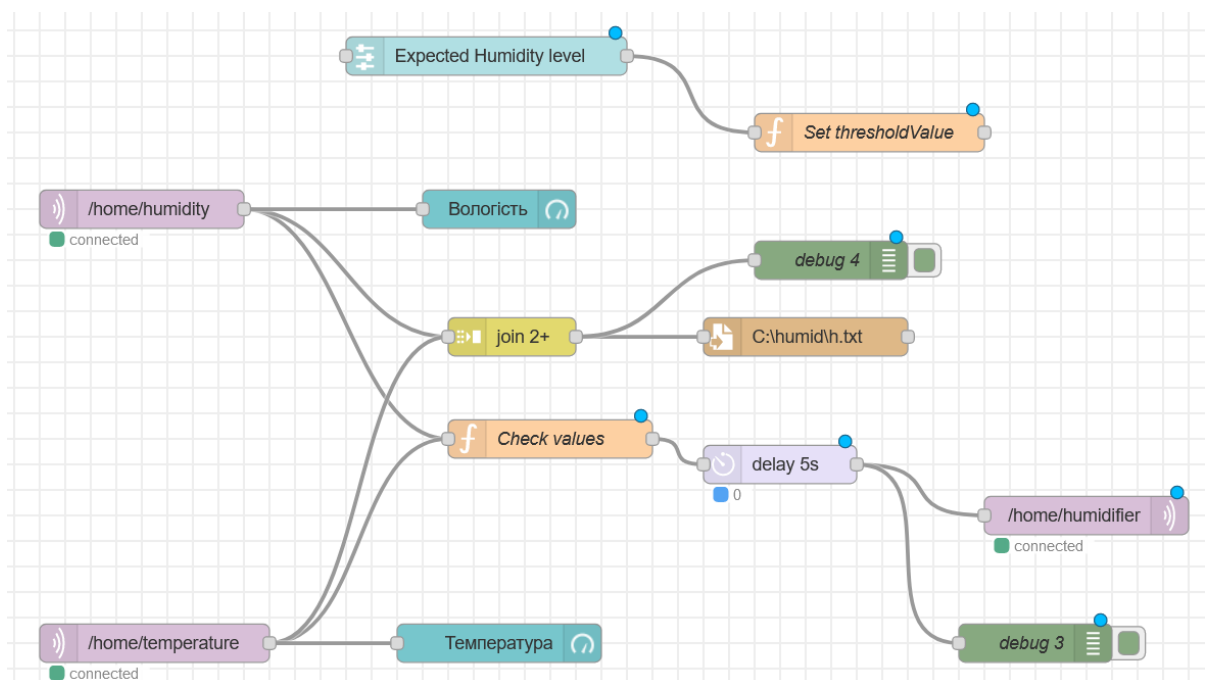


Рисунок 3.13 – Результуючий потік керування вологістю у Node-red

Результат локального тестування сценарію керування вологістю та панель керування та відображення даних про вологіст та температуру наведено на рисунках 3.14 та 3.15 відповідно

```
21.04.2024, 09:59:36 node: debug 4
/home/humidity : msg.payload : Object
  ▶ { /home/temperature: 18, /home/
    humidity: 54 }
21.04.2024, 09:59:40 node: debug 3
/home/temperature : msg.payload : string[2]
"on"
```

Рисунок 3.14 – Тестування сценарію керування вологістю

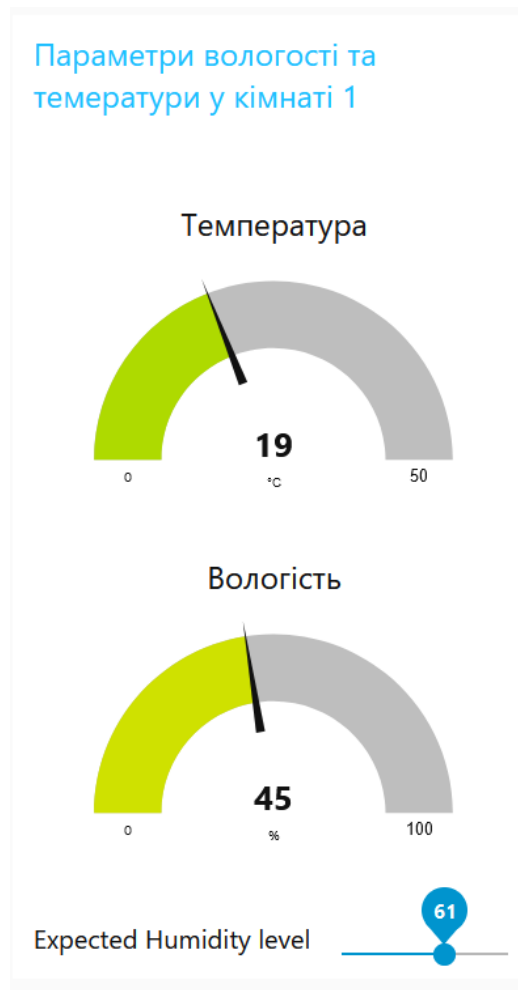


Рисунок 3.15 – Панель керування та відображення даних про вологості та температуру

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таким чином було реалізовано сценарій керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок». Цей сценарій є основою та може бути розширений і доповнений іншими функціями та можливостями, такими як керування освітленням, безпекою, опаленням тощо.

### 3.2.3 Реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» на мікроконтролері ESP32

Реалізація клієнтської частини підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» передбачала програмування мікроконтролера ESP32. Блок-схему роботи схеми клієнтської частини (на базі мікроконтролера ESP32) підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» подано на рисунку 3.16.

Робота мікроконтролера ESP32 включала виконання наступних кроків:

1. підключення необхідних бібліотек і налаштування параметрів WiFi, MQTT-сервера, пінів для датчика та реле, а також об'єктів для зчитування даних, роботи з WiFi і MQTT-клієнтом, а також OLED дисплея;

2. функції для налаштування WiFi і MQTT-з'єднання (під'єднання, перепід'єднання, від'єднання);

3. callback-функція, яка викликається при отриманні повідомлень від MQTT-сервера і вмикає реле (і зволожувач, який до нього під'єднаний) та вентилятор при отриманні повідомлення про включення зволожувача;

4. функція для перепідключення до MQTT-сервера, якщо з'єднання втрачено;

5. основний цикл програми, який виконується безперервно, і в якому відбувається зчитування даних з датчика DHT22, оновлення значень на OLED дисплеї, публікація цих даних відповідно до топиків у MQTT та перевірка стану з'єднання з MQTT-сервером.

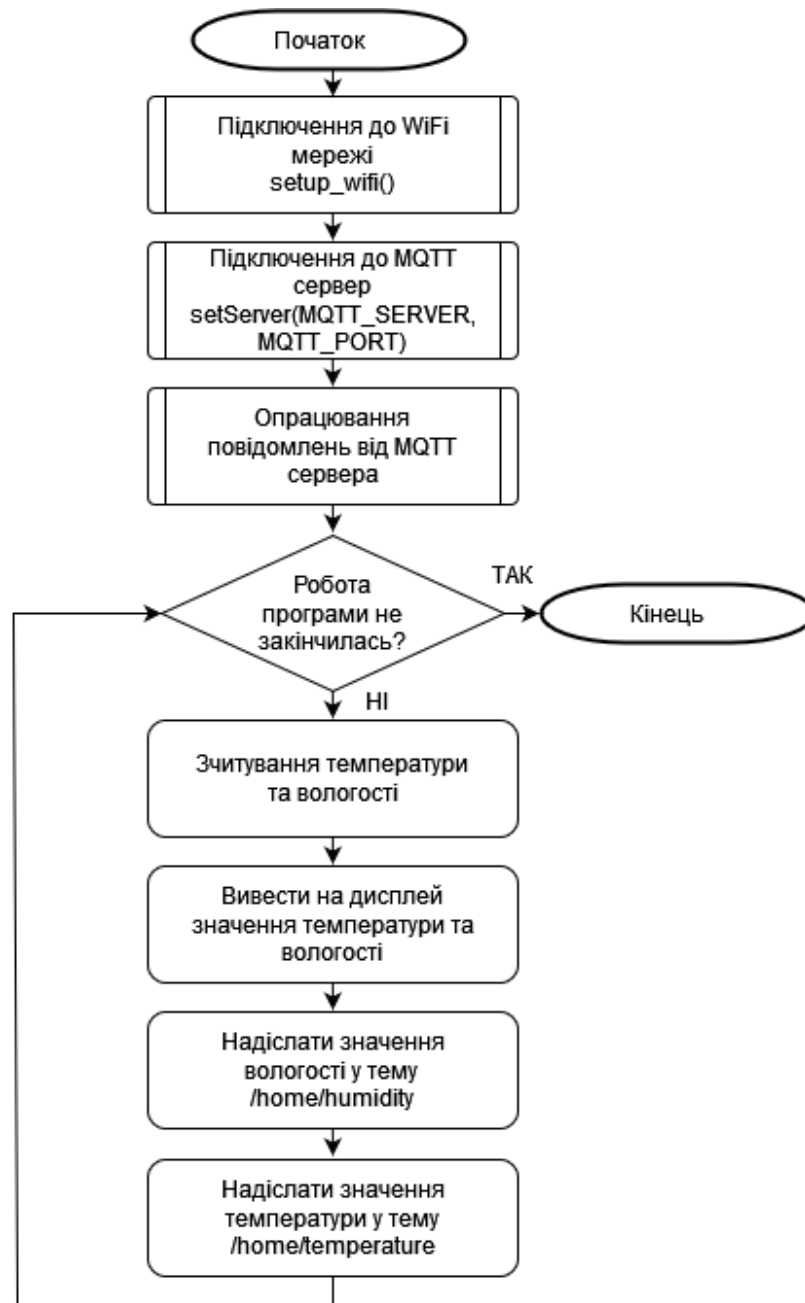


Рисунок 3.16 – Блок-схема роботи схеми клієнтської частини

### 3.3 Висновки

Запропоновано апаратну реалізацію клієнтської частини підсистеми керування вологістю у вигляді схем електричної принципової та монтажно-ї. Здійснено програмну реалізацію клієнтської частини підсистеми керування вологістю, що представлена схемотехнічним рішенням на основі мікроконтролера ESP32, так і серверної частини, що представлена сценарієм Node red, який запущений на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi.

## ВИСНОВКИ

Зацікавленість у використанні технологій «розумного будинку», також відомих як «інтелектуальний будинок» або «смарт-хаус», зростає в сучасному світі. Ці технології автоматизують та контролюють різні аспекти побутового життя мешканців, такі як освітлення, опалення, безпека та комунікації, для досягнення високого рівня комфорту, безпеки, енергоефективності та інших характеристик.

Одним із ключових аспектів комфорту у будинку є контроль рівня вологості повітря. Недостатня або занадто висока вологість може призвести до проблем зі здоров'ям, комфортом та навіть до пошкодження будівельних матеріалів. Тому розробка підсистеми керування вологістю є важливою складовою сучасного розумного будинку.

У цьому контексті кіберфізична система для керування вологістю відіграє ключову роль. Вона поєднує фізичні пристрої, такі як датчики вологості та реле для керування зволожувачами та вентиляторами, із програмним забезпеченням, яке забезпечує збір, обробку, передачу та аналіз даних про вологість, а також прийняття рішень щодо регулювання цього параметра.

В результаті виконання даної роботи було спроектовано та реалізовано підсистему керування вологістю у кіберфізичній системі «Розумний будинок». Спроектowana структура реалізує архітектурний шаблон «клієнт-сервер», де Raspberry Pi виступає у ролі центрального сервера, який забезпечує взаємодію та координацію роботи всіх компонентів системи. ESP32 WROOM виступає як клієнт, що здійснює зчитування даних з датчиків вологості та температури, керування зволожувачем та вентилятором, а також надсилання зібраних даних на Raspberry Pi для подальшої обробки та аналізу.

У першому розділі досліджено предметну область кіберфізичних систем та «Розумного будинку». Проведено аналіз відомих програмно-технічних рішень для реалізації функції зволоження повітря, а також комерційних рішень для зволоження повітря.

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

В другому розділі приведені вимоги, яким повинна відповідати проєктована система. Розглянуто процеси обміну даними в середовищі Інтернету речей. Спроектована структура підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок». Дана система складається набору програмно-апаратних компонентів, основними із яких є: комп'ютерна система (система на чипі) Raspberry Pi, мікроконтролер ESP32 WROOM, датчик вимірювання вологості та температури DHT22, ультразвуковий випромінювач мембрана для зволожувача повітря, модуль реле, вентилятор, перетворювач рівня напруги та OLED дисплей. В якості протоколу для комунікації між компютерною системою raspberry Pi та мікроконтролером ESP32 обрано протокол MQTT. При цьому в якості брокера для обміну повідомленнями обрано EMQX.

В третьому розділі запропоновано апаратну реалізацію клієнтської частини підсистеми керування вологістю у вигляді схем електричної принципової та монтажною. Здійснено програмну реалізацію клієнтської частини підсистеми керування вологістю, що представлена схемотехнічним рішенням на основі мікроконтролера ESP32, так і серверної частини, що представлена сценарієм Node red, який функціонував на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi.

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Rokonuzzaman M., Akash M. I., Khatun Mishu M., Tan W. -S., Hannan M. A. and Amin N., IoT-based Distribution and Control System for Smart Home Applications, *2022 IEEE 12th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, Penang, Malaysia, 2022, 95-98
2. Kakigano H., Nomura M. and Ise T., Loss evaluation of DC distribution for residential houses compared with AC system, *The 2010 International Power Electronics Conference-ECCE ASIA*, 2010, 480-486.
3. Amin M., Arafat Y., Lundberg S. and Mangold S., Low voltage DC distribution system compared with 230 V AC, *2011 IEEE Electrical Power and Energy Conference*, 2011, 340-345.
4. Rokonuzzaman M., Mishu M. K., Islam M. R., Hossain M. I., Shakeri M. and Amin N., Design and Implementation of an IoT-Enabled Smart Plug Socket for Home Energy Management, *2021 5th International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*, 2021, 50-54.
5. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва, ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування", URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3074971619479783152?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152?doc_type=2)
6. Ashwini Sinha, DIY Portable Automatic Humidifier, electronicsforu, URL: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/automatic-portable-humidifier>
7. DIY Smart House 2 - DIY a Humidifier, URL: <https://www.instructables.com/DIY-Smart-House-2-DIY-a-Humidifier/>
8. IoT Temperature and Humidity Monitor using Blynk app, hackster URL: [https://www.hackster.io/devansh\\_tangri/iot-temperature-and-humidity-monitor-using-blynk-app-be1377?f=1](https://www.hackster.io/devansh_tangri/iot-temperature-and-humidity-monitor-using-blynk-app-be1377?f=1)
9. Tsai K. L., Leu F. Y. and You I., Residence Energy Control System Based on Wireless Smart Socket and IoT, *IEEE Access*, 4, 2016, 2885-2894.
10. Ma M., Huang B., Wang B., Chen J. and Liao L., Development of an energy-efficient smart socket based on STM32F103, *Appl. Sci*, 8 11, 2018.

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

11. Hasan M., Biswas P., Bilash M. T. I. and Dipto M. A. Z., Smart Home Systems: Overview and Comparative Analysis, *2018 Fourth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*, Kolkata, India, 2018, 264-268.

12. Pnevmatikakis A., Recognising Daily Functioning Activities in Smart Homes, *Wireless Personal Communications*, 96 3, 3639-3654.

13. Ladwa T. M., Ladwa S. M., Kaarthik R. S., Dhara A. R. and Dalei N., Control of remote domestic system using DTMF, *International Conference on Instrumentation Communication Information Technology and Biomedical Engineering* 2009, 1-6.

14. Mulla A., Baviskar J. and Baviskar A., Dtmf based automation system with reduction of noise using goertzel dft estimation, *2014 fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 2014, 1124-1129.

15. Ramlee R. A., Othman M. A., Leong M. H., Ismail M. M. and Ranjit S. S. S., Smart home system using android application, *2013 International Conference of Information and Communication Technology (ICoICT)*, 2013, 277-280.

16. Teymourzadeh R., Ahmed S.A., Chan K. W. and Hoong M.V., Smart GSM based Home Automation System, *2013 IEEE Conference on Systems Process & Control (ICSPC)*, 2013, 306-309.

17. Mahmud Rana G. M. S., Mamun Khan A. A., Hoque M. N. and Mitul A. F., Design and implementation of a GSM based remote home security and appliance control system, *2013 2nd International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, 2013, 291-295.

18. S. Zhihua S., Design of Smart Home System Based on ZigBee, *2016 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*, 2016, 167-170.

19. Puri V. and Nayyar A., Real time smart home automation based on PIC microcontroller Bluetooth and Android technology, *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2016, 1478-1484.

20. Wenbo Y., Quanyu W. and Zhenwei G., Smart home implementation based on Internet and WiFi technology, *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*, 2015, 9072-9077.

21. Salman L. et al., Energy efficient IoT-based smart home, *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 2016, 526-529.

22. Malche T. and Maheshwary P., Internet of Things (IoT) for building smart home system, *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social Mobile Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017, 65-70.

23. Collotta M. and Pau G., A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 12, 2015. 2988-2996.

24. Piyare R., Internet of things: ubiquitous home control and monitoring system using android based smart phone, *International Journal of Internet of Things*, 2 1 2013, 5-11.

25. Baig F., Beg S., Khan M. F. and Nawaz S. J., A Method to Control Home Appliances Based on Writing Commands Over the Air, *Journal of Control Automation and Electrical Systems*, 26 4, 2016, 421-429.

26. Revolutionizing Home Living with IoT-based Smart Home Automation, URL: <https://medium.com/@equitysoft/revolutionizing-home-living-with-iot-based-smart-home-automation-1cfa651825ff>

27. IoT Home Automation, URL: <https://www.geeksforgeeks.org/iot-home-automation/>

28. Home Automation Using the Internet of Things (IoT), URL: <https://www.simform.com/blog/home-automation-using-internet-of-things/>

29. The Future of Home Automation: How IoT is Transforming Everyday Living, URL: <https://www.conurets.com/the-future-of-home-automation-how-iot-is-transforming-everyday-living/>

30. Rahman H. et al. IoT enabled mushroom farm automation with Machine Learning to classify toxic mushrooms in Bangladesh, *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 2022, 100267.

31. Takahashi H. et al., Improvement of automatic fire extinguisher system for residential use, *2015 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, 2015, 1-4, doi: 10.1109/ICIEV.2015.7333992.

32. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник*. №1. 2022. 12-21.

33. Sharma M., Assotally A. and Bekaroo G., RaspIMonitor: A Raspberry Pi Based Smart Home Monitoring System, *2022 3rd International Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, Flic-en-Flac, Mauritius, 2022, pp. 1-6.

34. Singh N. J. and Sidhu E., Raspberry pi based smart fire management system employing sensor based automatic water sprinkler, *2017 International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC)*, 2017, pp. 102- 106.

35. Swain K. B., Dash S. and Gouda S. S., Raspberry PI based Integrated Autonomous Vehicle using LabVIEW, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS)*, 2017, pp. 69-73, doi: 10.1109/SSPS.2017.8071567.

36. Sheth M., Trivedi A., Suchak K., Parmar K. and Jetpariya D., Inventive Fire Detection utilizing Raspberry Pi for New Age Home of Smart Cities, *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 2020, 724-728, doi: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214108.

37. The Best Humidifier, URL: <https://www.nytimes.com/wirecutter/reviews/the-best-humidifier/>

38. The 11 Best Humidifiers of 2024, Tested and Reviewed, URL: <https://www.thespruce.com/best-mist-humidifiers-4066052>

39. EMQX, URL: <https://www.emqx.io/>

40. MQTT Protocol Overview - Everything You Need To Know, URL: <https://www.velotio.com/engineering-blog/mqtt-protocol-overview>

41. MQTT Protocol Description, URL: <https://support.smart-maic.com/en/knowledge-bases/2/articles/41-mqtt-protocol-description>

					КВРКІ. 200248.20.02.23 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



52. Sarath Kumar R., Hariharan J., Revanth R. S., Prasanth K. R. and Lokesh J., Automatic Fire Fighting Robot using RPI, *2021 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, 2021, pp. 136-139.

53. Гунько Н.В. SMART HOME як інструмент оптимізації вартості житлово-комунальних послуг в Україні / Матеріали Науково-практичної Інтернет-конференції, *Проблеми регіоналістики: минуле, сучасне, майбутнє*, КНЕУ, березень 2017 р. С. 228-231

54. Jan H., Yar H., Iqbal J., Farman H., Khan Z. and Koubaa A., Raspberry Pi Assisted Safety System for Elderly People: An Application of Smart Home, *2020 First International Conference of Smart Systems and Emerging Technologies (SMARTTECH)*, 2020, pp. 155-160.

55. Khan M. N. A., Tanveer T., Khurshid K., Zaki H. and Zaidi S. S. I., Fire Detection System using Raspberry Pi, *2019 International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT)*, 2019, pp. 1-6.

56. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навч. посіб., Житомир: ЖДТУ, 2018, 383 с.

57. Malche T. and Maheshwary P., Internet of Things (IoT) for building smart home system, *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social Mobile Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017, 65-70.

58. Collotta M. and Pau G., A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 12, 2015. 2988-2996.

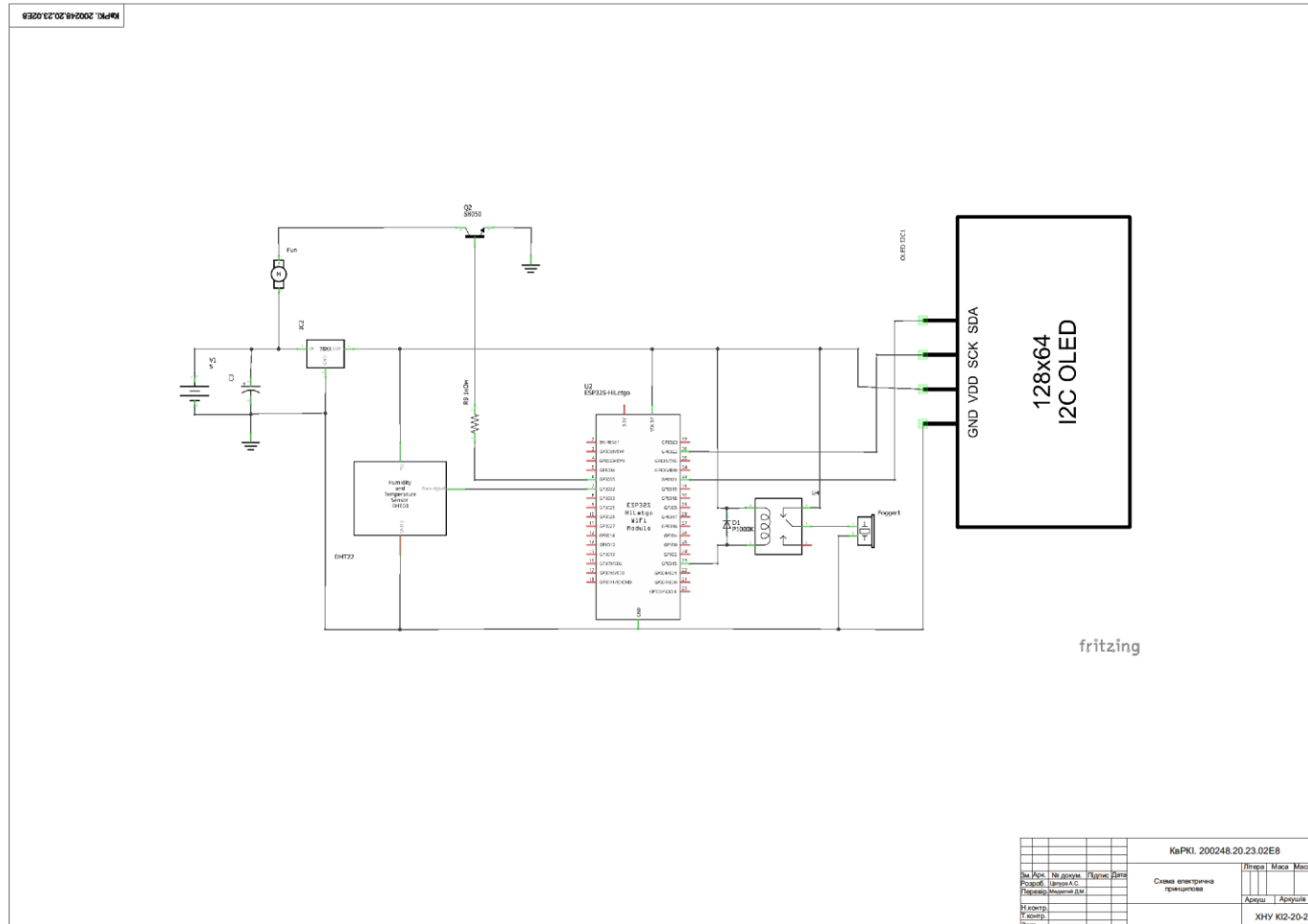
59. Pnevmatikakis A., Recognising Daily Functioning Activities in Smart Homes, *Wireless Personal Communications*, 96 3, 3639-3654.

60. Ladwa T. M., Ladwa S. M., Kaarthik R. S., Dhara A. R. and Dalei N., Control of remote domestic system using DTMF, *International Conference on Instrumentation Communication Information Technology and Biomedical Engineering* 2009, 1-6.



# ДОДАТОК Б

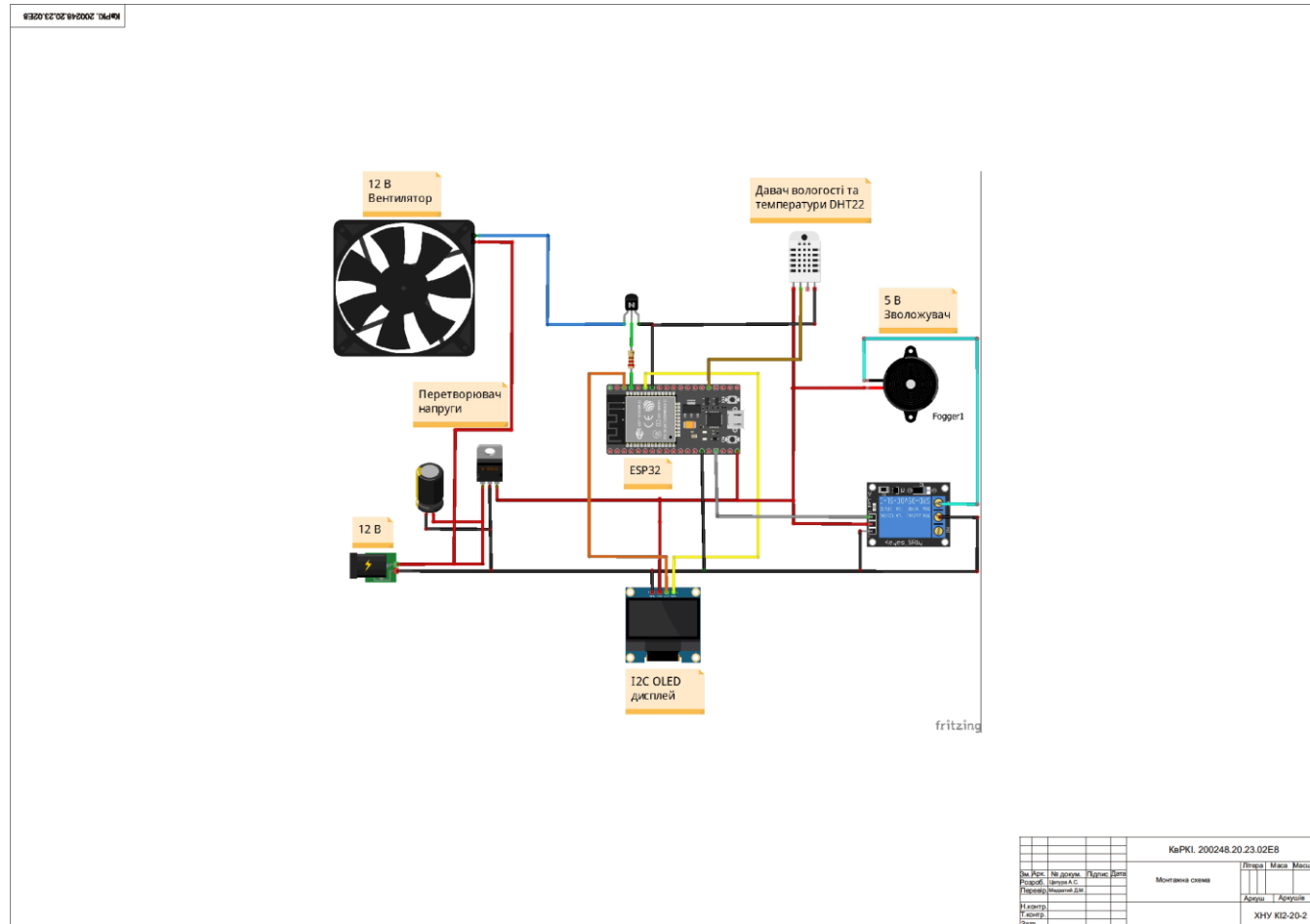
## Копія креслення «Схема електрична принципова»



				КвРКІ. 200248.20.23.02Е8		
Вид	Розроб.	№ докум.	Титул	Дата	Листів	Масштаб
Схема електрична	Мухомов Д.М.					
Ізображ.						
Ізготв.						
Ізпр.						
Дата						

# ДОДАТОК В

## Копія креслення «Монтажна схема»



Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1016243222

Дата перевірки:  
10.05.2024 23:49:36 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
10.05.2024 23:50:16 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Цапуря\_Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 11070 Кількість символів: 85402 Розмір файлу: 4.06 MB ID файлу: 1016026723

## 6.12% Схожість

Найбільша схожість: 1.41% з Інтернет-джерелом ([https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/52501/1/Nechai\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/52501/1/Nechai_magistr.pdf))

5.08% Джерела з Інтернету 125 ..... Сторінка 69

2% Джерела з Бібліотеки 63 ..... Сторінка 70

## 0.18% Цитат

Цитати 3 ..... Сторінка 71

Посилання 1 ..... Сторінка 71

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Замінені символи 7

Mon May 13 07:57:23 EEST 2024, Медзатий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

## Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%**

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилоч в документах: 17%**

ID: 126003 Назва: БКР Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок» Додано в БД: 2024-05-13 Автора: А.С. Цапура Керівники: Д.М. Медзатий Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	79127	620	3473 (4%)	28 (5%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Цапура Анастасія Сергіївна

Тема: Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано підсистему керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

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 відомих засобів керування вологістю. У другому розділі здійснено проектування підсистеми керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок». У третьому розділі реалізовано підсистему керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Позитивні сторони роботи: Спроековано підсистему керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»,

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Негативні сторони роботи: У спроектованій підсистемі не до повністю реалізована функція зниження вологості повітря

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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» 3,50 (D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)  
Зав. каф. автоматизації, комп'ютерно-і керованих технологій та робототехніки,  
д.т.н., проф. Мартинюк В.В.

“ 17 ” 05 2024р.



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: Підсистема керування вологістю кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Автор: Цапура Анастасія Сергіївна

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Медзатий Д.М., 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:



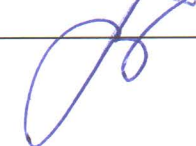
- 1) запозичення розміщені в розділі аналізу існуючих аналогів та відомих рішень, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості Unichesk, складає 6.1% і адресується до 197 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 4%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІС

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

Д.М. Медзатий

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко

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

Цапури Анастасії Сергіївни

---

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-2

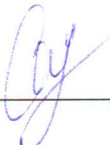
### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, 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 плагіат оповіщений(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.

13 травня 2024 року



---