

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях з використанням розумних датчиків і технологій IoT»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра (магістра)  
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології  
(код, найменування спеціальності)  
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології  
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання  
на відповідне джерело*

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ілля СТРІЛЬЦІВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД-42

Ілля СТРІЛЬЦІВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:  
*науковий ступінь,  
вчене звання*

PhD, Віра МИКОЛАЙЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:  
*науковий ступінь,  
вчене звання*

\_\_\_\_\_ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій**

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедрою ІПЗАС

\_\_\_\_\_ Каміла СТОРЧАК

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Стрільціву Іллі Олександровичу

*(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)*

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях з використанням розумних датчиків і технологій IoT

керівник кваліфікаційної роботи Віра МИКОЛАЙЧУК, PhD

*(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)*

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «27» лютого 2024 р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Науково-технічна література з теми бакалаврської роботи.
2. Принцип функціонування системи моніторингу мікроклімату.
3. Основні принципи IoT.

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

1. IoT. Визначення та застосування
2. Інструменти та прийоми розробки систем контролю мікроклімату
3. Розробка розумної системи за контролем мікроклімату в приміщенні

5. Ілюстративний матеріал: *презентація*

6. Дата видачі завдання: «27» лютого 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	27.02-05.03.2024	
2	Обґрунтування актуальності роботи	06.03-11.03.2024	
3	Аналіз основних прийомів IoT	12.03-27.03.2024	
4	Інструменти та прийоми розробки систем контролю мікроклімату	28.03-10.04.2024	
5	Розробка розумної системи за контролем мікроклімату в приміщенні	11.04-15.05.2024	
6	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	16.05-22.05.2024	
7	Розробка демонстраційних матеріалів	23.05-24.05.2024	

Здобувач(ка) вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ілля СТРІЛЬЦІВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник  
кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Віра МИКОЛАЙЧУК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 61 стор., 49 рис., 53 джерел.

*Мета роботи* – дослідження можливостей побудови системи контролю мікроклімату за допомогою мереж IoT

*Об'єкт дослідження* – процес побудови системи контролю мікроклімату.

*Предмет дослідження* – архітектура IoT при використанні для розгортання системи контролю мікроклімату в приміщенні.

*Короткий зміст роботи:* В цій роботі було проведено глибокий аналіз СКМП, досліджуючи їхні компоненти, принципи роботи, переваги та виклики. Було розроблено та створено повністю готову систему, включаючи схему для датчиків й шлюзу та корпус надрукований використовуючи технологію 3D друку. Також ми використовували відкрите програмне забезпечення та недороге доступне обладнання, що робить цю систему ідеальною для домашнього використання для автоматизації домашнього мікроклімату в приміщенні.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ІОТ, РОЗУМНІ ПРИСТРОЇ, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ, ДАТЧИКИ, МІКРОКЛІМАТ, СЕНСОРИ, ARDUINO, ESP8266, ТЕХНОЛОГІЇ, ДАНІ.

## ABSTRACT

Text part of the bachelor level qualification work: 61 pages, 49 figures, 53 sources.

*The purpose of the work* - to study the possibilities of building a microclimate control system using IoT networks .

*Object of research* is the process of building a microclimate control system.

*Subject of research* - IoT architecture when used to deploy an indoor climate control system.

*Summary of work:* In this paper, we conducted an in-depth analysis of SCMS, exploring their components, operating principles, benefits, and challenges. A complete system was designed and built, including circuitry for the sensors and gateway and a housing printed using 3D printing technology. We also used open source software and low-cost available hardware, which makes this system ideal for home use to automate home indoor climate control.

**KEYWORDS:** IOT, SMART DEVICES, MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM, SENSORS, MICROCLIMATE, SENSORS, ARDUINO, ESP8266, TECHNOLOGY, DATA.

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій**

**ПОДАННЯ  
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ  
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
на здобуття освітнього ступеня бакалавра**

Направляється здобувач Стрільців І.О. до захисту кваліфікаційної роботи  
(*прізвище та ініціали*)  
за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології  
(*код, найменування спеціальності*)  
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології  
(*назва*)  
на тему: «Розробка системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях з використанням  
розумних датчиків і технологій IoT».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІ \_\_\_\_\_

(*підпис*)

(*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*)

**Висновок керівника кваліфікаційної роботи**

Здобувач \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача \_\_\_\_\_ на  
оцінку « \_\_\_\_\_ » та присвоїти йому кваліфікацію \_\_\_\_\_.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(*підпис*) (*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу**

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач прізвище та ініціали допускається до  
захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою \_\_\_\_\_  
(*назва*) (*підпис*) (*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*)

**ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавра**

здобувача вищої освіти **Стрільціва Іллі Олександровича**

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

на тему: **«Розробка системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях з використанням розумних датчиків і технологій IoT».**

**Актуальність.**

Аналіз методів контролю мікроклімату в приміщенні залишається важливим, оскільки з кожним днем зростає необхідність створення комфортних та здорових умов для проживання та роботи. Сучасні технології дозволяють ефективно управляти параметрами мікроклімату, такими як температура, вологість, рівень CO<sub>2</sub> та якість повітря, що є особливо актуальним у контексті підвищення продуктивності праці, покращення здоров'я та загального благополуччя людей. Дана тема набуває ще більшої значущості у зв'язку з підвищеними вимогами до енергоефективності будівель та зростанням усвідомлення важливості екологічних аспектів у проектуванні та експлуатації приміщень.

**Позитивні сторони.**

1. Низька вартість проекту.
2. Низьке споживання електроенергії.
3. Гнучкість налаштування системи контролю за мікрокліматом.

**Недоліки.**

1. Неоптимізований код, при втраті сигналу зі шлюзу, швидко розряджає акумулятор через постійні спроби перепідключення.
  2. У роботі не втілений функціонал CO<sub>2</sub> датчика.
- Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи бакалаврської.

**Висновок:** *кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра заслуговує оцінку «відмінно», а здобувач Стрільців Ілля Олександрович заслуговує присвоєння кваліфікації: «бакалавр з інформаційних систем та технологій».*

Рецензент:

*науковий ступінь, вчене звання*

\_\_\_\_\_

*підпис*

\_\_\_\_\_

*Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ІОТ В ДІЇ: ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ.....	10
1.1 Архітектура IoT: Обговорення компонентів і структур, що складають Інтернет речей. ....	10
1.2 Приклад застосування IoT.....	12
1.3. Технології Інтернету речей .....	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЗА КОНТРОЛЕМ МІКРОКЛІМАТУ .....	20
2.1 Класифікація систем .....	20
2.2 Аналіз комплектуючих та платформ.....	22
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ З КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ .....	53
3.1. Фізична модель побудови системи контролю мікроклімату.....	53
3.2. Програмна частина побудови системи контролю мікроклімату.....	59
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	70
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація) .....	76



## ВСТУП

*Актуальність теми.* В сучасному світі все більше аспектів життя стають цифровими та взаємопов'язаними. Інтернет речей (IoT) виступає однією з найперспективніших технологій, що охоплює всі сфери, й несе в собі безліч можливостей для вдосконалення умов життя та праці людей.

Одним з ключових факторів комфорту є мікроклімат у приміщеннях, який визначається температурою, вологістю, рівнем CO<sub>2</sub> та іншими параметрами, що безпосередньо впливають на здоров'я та самопочуття людини.

При занадто великій або низькій температурі, яка не є комфортною для людини, можливе спричинення різних простудних або вірусних захворювань, через недбале вентилявання, рівень CO<sub>2</sub> та вологість повітря.

Тому, розробка систем моніторингу мікроклімату з використанням розумних датчиків та технологій IoT стає надзвичайно актуальною та важливою задачею.

*Мета роботи* – покращення умов життя в приміщенні та дослідження можливостей побудови системи контролю мікроклімату за допомогою мереж IoT.

Для виконання поставленої задачі нам знадобиться:

1. Проаналізувати діючі системи з контролю мікроклімату;
2. Розробити план побудови архітектури та функціоналу застосунку за контролем пристроїв;
3. Створити та налаштувати модуль контролю мікроклімату, написати для нього програмну частину;
4. Протестувати прототип в дії;

*Об'єкт дослідження* - процес побудови системи контролю мікроклімату.

*Предмет дослідження* – програмно-апаратна архітектура IoT для розгортання системи контролю мікроклімату в приміщенні.

# 1 IoT В ДІЇ: ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

## 1.1 Архітектура IoT: Обговорення компонентів і структур, що складають Інтернет речей.

Інтернет речей (IoT) - це концепція, яка описує мережу фізичних об'єктів, вбудованих з датчиками, програмним забезпеченням та мережевими можливостями, які дозволяють їм збирати та обмінюватися даними з оточенням [1]. Ці об'єкти, які називаються "речами", можуть бути будь-чим, від побутових приладів до промислових машин, транспортних засобів та носимих пристроїв.



Рисунок 1.1 Ілюстрація системи IoT

IoT дозволяє людям та машинам взаємодіяти з навколишнім світом у безпрецедентному масштабі. Завдяки збору та аналізу даних з IoT-пристроїв можна приймати кращі рішення, оптимізувати процеси, підвищувати ефективність та покращувати якість життя [2].

Ось декілька ключових характеристик IoT:

- Взаємозв'язок: IoT-пристрої підключені до Інтернету, що дозволяє їм обмінюватися даними з іншими пристроями та системами [3].

- Збір даних: IoT-пристрої оснащені датчиками, які збирають дані про навколишнє середовище [1].
- Обробка даних: Зібрані дані обробляються та аналізуються для виявлення закономірностей та прийняття рішень [3].
- Автоматизація: IoT-пристрої можуть автоматично виконувати завдання на основі зібраних та оброблених даних [4].
- Відкритість: IoT-платформи та стандарти прагнуть до відкритості та сумісності, що робить IoT доступним для ширшого кола розробників та користувачів.

IoT має широкий спектр потенційних застосувань у різних галузях:

- Інтелектуальні будинки: Управління освітленням, термостатами, побутовою технікою та іншими пристроями в житлових приміщеннях [5].
- Індустрія 4.0: Автоматизація виробничих процесів, моніторинг обладнання, прогнозування поломок.
- Інтелектуальні міста: Оптимізація транспортних потоків, управління енергоспоживанням, моніторинг навколишнього середовища.
- Сільське господарство: Оптимізація зрошення, моніторинг стану посівів, управління поголів'ям худоби.
- Охорона здоров'я: Відстеження стану здоров'я пацієнтів, моніторинг хронічних захворювань, дистанційна медицина.
- Роздрібна торгівля: Персоналізація покупок, оптимізація запасів, аналіз поведінки клієнтів.
- Логістика: Відстеження вантажів, оптимізація маршрутів, контроль ланцюгів постачання.

IoT вже робить значний вплив на наше життя і буде продовжувати розвиватися та трансформувати світ у найближчі роки [6].

## 1.2 Приклад застосування IoT

Інтернет речей (IoT) має безліч потенційних застосувань у різних галузях. Наведу декілька прикладів:

Інтелектуальні будинки:

- Управління освітленням: Вмикання та вимикання світла, регулювання яскравості, автоматизація освітлення залежно від часу доби або присутності людей.

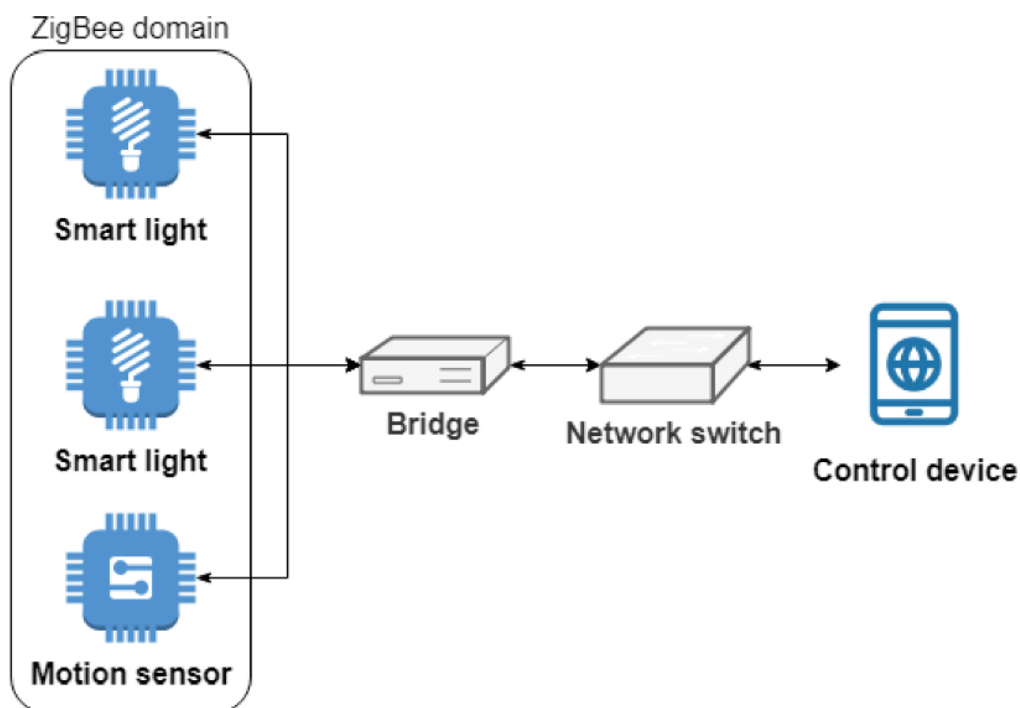


Рисунок 1.2 Приклад системи управління освітленням [7]

- Контроль температури: Регулювання температури в приміщенні за допомогою термостатів, кондиціонерів та обігрівачів.



Рисунок 1.3 Розумний термостат з використанням IoT [8]

- Моніторинг безпеки: Виявлення проникнення, пожежі, витoku газу та інших загроз, надсилання оповіщень користувачам.



Рисунок 1.4 Захист будинку з використанням розумних пристроїв [9]

Ще однією перевагою IoT в побуті є можливість забезпечити енергоефективність. “Розумні” системи освітлення та опалення можуть

автоматично регулювати рівень освітлення та температури, враховуючи присутність людей або оптимальні умови енергозбереження [10].

### 1.3 Технології Інтернету речей

На теперішній день існує достатньо велика кількість новітніх розробок та технологій, які використовує система IoT, і з кожним днем їх стає все дедалі більше. Я звернувся до одного з інтернет джерел для розуміння їхньої сутності [11].

Зв'язок інтернету речей (IoT) використовує низку різноманітних технологій для забезпечення бездротового зв'язку, збирання та обробки даних, а також керування пристроями. Ці технології включають бездротові протоколи, які дозволяють пристроям комунікувати між собою, датчики для вимірювання різних параметрів навколишнього середовища, обчислювальні ресурси для зберігання та обробки даних, а також алгоритми аналізу даних для отримання корисної інформації. Також використовуються методи забезпечення безпеки даних та системи далекого доступу для управління пристроями з віддаленого місця. Всі ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити ефективне функціонування системи IoT у різних сферах застосування [11].

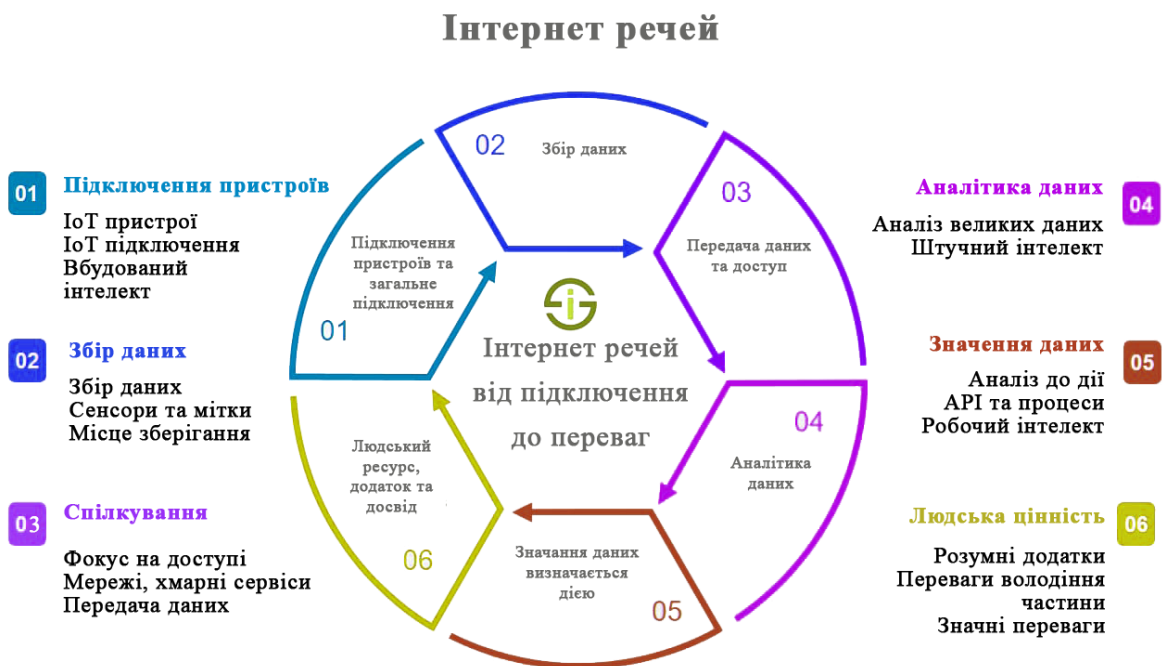


Рисунок 1.5 Ілюстрація можливостей IoT

Докладніше про основні технології, що використовуються в IoT:

1. Бездротові зв'язки: Бездротові технології є основою для забезпечення зв'язку між пристроями IoT та центральними системами. Це включає такі протоколи, як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, LoRa, NB-IoT та Sigfox. Кожен з них має свої переваги та обмеження, які залежать від вимог конкретного застосування, таких як дальність зв'язку, енергоспоживання та пропускна спроможність.
2. Датчики і датчики розпізнавання: Датчики вимірюють фізичні величини, такі як температура, вологість, тиск, рівень освітленості тощо. Вони можуть бути вбудованими безпосередньо у пристрої IoT або підключатися до нього. Датчики розпізнавання, які включають в себе камери, акустичні сенсори та датчики руху, допомагають виявляти події або об'єкти в оточенні.
3. Хмарні та розподілені обчислювальні ресурси: Для зберігання, обробки та аналізу великих обсягів даних, зібраних від пристроїв IoT, використовуються хмарні та розподілені обчислювальні ресурси. Це дозволяє здійснювати аналітику в реальному часі, виконувати прогнозування та виявляти відхилення.
4. Аналітика даних та машинне навчання: Щоб зробити дані інформативними та корисними, використовуються методи аналізу даних, включаючи алгоритми машинного навчання. Це допомагає виявляти зв'язки, прогнозувати події та оптимізувати процеси.
5. Блокчейн технології: У деяких випадках, особливо у сферах, де важлива безпека та невідмовність даних, застосовуються блокчейн технології. Вони дозволяють створювати безпечні, розподілені та невідредаговані журнали подій.
6. RFID (Radio Frequency Identification): RFID технології використовуються для ідентифікації та відстеження об'єктів. Це може бути корисним у логістиці, управлінні запасами та в інших сферах, де необхідно точно відстежувати рух об'єктів.

7. Системи далекого доступу: Для управління пристроями та збору даних з віддалених місць використовуються системи далекого доступу через Інтернет. Це дозволяє операторам взаємодіяти з пристроями та отримувати оновлення, навіть якщо вони знаходяться в іншому місці.
8. Конектори та інтерфейси: Фізичне підключення пристроїв до мережі IoT виконується за допомогою різних типів конекторів та інтерфейсів, таких як USB, Ethernet, HDMI тощо. Вони забезпечують передачу даних та живлення між пристроями та системами.

Ці технології взаємодіють, щоб створити потужні та ефективні системи IoT, які застосовуються у різних сферах, від побутової автоматизації до промислових систем моніторингу.

Ще одна не менш важлива та корисна річ, яка стає все більше доступною – це Штучний інтелект.

Штучний інтелект (ШІ) стрімко інтегрується в Інтернет речей (IoT), перетворюючи його на потужну, автономну та інтелектуальну екосистему. ШІ розширює можливості IoT, роблячи його більш ефективним, корисним та здатним вирішувати складні завдання.

Figure 4: Drivers of IoT growth

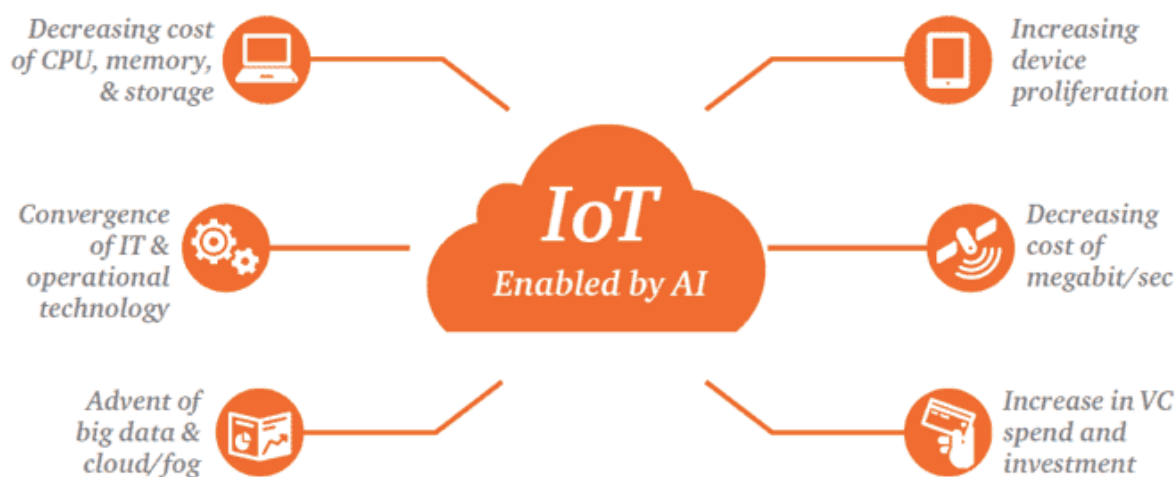


Рисунок 1.6 Ілюстрація можливостей ШІ в IoT



Ключові аспекти, які розкривають глибину впливу ШІ на IoT:

### 1. Збір та аналіз даних:

IoT-пристрої генерують величезні обсяги даних, які часто неструктуровані та складні для аналізу. ШІ пропонує потужні алгоритми машинного навчання, які можуть обробляти ці дані, виявляти закономірності, робити прогнози та отримувати корисні знання [12].

- Аналітика даних в режимі реального часу: ШІ може аналізувати потоки даних з датчиків IoT в режимі реального часу, дозволяючи негайно реагувати на події та зміни в навколишньому середовищі [13].
- Прогнозна аналітика: ШІ може аналізувати історичні дані та поточні тенденції, щоб прогнозувати майбутні події, такі як поломки обладнання, поведінку користувачів або зміни в навколишньому середовищі.
- Персоналізація: Нейронна мережа може аналізувати дані про користувачів та їх поведінку, щоб персоналізувати послуги та рекомендації, пропонуючи більш зручний та приємний досвід [14].

### 2. Автоматизація та оптимізація:

ШІ може автоматизувати рутинні та повторювані завдання, звільняючи людські ресурси для більш складних та творчих завдань [15]. Це веде до підвищення продуктивності, економії часу та ресурсів.

- Автоматизація процесів: автоматизування ланцюжків завдань в IoT-системах, оптимізуючи робочі процеси та покращуючи загальну ефективність.
- Розумні системи: керування IoT-системами, самостійно приймаючи рішення на основі даних та аналітики, роблячи їх більш автономними та інтелектуальними.
- Оптимізація ресурсів: оптимізація використання ресурсів, таких як енергія, вода та матеріали, в IoT-системах, роблячи їх більш екологічними та економічно вигідними.

### 3. Покращена кібербезпека:

ШІ може значно підвищити рівень кібербезпеки IoT-систем, роблячи їх більш стійкими до кібератак та шахрайства.

- Виявлення аномалій: аналізувати поведінку IoT-пристроїв та виявляти аномальні дії, які можуть бути ознаками кібератаки [16].
- Прогнозування загроз: ШІ може аналізувати дані про кіберзагрози та вчитися на них, прогнозуючи майбутні атаки та вживаючи превентивних заходів.
- Захист даних: Нейронна мережа може використовуватися для шифрування даних, аутентифікації користувачів та контролю доступу, захищаючи конфіденційну інформацію в IoT-системах.

### 4. Розширення можливостей IoT:

Нейронна мережа розширює можливості IoT, додаючи нові функції та послуги, які раніше були неможливі.

- Розширене розуміння: ШІ може наділяти IoT-системи більш глибоким розумінням навколишнього середовища та контексту, дозволяючи їм приймати більш розумні рішення [17].
- Навчання та адаптація: ШІ може дозволяти IoT-системам навчатися на власному досвіді та адаптуватися до нових умов, роблячи їх більш гнучкими та стійкими.
- Інтерактивність: ШІ може зробити IoT-системи більш інтерактивними та природними у взаємодії з людьми, використовуючи такі технології, як обробка природної мови та розпізнавання

Висновок: Інтернет речей (IoT) - шлях до інтелектуального майбутнього

Інтернет речей (IoT) - це швидко зростаюча технологія, яка має потенціал революціонізувати майже всі сфери нашого життя [10]. Завдяки здатності збирати, передавати та аналізувати дані з фізичного світу, IoT створює можливості для підвищення ефективності, покращення якості обслуговування, оптимізації ресурсів та розробки інноваційних продуктів та послуг [18].

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) в IoT ще більше посилює його вплив. ШІ дозволяє IoT-системам аналізувати дані в режимі реального часу, робити прогнози,

автоматизувати завдання та приймати самостійні рішення [2]. Це робить IoT більш потужним, автономним та інтелектуальним, відкриваючи двері для нових рішень у сфері розумних будинків, міст, виробництва, сільського господарства та охорони здоров'я.

Однак розвиток IoT не позбавлений проблем [2]. Кібербезпека, стандартизація та конфіденційність даних є серйозними питаннями, які потребують уваги. Тим не менш, потенціал IoT для покращення нашого життя та роботи занадто великий, щоб його ігнорувати.

В майбутньому ми можемо очікувати на зростання ролі IoT у всіх сферах нашого життя. Інтелектуальні пристрої стануть ще більш поширеними, а інтеграція ШІ дозволить їм стати більш корисними та інтуїтивно зрозумілими. IoT зіграє вирішальну роль у створенні більш ефективних, комфортних та інтелектуальних міст, будинків та робочих місць.

Отже, Інтернет речей - це не просто технологія, а шлях до інтелектуального майбутнього. Завдяки постійним інноваціям та інвестиціям, IoT має потенціал змінити світ на краще.

## 2 АНАЛІЗ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЗА КОНТРОЛЕМ МІКРОКЛІМАТУ

### 2.1 Класифікація систем

В сучасному світі існує велика кількість платформ за контролем клімату в приміщенні. Вони відрізняються між собою як функціонально так і за типом системи (ручна та автоматична).

До ручних систем відносяться готові пристрої, які регулюються вручну та не мають дистанційного керування. Прикладом може бути звичайний термостат показаний на рисунку нижче:



Рисунок 2.1 Цифровий термостат з таймером KT3100

Перевага цих пристроїв в простоті та доступності, яке не потребує додаткового обладнання. З недоліків це відсутність віддаленого керування та обмежені можливості.

Щоб отримати можливість використовувати повний функціонал термостату, необхідно придбати пристрій з Wi-Fi модулем, за допомогою якого відкриється можливість програмування та віддаленого керування нашим кліматом.

В якості прикладу, на рисунку нижче зображений термостат з таким функціоналом:



Рисунок 2.2 Бездротовий Wi-Fi терморегулятор 4HEAT WT-20

Серед плюсів цього пристрою є зручність та дистанційне керування. Пристрій обладнаний Wi-Fi модулем та мобільний додатком, в якому присутні можливості програмування на різний сезон пори року, часу та інше.

Із мінусів, схожі девайси мають здебільшого більший ціник ніж аналоги згадані вище та залежність від постійного з'єднання з Інтернетом.

## 2.2 Аналіз комплектуючих та платформ

В нашому випадку, щоб створити власний продукт, нас цікавить окремі датчики та доступна “відкрита” платформа, через яку можливе керування пристроями. Продивляючись різні варіанти, я наткнувся на одне інтернет джерело, яке порекомендувало один з сенсорів [19]:

DS18B20 – датчик температури розроблений компанією Dallas Semiconductor, який являє собою електронний пристрій, що дозволяє проводити виміри з подальшою передачею сигналу. Даний прилад має такі відмінні риси:

- Висока точність: DS18B20 забезпечує точність вимірювання температури до  $0,5^{\circ}\text{C}$ , що робить його одним з найточніших датчиків на ринку.
- Широкий діапазон вимірювань: Датчик може вимірювати температуру в діапазоні від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , що робить його придатним для широкого спектру застосувань.
- Програмовані границі: Користувач може встановити допустимі межі температури, при яких датчик буде генерувати сигнал тривоги.
- Інтерфейс 1-Wire: Швидке та просте підключення до мікроконтролерів та інших пристроїв.
- Підтримка GPS: Дані про температуру можуть передаватися за допомогою GPS-зв'язку, що робить датчик корисним для досліджень в польових умовах.
- Живлення від шини даних: Не потребує додаткового джерела живлення, що спрощує його використання.
- Захист від екстремальних умов: Оболонка кабелю виконана з тугоплавкого ПВХ, що робить датчик стійким до суворих умов навколишнього середовища.
- Унікальний код: Кожен датчик має 64-розрядний код, що дозволяє підключати декілька пристроїв до одного каналу зв'язку без конфліктів [19].

Переваги використання DS18B20:

- Точні та надійні дані: Висока точність та широкий діапазон вимірювань DS18B20 гарантують отримання точних та надійних даних про температуру.

- Гнучкість: Програмовані границі та інтерфейс 1-Wire роблять датчик гнучким та зручним для використання в різних проектах.
- Зручність використання: Живлення від шини даних та захист від екстремальних умов роблять датчик простим у використанні та стійким до пошкоджень.
- Універсальність: DS18B20 може використовуватися в широкому спектрі застосувань, включаючи моніторинг навколишнього середовища, дослідження в галузі охорони здоров'я, промислові випробування та системи розумної будівлі [19].

#### Застосування DS18B20:

- Моніторинг навколишнього середовища: DS18B20 широко використовується для моніторингу температури в теплицях, системах опалення та кондиціонування, холодильних камерах та інших середовищах, де важливий контроль температурного режиму.
- Дослідження в галузі охорони здоров'я: Датчики DS18B20 застосовуються для вимірювання температури тіла пацієнтів, дослідження терморегуляції організму та контролю за умовами зберігання медикаментів та вакцин.
- Промислові випробування: У промисловості DS18B20 використовуються для контролю температурних режимів у технологічних процесах, моніторингу роботи обладнання та забезпечення безпеки виробництва.
- Системи розумної будівлі: Датчики DS18B20 інтегруються в системи розумного дому для автоматичного регулювання температури, економії енергії та створення комфортного мікроклімату в приміщенні [19].



Рисунок 2.3 Датчик температури DS18B20 герметичний з дротом

### PIN DESCRIPTION DIAGRAM

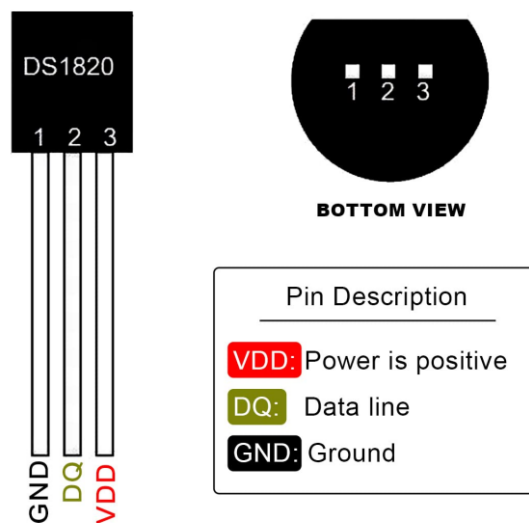


Рисунок 2.4 Призначення контактів

Другим датчиком який нам необхідно буде використовувати є Si7021-A20.

Він розроблений компанією Silicon Labs та є датчиком вологості та температури з інтерфейсом I2C, виконаним у вигляді монолітної CMOS інтегральної схеми (IC). Він інтегрує в собі елементи датчиків вологості та



температури, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), схеми обробки сигналу, калібрувальні дані та інтерфейс I2C.

Характеристика з офіційної документації [20]:

Калібрування та взаємозамінність

Датчики вологості та температури відкалібровані на заводі, а калібрувальні дані зберігаються у вбудованій енергонезалежній пам'яті. Це гарантує повну взаємозамінність датчиків без необхідності повторного калібрування або внесення змін до програмного забезпечення.

Корпус та сумісність

Si7021 поставляється в корпусі DFN розміром 3x3 мм і підходить для пайки методом оплавлення. Він може використовуватися як апаратне та програмне сумісне рішення для оновлення існуючих датчиків відносної вологості (RH) та температури в корпусах DFN-6 розміром 3x3 мм. Він забезпечує більш точні вимірювання в ширшому діапазоні та менше споживання енергії. Додаткова кришка, що встановлюється на заводі, пропонує низький профіль та зручний спосіб захисту датчика під час складання (наприклад, паяння оплавленням) та протягом усього терміну служби виробу, за винятком рідин (гідрофобний/олеофобний) та часток.

Застосування

Si7021 пропонує точне, низькопотужне рішення з заводським калібруванням, ідеально підходяще для вимірювання вологості та температури в різних застосуваннях, починаючи від систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC/R) та відстеження активів до промислових та побутових платформ.

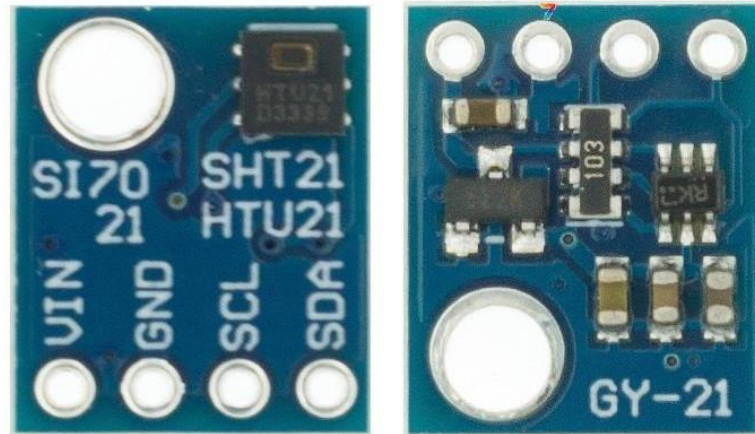


Рисунок 2.5 Датчик температури і вологості SI7021

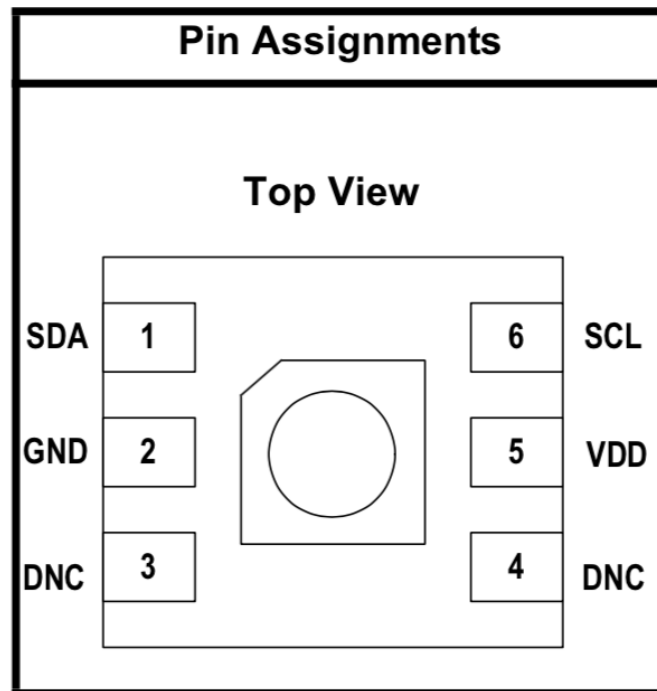


Рисунок 2.6 Призначення контактів

В якості мікроконтролера використаємо чіп ATMEGA328P-A. це 8-бітний мікроконтролер AVR, розроблений компанією Microchip Technology. Він є популярним вибором для створення та втілення своїх ідей завдяки своїй доступності, простоті використання та широкому набору функцій.

Основні характеристики ATmega328P-AU з офіційної документації [21]:

- Процесор: 8-бітний RISC ядро AVR.

- Пам'ять:
  - 1) 32 КБ Flash-пам'ять (з можливістю багаторазового запису).
  - 2) 2.5 КБ оперативної пам'яті (SRAM).
  - 3) 1 КБ EEPROM пам'яті (з можливістю багаторазового запису).
- Тактова частота: 16 МГц (з можливістю внутрішнього тактування).
- АЦП (аналого-цифровий перетворювач): 10-бітний з 6 каналами.
- Введення/Виведення: 16 ліній загального призначення (GPIO).
- ШІМ (широотно-імпульсна модуляція): 6 каналів.
- Інтерфейси:
  - 4) SPI (послідовний периферійний інтерфейс).
  - 5) I2C (двопровідний шинний інтерфейс).
  - 6) UART (універсальний асинхронний приймач-передавач).
- Енергоспоживання: Мале.
- Корпус: DIP-28 або TQFP-32 (залежно від виробника).

#### Чому саме ATmega328P-AU?

Ось декілька причин, чому ATmega328P-AU є популярним вибором для електронних проектів, як пише одне з інтернет видань [22]:

- Доступність: Це відносно дешевий мікроконтролер, що робить його ідеальним для навчання та прототипування.
- Простота використання: Існує безліч навчальних матеріалів, бібліотек та інструментів для роботи з ATmega328P-AU, що полегшує процес розробки.
- Вбудовані функції: Мікроконтролер має набір вбудованих функцій, таких як АЦП, ШІМ, SPI, I2C та UART, що дозволяє підключати різноманітні датчики та компоненти.

## ATmega48/88/168/328 TQFP pinout

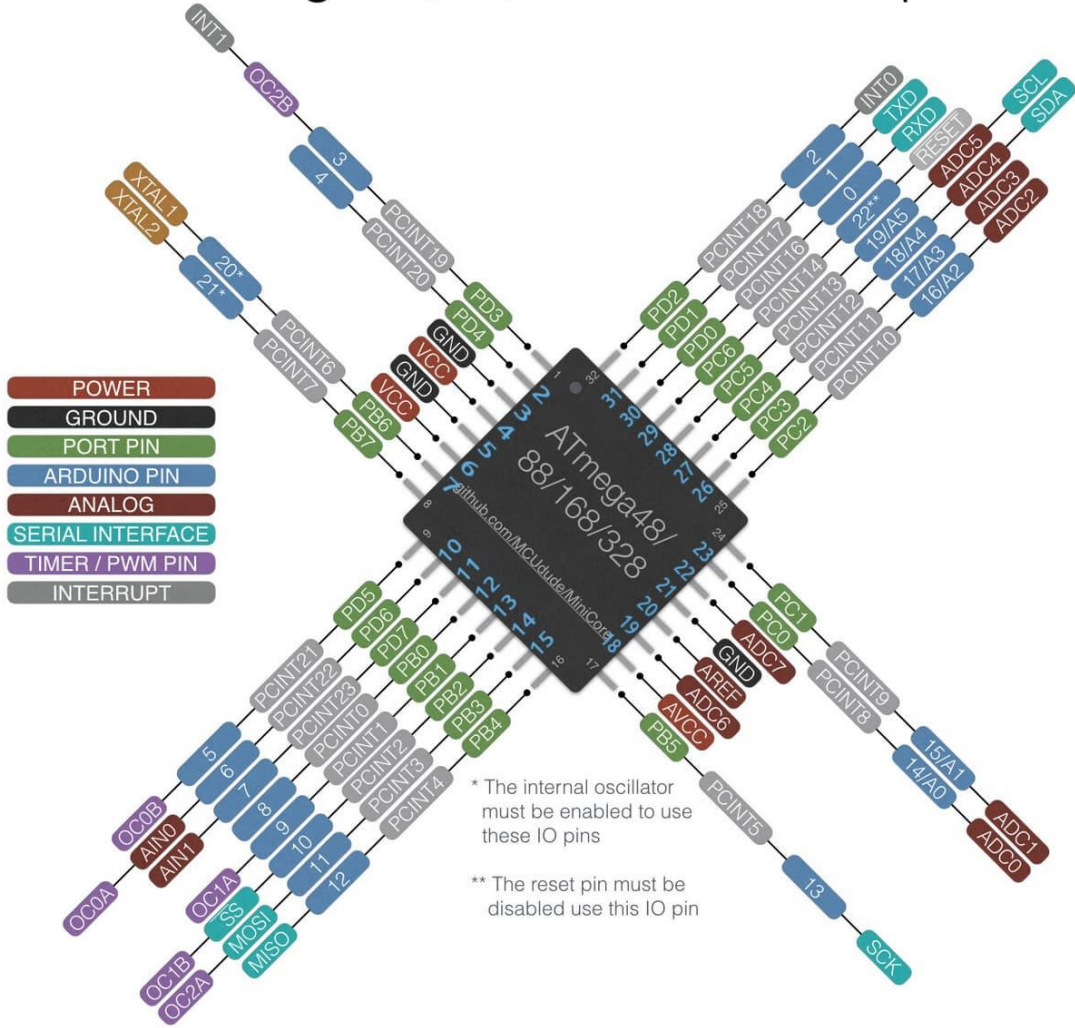


Рисунок 2.7 Зображення контролера та його призначення контактів

### Платформи для підключення датчиків IoT

На сьогоднішній день існує чимало сервісів до яких можливе під’єднання розумних пристроїв та сенсорів. Вони необхідні аби збирати, обробляти та надсилати дані які ми отримуємо.

Ось деякі з найпопулярніших платформ IoT за думкою Електронного джерела[23]:

#### 1. Amazon Web Services (AWS) IoT Core:

- Переваги: Масштабованість, безпека, широкий спектр послуг, інтеграція з іншими AWS-сервісами.
- Недоліки: Складність налаштування, висока вартість для деяких проектів.

## 2. Microsoft Azure IoT Hub:

- Переваги: Масштабованість, безпека, інтеграція з іншими Azure-сервісами, підтримка MQTT.
- Недоліки: Може бути складним для початківців.

## 3. Google Cloud IoT Core:

- Переваги: Масштабованість, безпека, інтеграція з іншими Google Cloud-сервісами, підтримка MQTT.
- Недоліки: Може бути складним для початківців.

## 4. ThingWorx:

- Переваги: Простота використання, широкий спектр функцій, підтримка різних протоколів зв'язку.
- Недоліки: Може бути дорогим для деяких проектів.

## 5. Каа:

- Переваги: Відкритий код, гнучкість, підтримка різних протоколів зв'язку.
- Недоліки: Може потребувати більше технічних знань для налаштування.

## 6. Losant:

- Переваги: Простота використання, візуальний інтерфейс програмування, підтримка різних протоколів зв'язку.
- Недоліки: Може бути обмеженим для складних проектів.

## 7. Xively:

- Переваги: Простота використання, візуальний інтерфейс програмування, підтримка MQTT.
- Недоліки: Може бути дорогим для деяких проектів.

## 8. Particle:

- Переваги: Простота використання, доступні ціни, підтримка різних платформ розробки.
- Недоліки: Може бути обмеженим для складних проектів.

Вибір платформи:

При виборі платформи IoT важливо враховувати такі фактори:

- Масштаб проекту: Деякі платформи краще підходять для великих проектів, а інші - для маленьких.
- Бюджет: Деякі платформи є безкоштовними, а інші - платними.
- Функціональність: Деякі платформи пропонують ширший спектр функцій, ніж інші.
- Протоколи зв'язку: Необхідно переконатися, що платформа підтримує протоколи зв'язку, які ми будемо використовувати.

Оскільки ми робимо прототип з обмеженим бюджетом, я вирішив проаналізувати ряд сервісів, та дійти висновку, що треба обрати безкоштовне рішення в якому будуть усі необхідні для нас функції та можливості.

Domoticz - це безкоштовна платформа з відкритим кодом для автоматизації розумного будинку, яка підтримує широкий спектр датчиків IoT. Вона має зручний веб-інтерфейс, який дозволяє легко налаштовувати та моніторити наші датчики. Domoticz також підтримує широкий спектр протоколів зв'язку, що робить її сумісною з багатьма різними сенсорами.

Переваги Domoticz:

- Безкоштовна та з відкритим кодом.
- Зручний веб-інтерфейс.
- Широкий спектр підтримуваних датчиків.
- Підтримка багатьох протоколів зв'язку.

Недоліки Domoticz:

- Потребує сервера для запуску.
- Не така гнучка, як деякі платформи з платним доступом [24].

Плюси перебивають недоліки, оскільки в якості серверу в нас буде задіяний фізичний HP Proliant GEN9, про який буде написано згодом, а гнучкості для початково проекту нам вистачить.

Зразок інтерфейсу моніторингу за температурою наведений нижче:

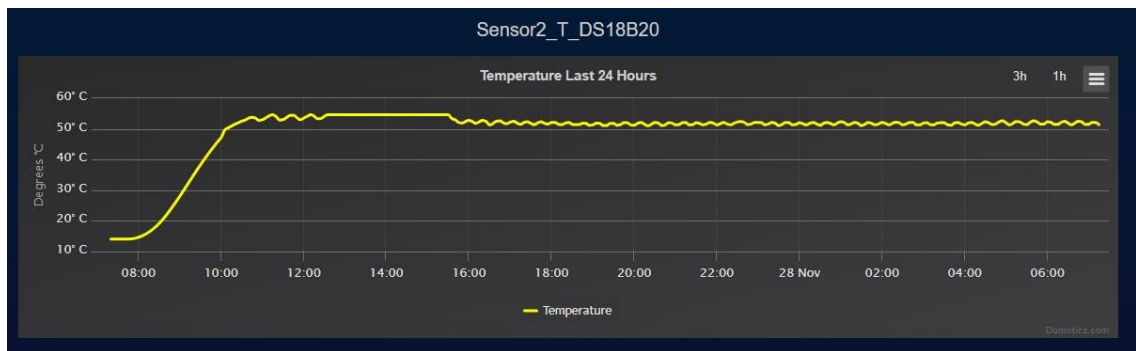


Рисунок 2.8 Інтерфейс платформи Domotiz

Як було вказано раніше, для запуску та функціонування платформи Domotiz необхідно постійно запущений сервер або комп'ютер.

В нашому випадку є вибір між одноплатним мінікомп'ютером серії Raspberry Pi або її аналог, та повноцінним високопродуктивним сервер типу "rack-mount" (монтується в стійку).

Raspberry Pi: Історія, творці та вплив

Raspberry Pi - це серія одноплатних комп'ютерів (SBC), що розробляються Raspberry Pi Foundation, британською некомерційною організацією, заснованою в 2009 році. Їхньою метою було створення доступного комп'ютера, який міг би стимулювати вивчення комп'ютерних наук та програмування, особливо серед дітей [25].

Перший Raspberry Pi був випущений в лютому 2012 року і мав процесор Broadcom BCM2835, 512 МБ оперативної пам'яті та відеовихід HDMI. Його ціна становила \$35, що робило його значно доступнішим, ніж звичайні персональні комп'ютери [26].

Raspberry Pi швидко здобув популярність завдяки своїй гнучкості та низькій ціні. Його використовували для різних цілей, включаючи:

- Навчання програмування: Raspberry Pi став популярною платформою для навчання програмування мовами Python, Scratch та іншими.
- Робототехніка: Завдяки можливості підключення датчиків та моторів, Raspberry Pi можна використовувати для створення роботів [27].

- Інтернет речей (IoT): Raspberry Pi може слугувати основою для створення IoT-пристроїв, які збирають дані з навколишнього середовища та керують іншими пристроями [1].
- Медіацентр: Raspberry Pi можна перетворити на медіацентр для потокового відео та музики.
- Емуляція ретро-ігор: Емуляція ретро-ігор - популярне застосування Raspberry Pi, яке дозволяє грати в класичні відеоігри.

З часом Raspberry Pi Foundation випустила декілька нових моделей з більш потужними процесорами, більшою оперативною пам'яттю та покращеними можливостями підключення [28]. Останні моделі Raspberry Pi 4 Model B та Raspberry Pi 400 пропонують чотири ядра ARM Cortex-A72, 2 ГБ або 4 ГБ оперативної пам'яті та підтримку Gigabit Ethernet.

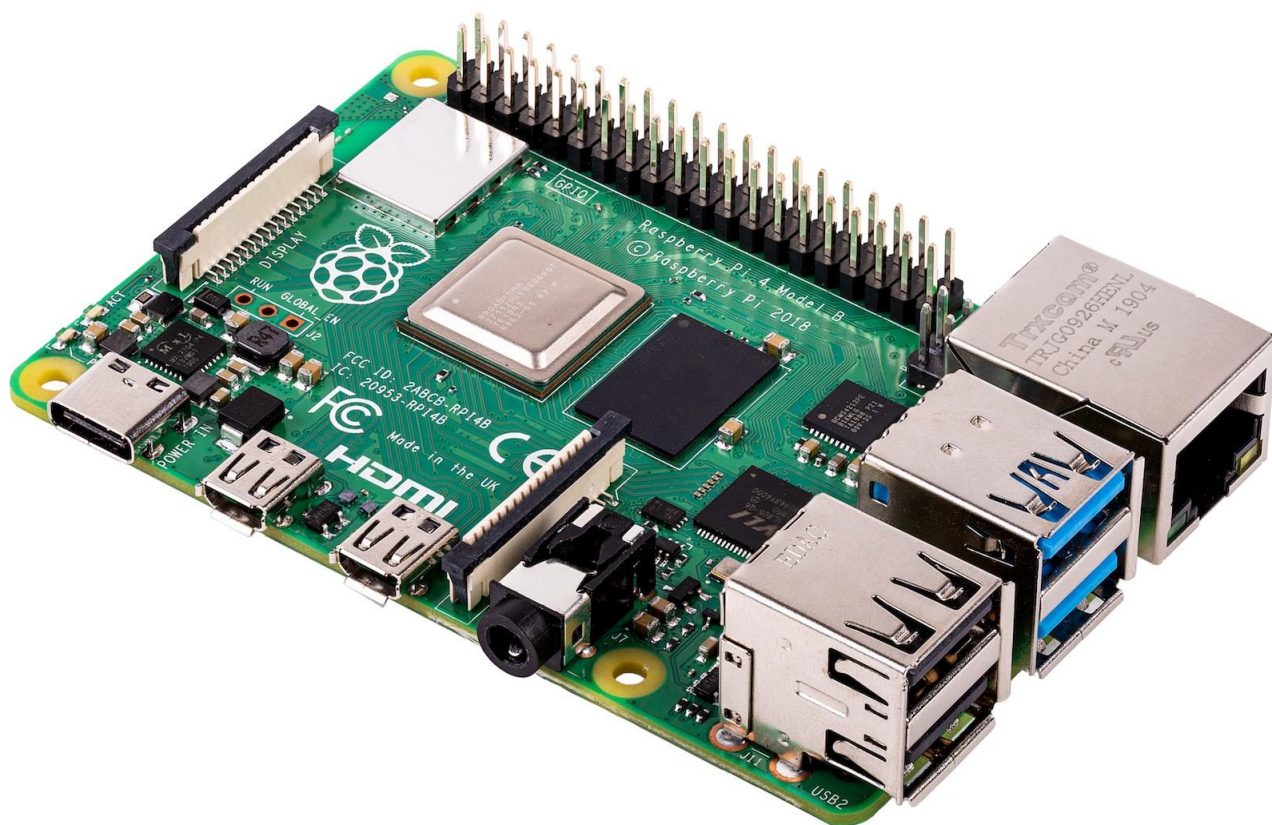


Рисунок 2.9 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi мав значний вплив на світ технологій. Він зробив програмування більш доступним для людей всіх віків та рівнів досвіду, сприяючи розвитку



інтересу до електроніки та DIY-проектів. Raspberry Pi також зіграв важливу роль у становленні Інтернету речей (IoT), забезпечивши доступну та потужну платформу для створення IoT-пристроїв [29].

Ключові розробники та інженери, які зробили значний внесок у Raspberry Pi:

- Ебен Оксфорд: Співзасновник Raspberry Pi Foundation та головний архітектор Raspberry Pi.
- Девід Бейкер: Співзасновник Raspberry Pi Foundation та генеральний директор Raspberry Pi Trading.
- Гордон Хоурт: Співзасновник Raspberry Pi Foundation та директор Raspberry Pi Trading.
- Саймон Ховард: Головний інженер Raspberry Pi.
- Еллен Вілкс: Голова ради директорів Raspberry Pi Foundation.

Raspberry Pi - це не просто комп'ютер, а й рух, який стимулює інновації та креативність. Завдяки своїй доступності та гнучкості Raspberry Pi став потужним інструментом для людей, які хочуть навчитися, творити та змінювати світ.

В моєму випадку, використовується високопотужний сервер HP Proliant D1360 Gen9. Він представлений у 2014 році, є сервером типу "rack-mount" дев'ятого покоління від Hewlett Packard Enterprise (HPE), який здобув популярність завдяки своїй надійності, масштабованості та гнучкості. В його арсеналі присутня потужна платформа для широкого спектра бізнес-задач, включаючи віртуалізацію, хмарні обчислення, бази даних, високопродуктивні обчислення та зберігання файлів.



Рисунок 2.10 Сервер HP ProLiant DL360 Gen9

Детальні ключові характеристики з офіційної документації [30]:

### 1. Процесори та продуктивність:

- Підтримка двох процесорів Intel Xeon E5-2600 v3 або v4: Ці процесори пропонують до 22 ядер та 44 потоки, забезпечуючи високу продуктивність для вимогливих робочих навантажень [31].
- Широкий спектр конфігурацій: Є варіанти з 4, 8, 16, 22 або 24 ядрами, щоб налаштувати DL360 Gen9 відповідно до наших потреб.
- Turbo Boost Technology 2.0: Ця технологія дозволяє процесорам динамічно підвищувати тактову частоту під час пікових навантажень, забезпечуючи додаткову потужність, коли це необхідно.

### 2. Пам'ять та пропускна здатність:

- Підтримка DDR4 пам'яті: DL360 Gen9 використовує DDR4 пам'ять, яка пропонує значно більшу пропускну здатність, ніж DDR3, роблячи його більш ефективним для обробки даних.
- Максимальний об'єм пам'яті до 3.072 ГБ: Сервер пропонує встановити до 12 модулів DIMM по 256 ГБ кожен, щоб отримати максимальну продуктивність.
- Підтримка ECC пам'яті: ECC пам'ять забезпечує виявлення та виправлення помилок, що робить DL360 Gen9 більш надійним для критично важливих додатків [32].

### 3. Зберігання даних та гнучкість:

- Різноманітні варіанти зберігання: DL360 Gen9 пропонує широкий спектр варіантів зберігання, включаючи диски SATA, SAS та NVMe, які дозволяють налаштувати сховище під наші потреби [33].
- Підтримка RAID: RAID-масиви забезпечують захист даних від відмов дисків та покращують продуктивність.

#### 4. Можливості вводу/виводу та підключення:

- Слоти PCIe: DL360 Gen9 має декілька слотів PCIe для встановлення додаткових мережевих карт, контролерів зберігання та інших компонентів, що робить його гнучким для різних конфігурацій [33].
- Інші порти: DL360 Gen9 також має USB-порти, порти Gigabit Ethernet та VGA-порт для підключення до монітора [33].

#### 5. Управління та моніторинг:

- HPE Integrated Lights-Out (iLO): iLO - це інструмент для віддаленого моніторингу та керування сервером, який дозволяє вам включати та вимикати сервер, переглядати стан системи, оновлювати прошивку та багато іншого [34].
- Інші інструменти управління: HPE також пропонує інші інструменти управління, такі як HPE OneView та HPE Insight Management, які дозволяють централізовано керувати кількома серверами.

#### 6. Надійність та доступність:

- Redundant power supplies: DL360 Gen9 має два резервні джерела живлення, що забезпечує безперебійну роботу у випадку відмови одного з них.
- Hot-swappable components: Багато компонентів DL360 Gen9, таких як диски та модулі пам'яті, можна замінювати без вимикання сервера, що мінімізує простої та забезпечує високу доступність.
- HPE Proactive Support: HPE Proactive Support пропонує цілодобову підтримку та проактивне моніторинг сервера, щоб запобігти проблемам та мінімізувати ризик простоїв.

Хто створив HP ProLiant DL360 Gen9?

На відміну від Raspberry Pi, розробленого конкретною організацією (Raspberry Pi Foundation), HP ProLiant DL360 Gen9 є продуктом великої корпорації - Hewlett Packard Enterprise (HPE). HPE - це транснаціональна компанія, що займається інформаційними технологіями, створена в 2015 році шляхом розділення Hewlett-Packard Company на дві окремі компанії [35]. Hewlett-Packard Company була заснована в 1939 році Вільямом (Біллом) Х'юлеттом і Девідом Паккардом [36].

Отже, хоча конкретних інженерів чи розробників HP ProLiant DL360 Gen9 назвати складно, за його створенням стоїть команда інженерів та фахівців Hewlett Packard Enterprise.

### Вплив HP ProLiant DL360 Gen9

HP ProLiant DL360 Gen9 - це надійний і універсальний сервер, який справив значний вплив на корпоративний світ. Він забезпечив потужну та масштабовану платформу для широкого спектра бізнес-задач, сприяючи:

- Віртуалізації: DL360 Gen9 дозволив багатьом компаніям консолідувати декілька серверів на одному фізичному комп'ютері, що знизило витрати на обладнання та електроенергію.
- Розвитку хмарних обчислень: DL360 Gen9 міг бути основою для хмарної інфраструктури, що дозволило компаніям пропонувати IT-сервіси за потребою та підвищити гнучкість.
- Зростанню продуктивності бізнесу: Завдяки своїй потужності DL360 Gen9 дозволив підприємствам обробляти дані швидше та ефективніше, що сприяло загальному зростанню продуктивності.
- Вдосконаленому управлінню даними: DL360 Gen9 надійно зберігав критично важливі бізнес-дані та забезпечував їх доступність, що дозволило компаніям приймати більш обґрунтовані рішення.

Підводячи підсумки, HP ProLiant DL360 Gen9 - це надійний та масштабований сервер, розроблений командою інженерів Hewlett Packard Enterprise. Він справив значний вплив на корпоративний світ, забезпечивши потужну платформу для віртуалізації, хмарних обчислень, баз даних та інших критично важливих бізнес-задач.

## Wi-Fi шлюз

Для реалізації цього проекту потрібно мати Wi-Fi шлюз, який прийматиме сигнал наших сенсорів, і відповідно відправлятиме їх на сервер де встановлено ПЗ Domoticz. Сам пристрій буде складатися з мікросхеми, приймача та Wi-Fi мікроконтролера ESP8266. Докладніше про кожний з них:

ESP8266: Поглиблений погляд на Wi-Fi мікроконтролер для IoT

ESP8266 - це недорогий модуль Wi-Fi мікроконтролера, розроблений компанією Espressif Systems, який справив революцію в сфері розробки проектів Інтернету речей (IoT). Його програмування можливе за допомогою відповідних бібліотек в Arduino IDE. Для побудови шлюза, цей пристрій буде необхідним компонентом який відправлятиме показання до фізичного сервера через його Wi-Fi модуль.

Архітектура та технічні характеристики

ESP8266(Рис.2.11.) базується на 32-бітному мікроконтролері Tensilica Diamond Standard L106 з тактовою частотою 80 МГц (можливий розгін до 160 МГц) [37]. Він має вбудований Wi-Fi приймач/передавач стандарту 802.11 b/g/n, що дозволяє підключатися до бездротових мереж [38]. Інтегрований TCP/IP стек забезпечує з'єднання з Інтернетом та іншими мережевими пристроями.

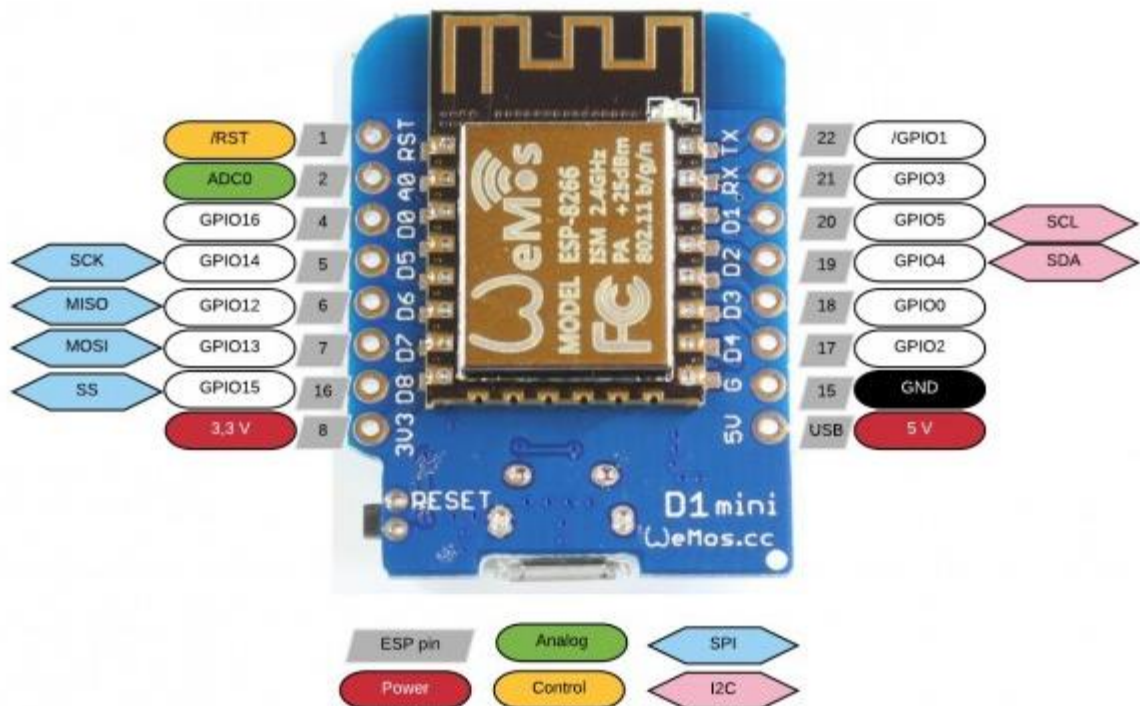


Рисунок 2.11 ESP8266 та піни мікроконтролера

Ось ключові технічні характеристики ESP8266 взяті з офіційної документації [39]:

- Процесор: Tensilica Diamond Standard L106 (32-бітний) на 80 МГц (з можливістю розгону).
- Пам'ять:
  - 1) 32 КБ Flash-пам'ять.
  - 2) 80 КБ оперативної пам'яті (SRAM).
- Безпроводний зв'язок: Wi-Fi 802.11 b/g/n.
- Мережеві протоколи: TCP/IP, UDP, IP.
- Введення/Виведення (GPIO): 16 багатофункціональних цифрових виводів.
- Аналого-цифровий перетворювач (ADC): 10-бітний.
- Інтерфейси: SPI, I2C, UART.

- Споживання енергії: Мале споживання енергії, ідеально підходить для проектів на батарейному живленні.
- Форм-фактори: DIP, ESP-01, NodeMCU та ін.
- Чому ми обирали ESP8266?
- Доступність: Це один з найдешевших Wi-Fi мікроконтролерів на ринку, що робить його ідеальним для нашої системи [37].
- Простота використання: Безліч навчальних матеріалів, бібліотек та інструментів для Arduino IDE та інших платформ розробки полегшують процес роботи з ESP8266 [38].
- Вбудований Wi-Fi: Відсутня потреба в додаткових компонентах для підключення до Інтернету [38].
- Вбудований TCP/IP стек: Спрощує спілкування з Інтернетом та іншими мережевими пристроями.
- Гнучкість: Кількість GPIO та інтерфейсів дозволяє підключати різноманітні датчики, актуатори та інші компоненти.

Для зв'язку між мікроконтролерами потрібен наступний модуль, NRF24L01(Рис.2.12.). Це невеликий інтегрований пристрій, який працює в діапазоні частот 2,4 ГГц (вільному для промислового, наукового та медичного використання - ISM-band). Він використовує пакетну передачу даних з технологією Enhanced ShockBurst™ (GFSK) для забезпечення надійного зв'язку в умовах завантаження ефіру.

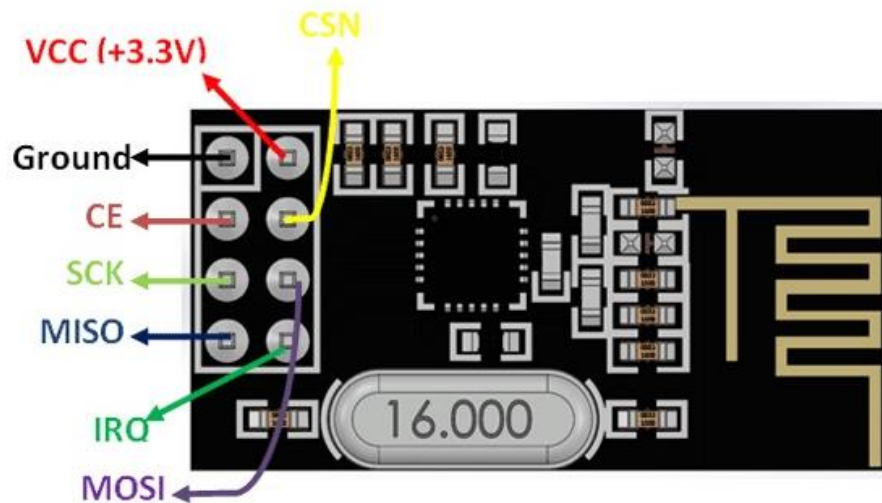


Рисунок 2.12 Радіомодуль NRF24L01 та пояснення його контактів

Ось ключові технічні характеристики NRF24L01 з офіційної документації [40]:

- Робоча частота: 2,4 ГГц (ISM-band).
- Швидкість передачі даних: До 2 Mbps.
- Дальність зв'язку: До 100 метрів (залежно від умов середовища та антен).
- Модуляція: Enhanced ShockBurst™ (GFSK).
- Інтерфейс: SPI.
- Споживання енергії: Дуже низьке, підходить для проектів на батарейному живленні.
- Безпека: 64-бітний адрес та 128-бітове шифрування AES для захисту даних.
- Кількість каналів: 126 каналів зв'язку.
- Напруга живлення: 3.3 В.

Разом з ESP8266 вони утворюють бездротовий дует: радіомодуль приймає сигнали від датчиків, на яких встановлено такий самий модуль, і надсилає до ESP8266, а контролер в свою чергу надсилає їх на сервер HP, що дає змогу візуалізувати показання пристроїв.

Під час випробувань, сигнал який працює на 2.4 ГГц працює швидше та енергоефективніше ніж на інших частотах, таких як 433 ГГц або 868 ГГц., але є й суттєвий мінус: його дальність набагато менша через меншу довжину хвилі та перешкоди, які трапляються на його шляху. Плата яку було спільно розроблено з



керівництвом практики, підтримує взаємозаміняєму основу для двох радіомодулів: NRF24L01 для 2.4 ГГц та RFM69 для 433, 868 та 915 ГГц.

RFM69 - це інтегрований трансивер малої потужності, який працює у безліцензійних діапазонах ISM (Industrial, Scientific, and Medical).

Ключові характеристики RFM69 з офіційної документації [41]:

- Діапазони частот: Зазвичай доступний в діапазонах 433 МГц, 868 МГц та 915 МГц. Кожен діапазон має свої переваги щодо проникнення сигналу та регуляторних обмежень.
- Дальність дії: Залежить від обраного діапазону частот, потужності передачі та умов середовища, але типово становить від десятків до сотень метрів.
- Низьке споживання енергії: RFM69 оптимізований для низького споживання енергії, що робить його ідеальним для батарейно-живлених пристроїв.
- Packet Engine: Має вбудований пакетний движок для обробки даних та управління кадрами, що спрощує розробку.
- Багатоканальність: Підтримує до 256 каналів зв'язку, що дозволяє декільком мережам RFM69 співіснувати без перешкод.
- SPI інтерфейс: Використовує SPI інтерфейс для з'єднання з мікроконтролером.
- Програмована потужність передачі: Потужність передачі можна регулювати програмно, що дозволяє балансувати між дальністю дії та споживанням енергії.
- Безпека: Підтримує 128-бітове AES шифрування для захисту переданих даних.

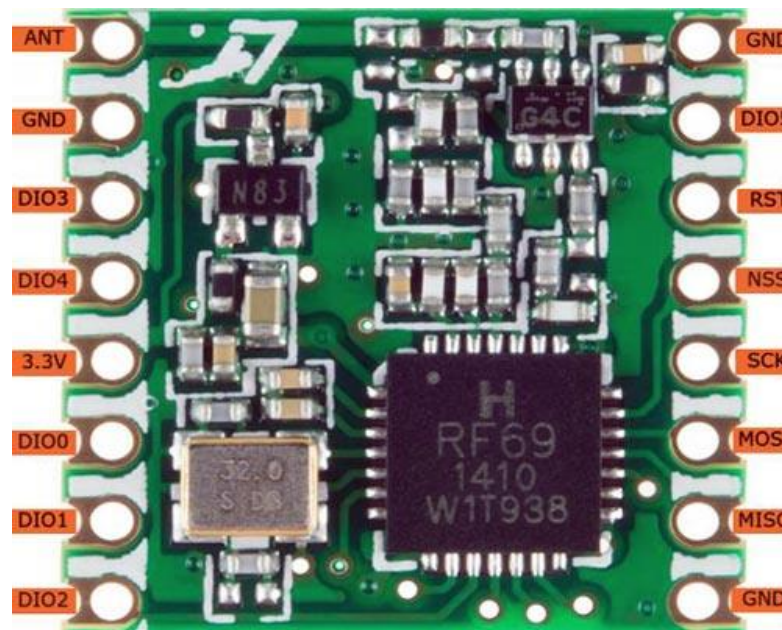


Рисунок 2.13 RFM69HCW та його призначення контактів

Застосування RFM69:

RFM69 використовується в різноманітних IoT-проектах, де потрібна надійна та енергоефективна бездротова передача даних на короткі та середні дистанції.

Приклади використання:

- Збір даних від датчиків: RFM69 може передавати дані з датчиків температури, вологості, руху тощо на центральний вузол для моніторингу та аналізу.
- Системи керування освітленням: сенсор може використовуватися для бездротового керування розумним освітленням.
- Системи безпеки: датчик може передавати сигнали від датчиків руху або відкриття дверей на центральну панель сигналізації.
- Іграшки та пульти дистанційного керування: RFM69 може використовуватися для бездротового керування іграшками або іншими пристроями.
- Автоматизація будинку: розумний сенсор може використовуватися для бездротової передачі даних між різними пристроями розумного будинку.

Переваги використання RFM69:

- Низька вартість: RFM69 є відносно недорогим модулем, що робить його доступним для багатьох проектів.
- Простота використання: Завдяки вбудованому пакетному движку та доступним бібліотекам, розробка з RFM69 є відносно простою.
- Гнучкість: RFM69 пропонує широкий спектр функцій, таких як багатоканальність та програмовану потужність передачі, що робить його придатним для різних застосувань.
- Низьке споживання енергії: Підходить для батарейно-живлених пристроїв.
- Недоліки використання RFM69:
- Обмежена дальність дії: Не підходить для проектів, що потребують передачі даних на великі відстані.
- Складність налаштування: Хоча RFM69 може бути простим у використанні, початкове налаштування параметрів може потребувати деяких знань.

Так як всі наші забрані в купі та готові до використання, останнім що залишилося продумати це корпус в якому вони будуть виконувати свої функції.

За час практики, навчальний заклад представив мені технологію 3D друку. Використовуючи цю технологію, в світі друкуються різноманітні пластикові корпуси, деталі та інші механізми для різних потреб, в тому числі й для IoT систем. Докладніше про 3D друк та 3D принтери:

3D друк - це процес створення тривимірних об'єктів з цифрових файлів [42]. На відміну від традиційних методів виробництва, таких як лиття або фрезерування, які видаляють матеріал з заготовки, 3D друк пошарово накладає матеріал, щоб створити об'єкт [43].

3D принтери - це машини, які виконують 3D друк. Вони існують різних форм і розмірів, від побутових моделей до промислових систем.

Як працюють 3D принтери:

1. 3D модель: Процес 3D друку починається з 3D моделі, яка являє собою цифрове представлення об'єкта, який хочете створити [44]. 3D модель можна

створити за допомогою програмного забезпечення для 3D моделювання або завантажити з онлайн-бібліотеки.

2. Файл формату: 3D модель потім перетворюється в файл формату, який може зрозуміти 3D принтер. Цей файл містить інструкції щодо того, як принтер має будувати об'єкт шар за шаром.
3. Процес друку: 3D принтер зчитує файл формату та починає процес друку. Він подає матеріал (пластик, смола, метал тощо) через сопло, яке рухається по заданих шляхах, створюючи об'єкт шар за шаром.
4. Завершення: Після того, як всі шари надруковані, об'єкт буде завершено. Залежно від типу принтера та матеріалу, об'єкту може знадобитися додаткова обробка, наприклад, очищення або полірування.

Типи 3D принтерів:

Найпоширеніші:

- FDM (Fused Deposition Modeling): Це найпоширеніший тип 3D принтера, який використовує пластикову нитку для створення об'єктів. FDM принтери доступні за ціною та прості у використанні.

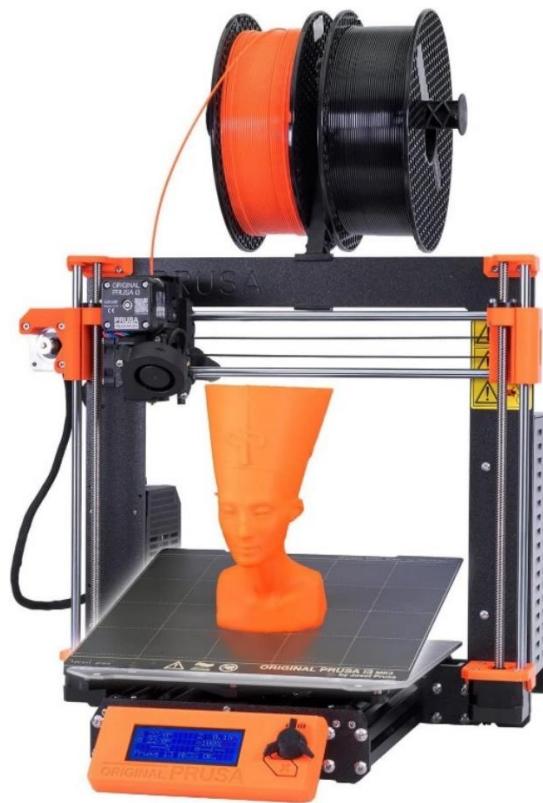


Рисунок 2.13 FDM принтер Prusa i3 MK3S

- SLA (Stereolithography Apparatus): Цей тип принтера використовує лазер для затвердіння рідкої смоли, створюючи високоточні об'єкти з гладкою поверхнею. SLA принтери дорожчі, ніж FDM принтери, і потребують спеціальних матеріалів [45].



Рисунок 2.14 SLA принтер Creality Halot-Mage 8K

- SLS (Selective Laser Sintering): Цей тип принтера використовує лазер для сплавлення порошкоподібного матеріалу, такого як пластик або метал, створюючи міцні та довговічні об'єкти. SLS принтери дуже дорогі та використовуються в основному для промислових цілей [46].



Рисунок 2.15 SLS принтер FORMLABS FUSE 1+ 30W

Застосування 3D друку [47]:

3D друк використовується в різних галузях, включаючи:

- Прототипування: може використовуватися для швидкого та недорогого створення прототипів нових продуктів.
- Виробництво: використовується для виготовлення невеликих серій деталей або персоналізованих продуктів.
- Медицина: створення імплантів, протезів та хірургічних моделей.
- Освіта: 3D друк може використовуватися для наочного навчання та візуалізації складних концепцій.
- Мистецтво та дизайн: створення скульптур, ювелірних виробів та інших творів мистецтва.

Переваги 3D друку [48]:

- Швидкість: прискорення процесу розробки продукту, від концепції до прототипу.
- Гнучкість: створювання складних геометрій та персоналізованих продуктів, які неможливо виготовити традиційними методами.
- Економія: зниження витрат на виробництво, особливо для невеликих серій або складних деталей.

- Доступність: 3D принтери стають все більш доступними, що робить цю технологію доступною для ширшого кола людей.

Останнім залишається софт – частина нашого проекту. Я використовував такі інструменти як Arduino IDE, командний рядок Linux, налаштування Domoticz, MQTT брокер та чіп CH340C для завантаження коду в ATmega контролер.

CH340C: Китайський USB-UART міст для багатьох застосувань

CH340C - це інтегрована схема (IC) перетворювача шини USB-UART, розроблена компанією WCH CH チップ (Wuhan CHMicroelectronics Technology Co., Ltd). Вона набула популярності як економічно ефективний та простий у використанні варіант для підключення мікроконтролерів та інших послідовних пристроїв до комп'ютера через USB-порт.

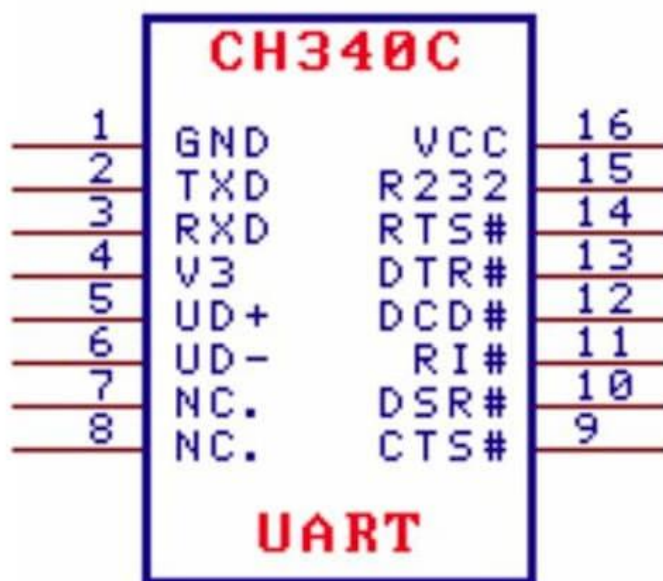


Рисунок 2.16 Міст для завантаження коду в датчики CH340C

Характеристика CH340C з офіційної документації [49]:

- Підтримка USB 2.0: Підключається до комп'ютера через порт USB 2.0, забезпечуючи швидкість передачі даних до 480 Мбіт/с.
- UART інтерфейс: Забезпечує послідовний інтерфейс для зв'язку з мікроконтролерами та іншими пристроями, які використовують послідовний протокол зв'язку.
- Живлення від USB: Отримує живлення безпосередньо від USB-порту, що спрощує використання та не потребує окремого джерела живлення.
- Компактний корпус: CH340C постачається в компактному корпусі SOP-16, що робить його зручним для використання на макетних платах та в невеликих пристроях.
- Вбудований кварцовий генератор: На відміну від свого попередника CH340G, CH340C має вбудований кварцовий генератор, що спрощує його використання та не потребує додаткових компонентів.
- Підтримка Windows, macOS та Linux: Зазвичай працює з усіма основними операційними системами, включаючи Windows, macOS та Linux, завдяки доступним драйверам.
- Низька вартість: CH340C є відносно недорогим рішенням, що робить його привабливим для бюджетних хоббі проектів.

Застосування CH340C:

CH340C використовується в широкому спектрі застосувань, де потрібне послідовне підключення до комп'ютера. Ось декілька прикладів:

- Програмування мікроконтролерів: CH340C можна використовувати для завантаження програмного забезпечення на мікроконтролери, такі як Arduino, ESP8266 та інші.
- Налаштування та тестування: Інженери використовують CH340C для спілкування з пристроями під час розробки та тестування.
- Сервісне обслуговування обладнання: Фахівці з обслуговування можуть використовувати CH340C для діагностики та налаштування обладнання.

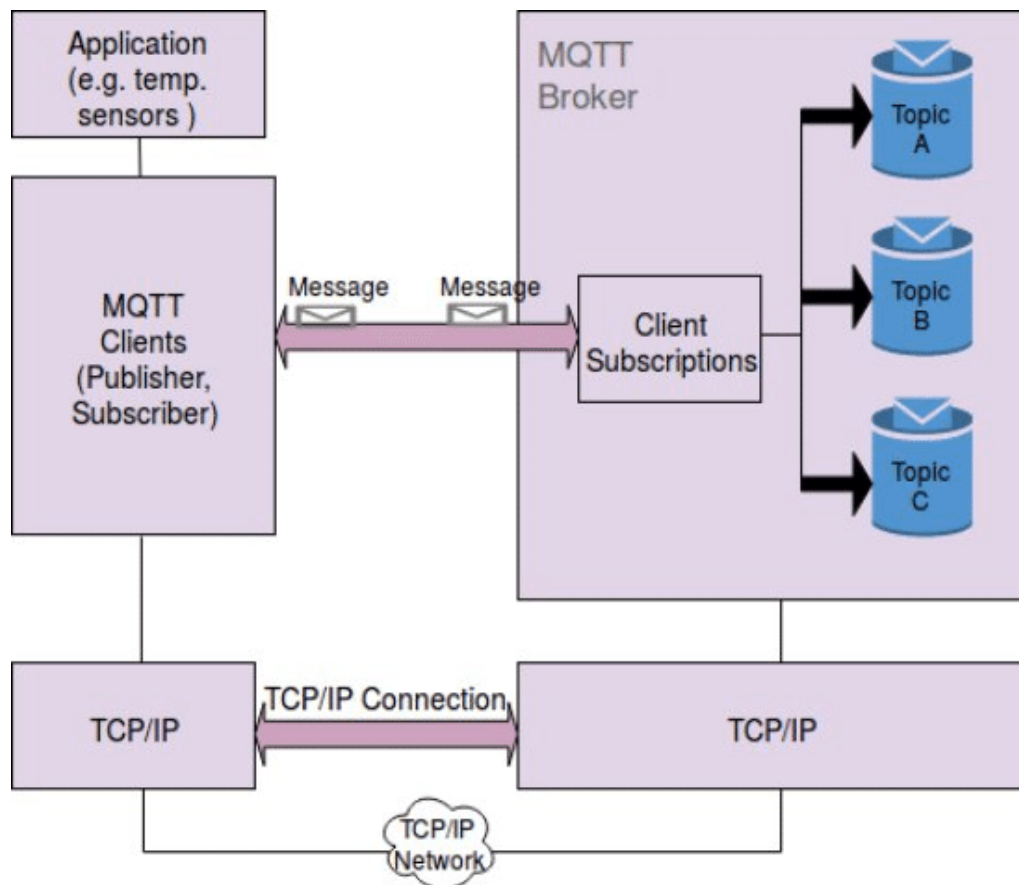


- 串口转 USB (Chuankou zhuàn USB): В китайській термінології CH340C часто називають "串口转 USB" (Chuankou zhuàn USB), що буквально означає "послідовний порт до USB". Це відображає його основну функцію перетворення послідовного сигналу в сигнал USB.
  - Переваги використання CH340C:
    - Низька вартість: Як зазначалося раніше, CH340C є економічно ефективним рішенням для послідовного підключення.
    - Простота використання: Завдяки вбудованому кварцовому генератору та доступним драйверам, CH340C простий у налаштуванні та використанні.
    - Підтримка багатьох ОС: Працює з основними операційними системами.
      - Недоліки використання CH340C:
        - Вважається менш надійним, ніж деякі альтернативи: Деякі користувачі повідомляють про проблеми зі стабільністю роботи CH340C порівняно з більш дорогими рішеннями.
        - Обмежена документація: Офіційна документація від виробника може бути обмежена або складною для розуміння.

Для обміну повідомленнями між пристроями існують MQTT брокери. Для чого вони потрібні та як їх застосовувати, ми розглянемо детальніше.

### Mosquitto брокер в IoT системі мікроклімату

Mosquitto брокер відіграє важливу роль в IoT системі мікроклімату, забезпечуючи надійний та гнучкий обмін даними між різними компонентами системи.



2.17 Архітектура MQTT

Приклади того, для чого Mosquitto може використовуватися в таких системах [50]:

1. Збір даних з датчиків:

- Датчики температури, вологості, CO<sub>2</sub> та інших параметрів мікроклімату публікують дані на теми MQTT.
- Mosquitto брокер збирає ці дані та зберігає їх для подальшого аналізу та візуалізації.
- Система може використовувати ці дані для прийняття рішень щодо регулювання мікроклімату.

2. Керування пристроями:

- Mosquitto використовується для надсилання команд пристроям керування мікрокліматом.
- Пристрої підписуються на теми MQTT, щоб отримувати ці команди.

- Система може динамічно регулювати роботу пристроїв, щоб підтримувати бажані умови мікроклімату.

### 3. Моніторинг стану:

- Брокер може використовуватися для отримання повідомлень про стан пристроїв та датчиків.

- Ці повідомлення можуть містити інформацію про помилки, несправності або інші події, які потребують уваги.

- Система може використовувати цю інформацію для попередження користувачів або для автоматичного прийняття заходів.

### 4. Інтеграція з іншими системами:

- MQTT брокер може використовуватися для обміну даними з іншими системами, такими як системи керування будівлею (BMS) або системи автоматизації будинку.

- Це може дозволити системі мікроклімату координувати свою роботу з іншими системами для досягнення оптимальних результатів.

### Переваги використання Mosquitto брокера в IoT системах мікроклімату:

- Простота використання: Протокол MQTT та Mosquitto брокер прості для розуміння та реалізації, що робить їх доступними.

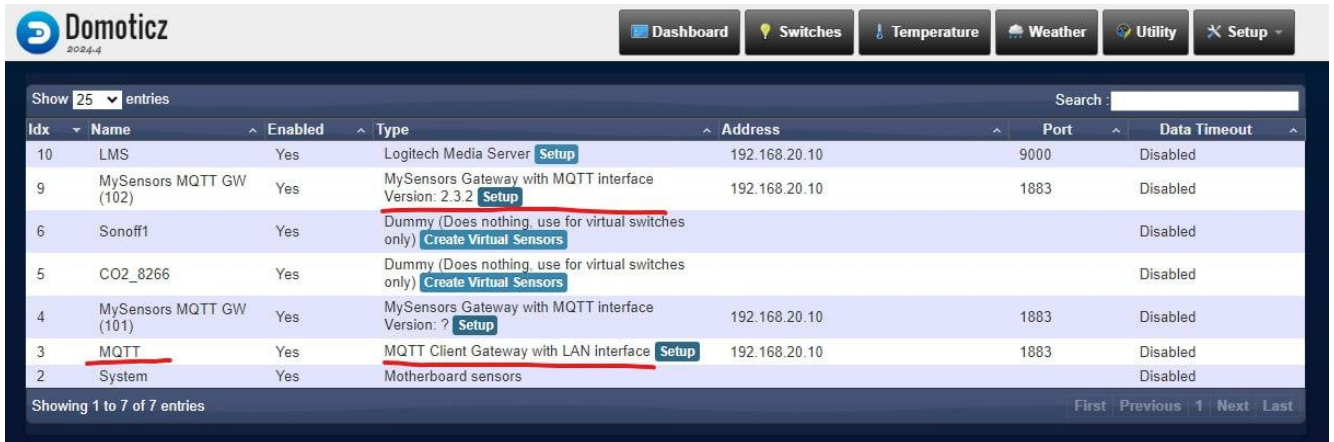
- Легка масштабованість: Може обслуговувати велику кількість підключених пристроїв та повідомлень, що робить його ідеальним для масштабних IoT-проектів.

- Надійність: Забезпечує надійну доставку повідомлень, навіть у разі збоїв мережі або тимчасової недоступності клієнтів.

- Гнучкість: MQTT брокер підтримує різні рівні якості обслуговування (QoS), що дозволяє налаштувати баланс між швидкістю та надійністю доставки повідомлень [51].

- Безпека: Mosquitto може бути налаштований для забезпечення автентифікації, авторизації та шифрування, щоб захистити повідомлення та доступ до брокера [52].

– Безкоштовний та з відкритим кодом: Mosquitto доступний безкоштовно та ліцензований під MIT License, що робить його доступним для широкого кола користувачів.



Idx	Name	Enabled	Type	Address	Port	Data Timeout
10	LMS	Yes	Logitech Media Server <a href="#">Setup</a>	192.168.20.10	9000	Disabled
9	MySensors MQTT GW (102)	Yes	MySensors Gateway with MQTT interface Version: 2.3.2 <a href="#">Setup</a>	192.168.20.10	1883	Disabled
6	Sonoff1	Yes	Dummy (Does nothing, use for virtual switches only) <a href="#">Create Virtual Sensors</a>			Disabled
5	CO2_8266	Yes	Dummy (Does nothing, use for virtual switches only) <a href="#">Create Virtual Sensors</a>			Disabled
4	MySensors MQTT GW (101)	Yes	MySensors Gateway with MQTT interface Version: ? <a href="#">Setup</a>	192.168.20.10	1883	Disabled
3	<u>MQTT</u>	Yes	<u>MQTT Client Gateway with LAN interface</u> <a href="#">Setup</a>	192.168.20.10	1883	Disabled
2	System	Yes	Motherboard sensors			Disabled

Showing 1 to 7 of 7 entries

Рисунок 2.18 MQTT брокер в нашій системі Domoticz

## 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ З КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ

### 3.1 Фізична модель побудови системи контролю мікроклімату

Почнемо з розробки основи наших датчиків: плата.

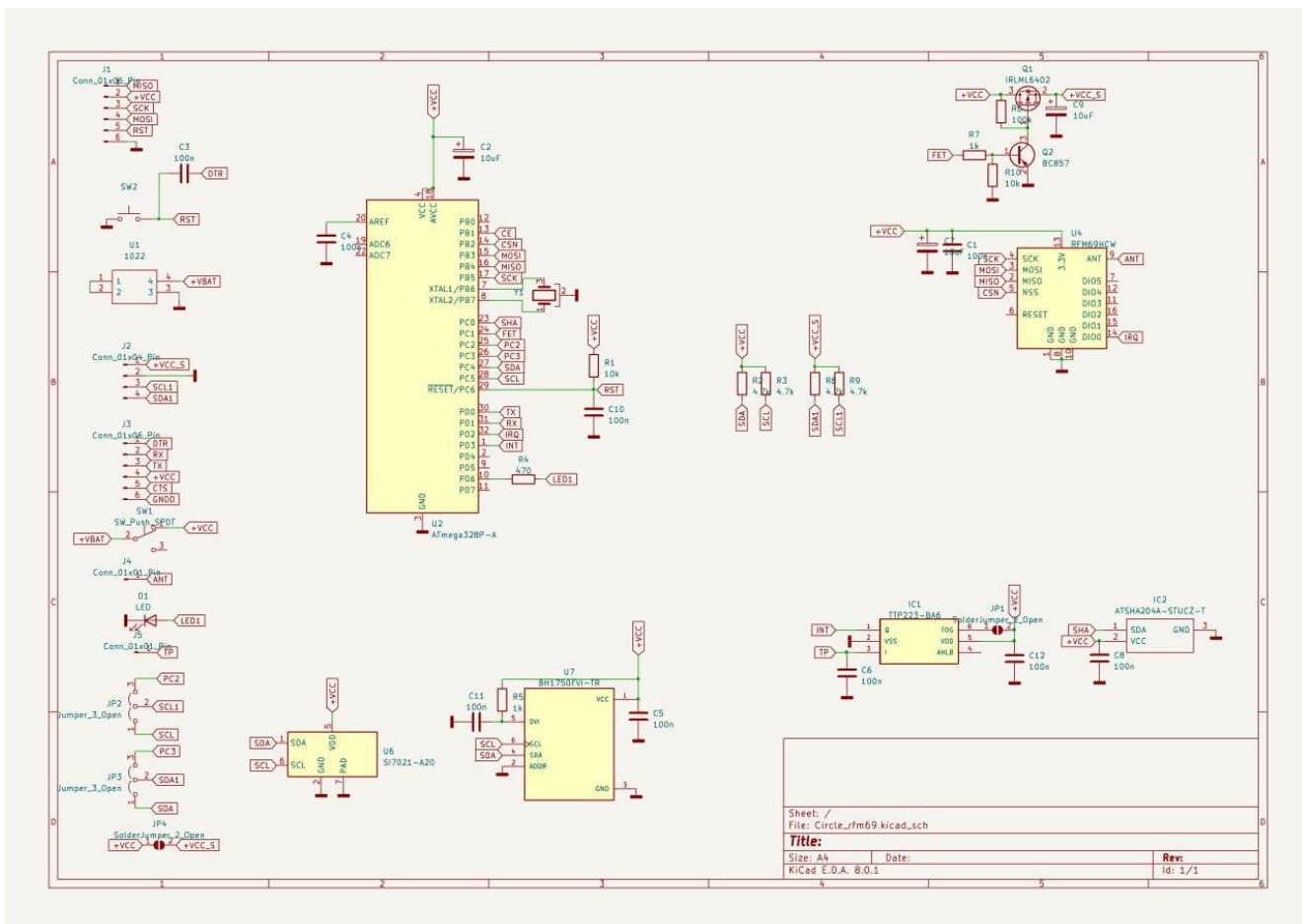


Рисунок 3.1 Схема плати з використанням датчиків та чипів.

На рисунку можна побачити накреслену схему з використанням мікроконтролера ATmega328P-A, датчик температури і вологості SI7021-A20, радіомодуль RFM69HCW а також датчик освітленості BH1750FVI-TR, але в нашій системі він не використовується. Щоб втілити цю плату в життя, було замовлений друк з закордонного підприємства.

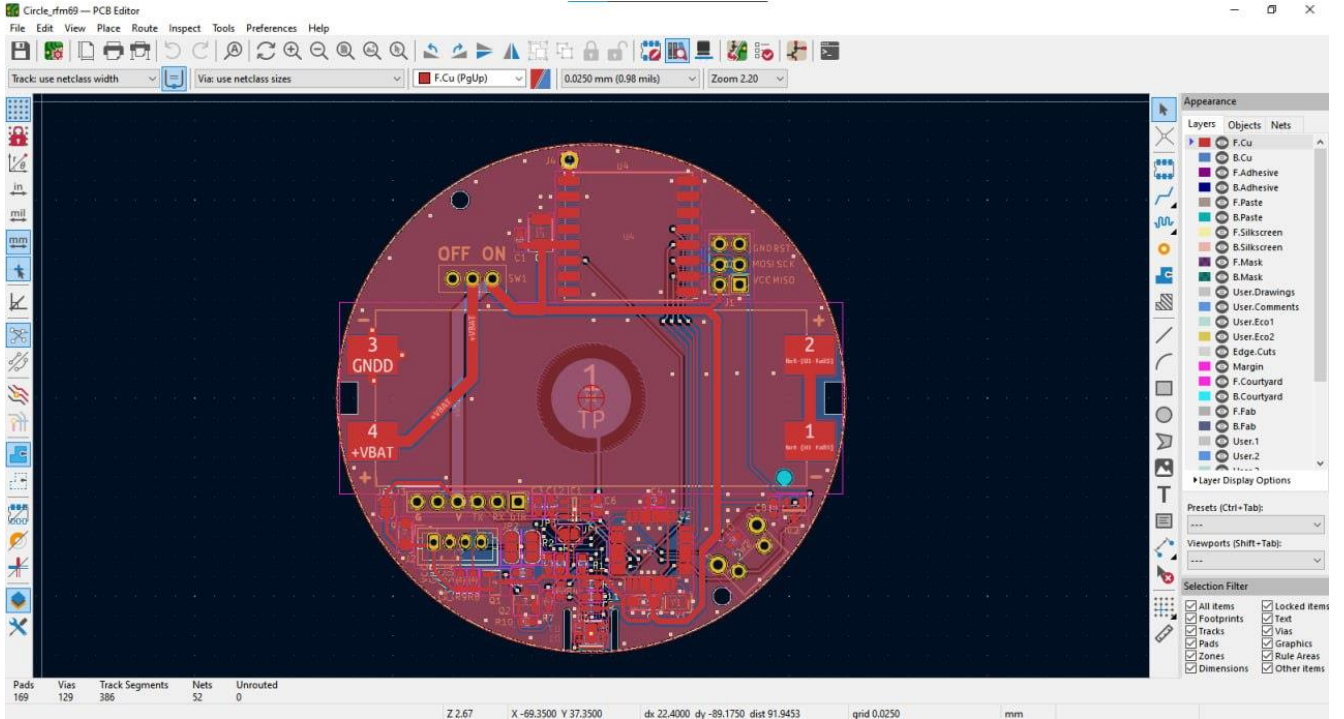


Рисунок 3.2 Другий круглий варіант плати

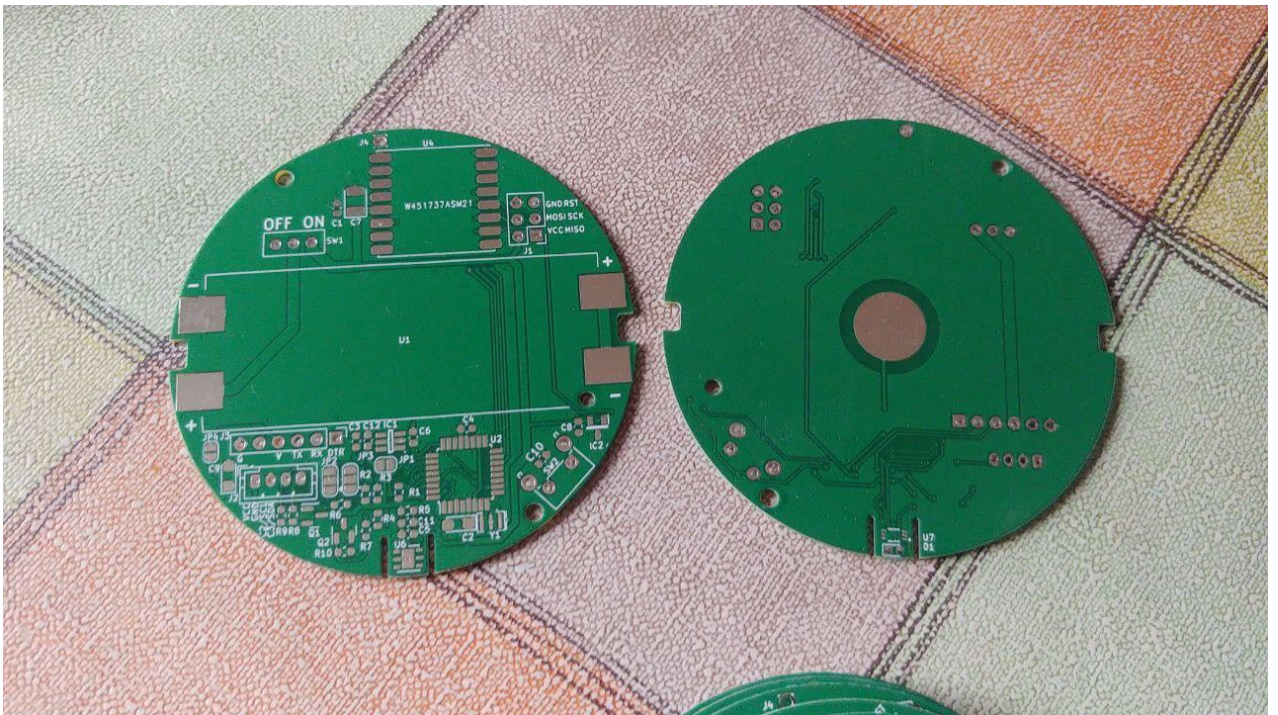


Рисунок 3.3 Готова плата з нашої схеми

Після отримання плати, необхідно напаяти на визначене розташування наші датчики, чіпи та інші допоміжні електронні елементи. Маємо таку конструкцію:

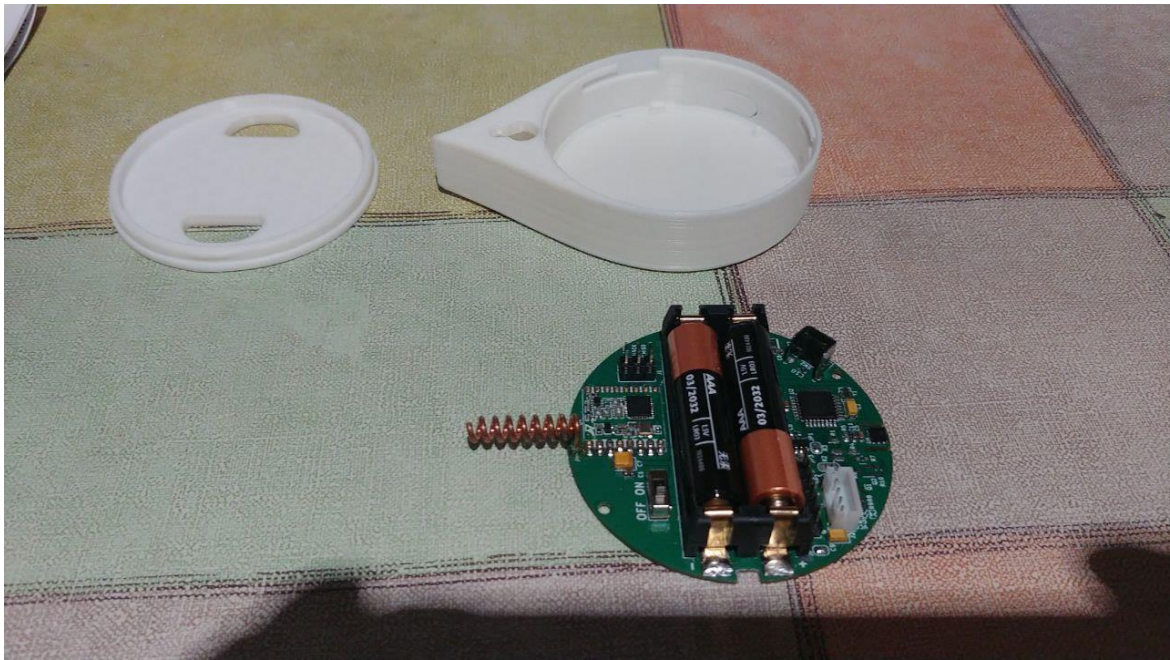


Рисунок 3.4 Готовий прототип з надрукованим корпусом

На попередньому рисунку видно що вже є готовий корпус для цієї конструкції, він був розроблений в 3D програмі Autodesk Fusion та потім надрукований на 3D принтері.

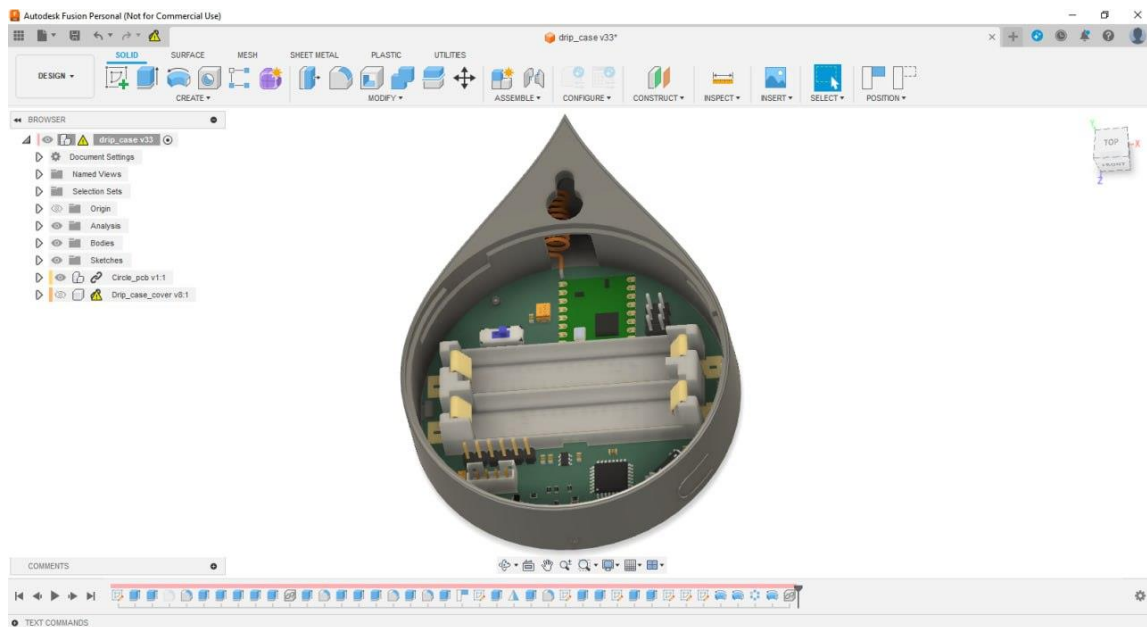


Рисунок 3.5 3D концепт

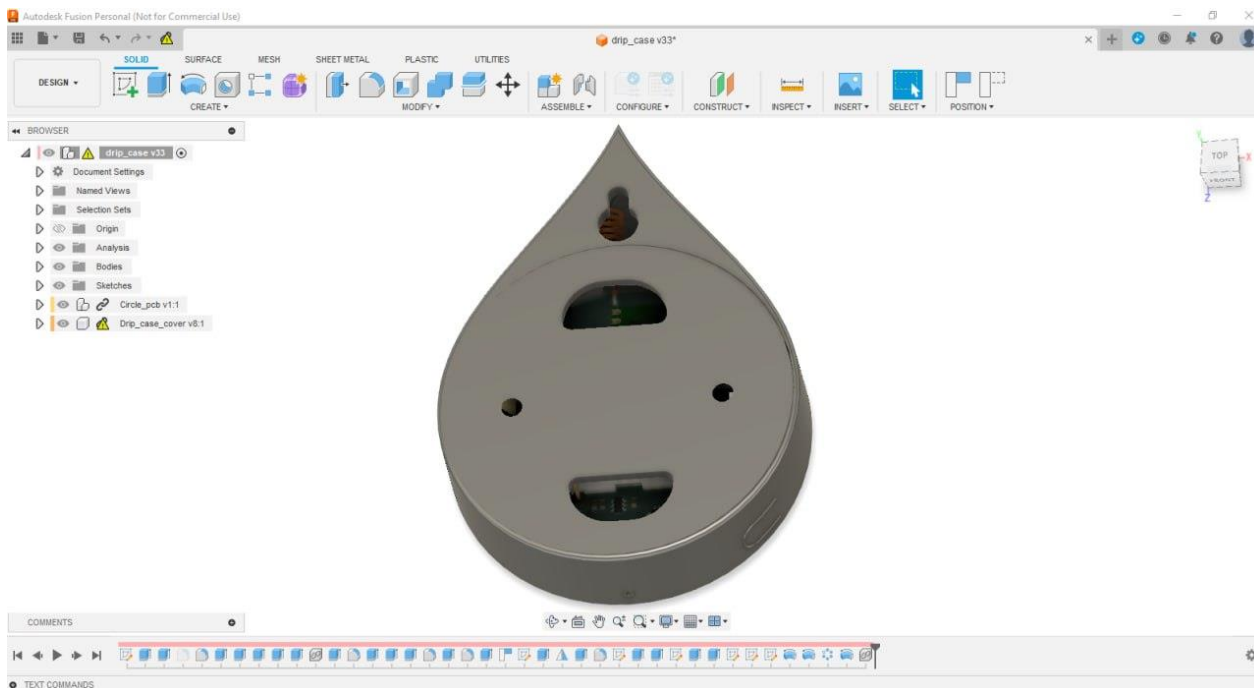


Рисунок 3.6 3D концепт з кришкою

Перший варіант датчика готовий, зробимо другу версію для використання його у вимірюванні температури води. Зі схеми на рисунку 3.1., ми отримали прямокутні плати:

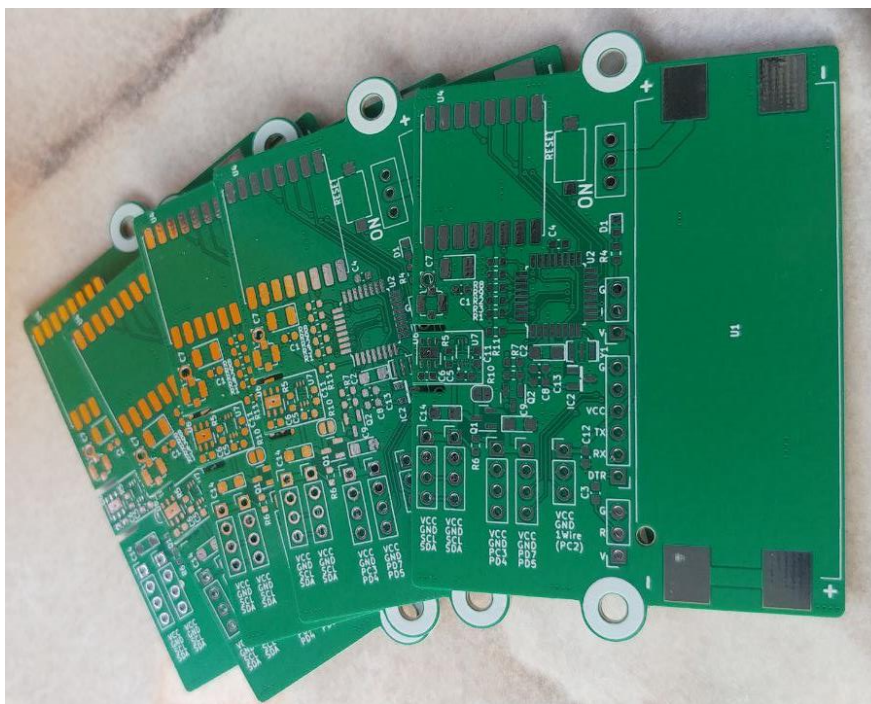


Рисунок 3.7 Надруковані плати для вимірювання температури води



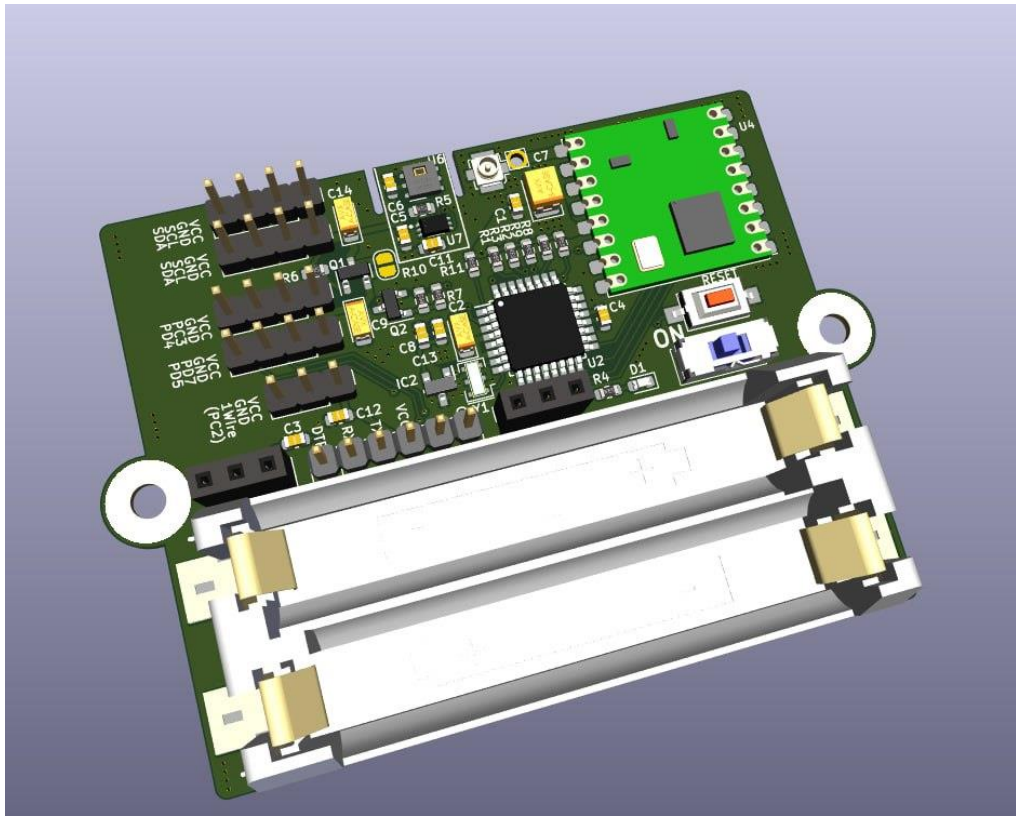


Рисунок 3.8 3D концепт

В цей раз, корпус надрукувати не вийде, оскільки потрібна герметичність, тому був придбаний спеціальний водонепроникний корпус, в якому розмістилась наша плата:

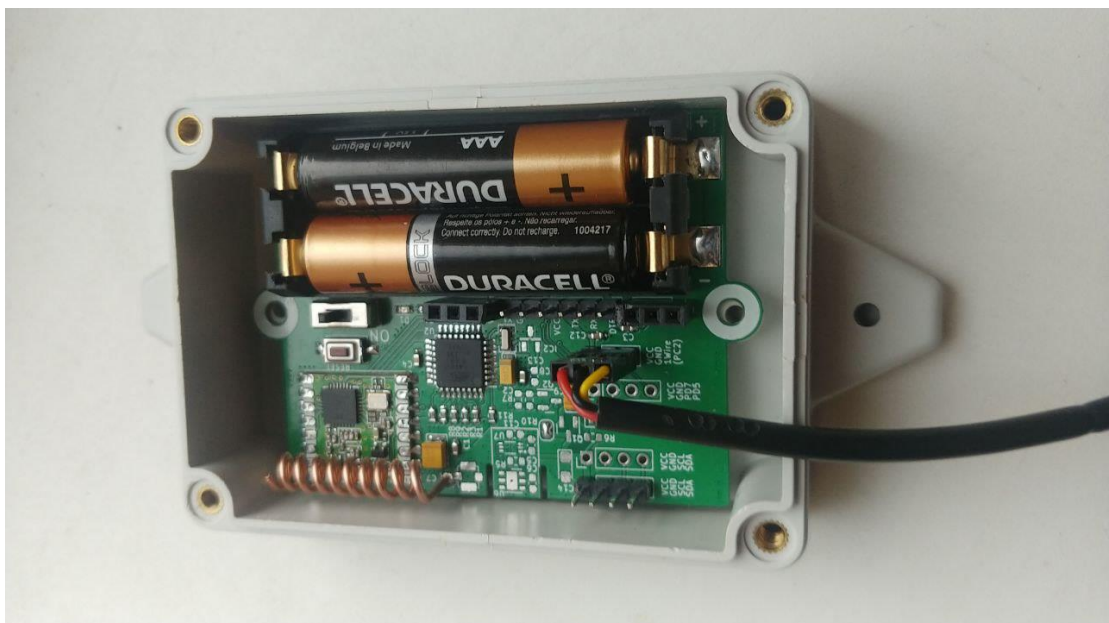


Рисунок 3.9 Готовий пристрій для вимірювання температури води

Живлення в обох пристроях здійснюється від двох батарейок типу ААА.

Останній пристрій який необхідно розробити – це Wi-Fi шлюз. Так само була розроблена плата, яку надрукувало підприємство.

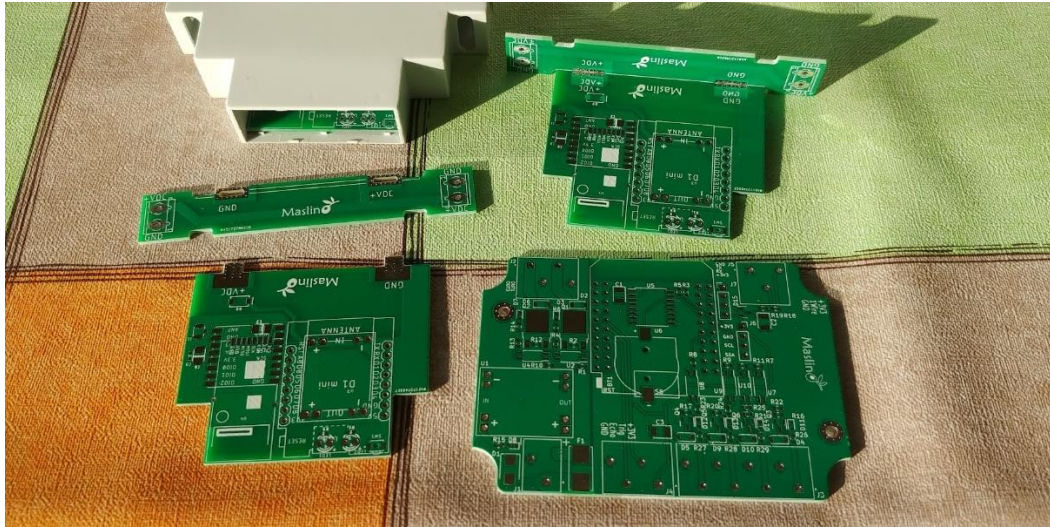


Рисунок 3.10 Плата Wi-Fi шлюза та корпус

Після паяння всіх необхідних елементів, в нас вийшла така конструкція: ми бачимо дві різні плати. Вони несуть на собі ESP8266(зображений з правої частини) та радіомодуль RFM69HCW або NRF2401. Різниця полягає тільки в різній частоті на яких вони працюють, детальніше про них було описано в другому розділі. В цей раз живлення йде від блоку живлення який підключений до розетки 220V.



Рисунок 3.11 Готовий шлюз для використання

### 3.2 Програмна частина побудови системи контролю мікроклімату

Щоб запустити та почати використання наших пристроїв, необхідно завантажити програмний код в їх мікроконтролери через міст CH340C. Оскільки це IoT система, ми виконаємо маніпуляції в Arduino IDE. Цей код використовується для датчика вимірювання температури повітря та вологості. Він виконує наступні функції: визначає радіомодуль, датчик вологості й температури та інші пінні які розташовані на платі та надсилає сигнал від наших датчиків на шлюз. Вкладені рисунки з кодом розташовані нижче [53]:

```
rfm69_htu21_tp223_bh1750.ino
1 // Enable debug prints to serial monitor
2 #define MY_DEBUG
3 // #define MY_TRANSPORT_WAIT_READY_MS 10
4 // Enable and select radio type attached
5 #define MY_RADIO_RFM69
6 #define MY_RFM69_NEW_DRIVER
7 #define MY_RFM69_FREQUENCY RFM69_868MHZ
8 #define MY_RFM69_MAX_POWER_LEVEL_DBM 20
9 // #define MY_RFM69_TX_POWER_DBM 20
10 #define MY_IS_RFM69HW
11 #define MY_RFM69_NETWORKID 102
12 #define MY_SIGNAL_REPORT_ENABLED
13 #define MY_RFM69_ENABLE_ENCRYPTION
14 #define MY_ENCRYPTION_SIMPLE_PASSWD [REDACTED]
15
16 #define MY_NODE_ID 1
17 #define MY_BAUD_RATE 9600
18
19 #define MY_DEFAULT_TX_LED_PIN 6
20 #define MY_WITH_LEDS_BLINKING_INVERSE
21
22 #include <SPI.h>
23 #include <MySensors.h>
24 #include <Wire.h>
25 #include <BH1750.h>
26 BH1750 lightsensor1;
27 #include "SparkFunHTU21D.h"
28 HTU21D myHumidity;
29
30 uint32_t SLEEP_TIME = 600000; // Sleep time between reports (in milliseconds)
31
32
33
34 #define DIGITAL_INPUT_SENSOR 3 // The digital input you attached your motion sensor. (Only 2 and 3 generates interrupt!)
35
36 #define CHILD_ID_VCC 0
```

Рисунок 3.12 Налаштування датчика для контролю вологості та температури повітря

```

rfm69_htu21_tp223_bh1750.ino
36 #define CHILD_ID_VCC 0
37 #define CHILD_ID_PIR 1
38 #define CHILD_ID_HUM 2
39 #define CHILD_ID_TEMP 3
40 #define CHILD_ID_LIGHT 4
41 #define CHILD_ID_RSSI 5 // RSSI received signal level
42 #define CHILD_ID_TXLVL 6 // RSSI background noise level
43 // #define CHILD_ID_TEMP2 7 // internal temperature RFM69 chip
44
45 int rssi; // RSSI RFM69 chip
46 int txlvl; // TX level
47
48 #define VMIN 2.4
49 #define VMAX 3.0
50
51 // Initialize motion message
52 MyMessage msg(CHILD_ID_PIR, V_TRIPPED);
53 MyMessage msgHum(CHILD_ID_HUM, V_HUM);
54 MyMessage msgTemp(CHILD_ID_TEMP, V_TEMP);
55 MyMessage msgVcc(CHILD_ID_VCC, V_VOLTAGE);
56 MyMessage msgLight(CHILD_ID_LIGHT, V_LIGHT_LEVEL);
57 MyMessage msgRSSI(CHILD_ID_RSSI, V_LEVEL);
58 MyMessage msgTXLVL(CHILD_ID_TXLVL, V_LEVEL);
59 // MyMessage msgTemp2(CHILD_ID_TEMP2, V_TEMP);
60
61
62 float readVcc();
63 boolean metric = true;
64
65
66
67 void setup()
68 {
69   Wire.begin();
70   lightsensor1.begin(BH1750::ONE_TIME_HIGH_RES_MODE);
71   delay(2000);

```

Рисунок 3.13

```

rfm69_htu21_tp223_bh1750.ino
71   delay(2000);
72   myHumidity.begin();
73
74   pinMode(DIGITAL_INPUT_SENSOR, INPUT);    // sets the motion sensor digital pin as input
75 }
76
77 void presentation()
78 {
79   // Send the sketch version information to the gateway and Controller
80   sendSketchInfo("HTU21+BH1750+TTP223", "1.0");
81
82   // Register all sensors to gw (they will be created as child devices)
83   present(CHILD_ID_PIR, S_MOTION, "SW1");
84   present(CHILD_ID_HUM, S_HUM, "Humidity");
85   present(CHILD_ID_TEMP, S_TEMP, "Temperature");
86   present(CHILD_ID_LIGHT, S_LIGHT_LEVEL, "Light");
87   metric = getControllerConfig().isMetric;
88
89   present(CHILD_ID_RSSI, S_SOUND, "RSSI");
90   present(CHILD_ID_TXLVL, S_SOUND, "TX power level");
91   // present(CHILD_ID_TEMP2, S_TEMP);
92
93 }
94
95 void loop()
96 {
97   // Read digital motion value
98   bool tripped = digitalRead(DIGITAL_INPUT_SENSOR) == HIGH;
99
100  // Read battery voltage & percentage calculate.
101  float vcc = readVcc();
102  int batteryPercentage = ((vcc-VMIN)/(VMAX-VMIN))*100;
103
104  // Read temperature & humidity from sensor.
105  float temperature = myHumidity.readTemperature();
106  float humidity = myHumidity.readHumidity();

```

Рисунок 3.14

```

rfm69_htu21_tp223_bh1750.ino
108   uint16_t light_value;
109   // Read light
110   light_value = lightsensor1.readLightLevel();
111   Serial.println(light_value);
112
113   //Serial.println(tripped);
114   send(msg.set(tripped?"1":"0")); // Send tripped value to gw
115
116   send(msgTemp.set(temperature, 2));
117   send(msgHum.set(humidity, 2));
118   send(msgLight.set(light_value));
119   send(msgVcc.set(vcc,2));
120   sendBatteryLevel(batteryPercentage);
121
122   rssi = RFM69_getReceivingRSSI(); // read RSSI in RFM69. Wait and measure background noise
123   send(msgRSSI.set(rssi)); // send RSSI level
124
125   txlvl = RFM69_getTxPowerLevel(); // read RSSI in RFM69. Measure reception signal from gw
126   send(msgTXLVL.set(txlvl)); // send RSSI level
127   wait(100); // wait to get idle
128
129   // temp2 = RFM69_readTemperature(1); // read temperature in RFM69
130   //send(msgTemp2.set(temp2)); // send temperature
131
132
133   // Sleep until interrupt comes in on motion sensor. Send update every two minute.
134   sleep(digitalPinToInterrupt(DIGITAL_INPUT_SENSOR), CHANGE, SLEEP_TIME);
135 }
136
137 float readVcc() {
138   long result;
139   // Read 1.1V reference against AVcc
140   ADMUX = _BV(REFS0) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1);
141   delay(2); // Wait for Vref to settle
142   ADCSRA |= _BV(ADSC); // Convert
143   while (bit_is_set(ADCSRA,ADSC));

```

Рисунок 3.15

```

float readVcc() {
  long result;
  // Read 1.1V reference against AVcc
  ADMUX = _BV(REFS0) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1);
  delay(2); // wait for Vref to settle
  ADCSRA |= _BV(ADSC); // Convert
  while (bit_is_set(ADCSRA,ADSC));
  result = ADCL;
  result |= ADCH<<8;
  result = (1100L * 1023)/result;
  float ret = ((float)result)/1000;
  return ret;
}

```

Рисунок 3.16

Наступний код буде для датчика вимірювання температури води. Його налаштування визначають радіомодуль а також датчик виміру температури DS18B20, також через радіомодуль, він надсилає показання до нашого шлюзу.

```

rfm69_ds18b20.ino
1 // Enable debug prints to serial monitor
2 #define MY_DEBUG
3 // #define MY_TRANSPORT_WAIT_READY_MS 1
4 // Enable and select radio type attached
5 #define MY_RADIO_RFM69
6 #define MY_RFM69_NEW_DRIVER
7 #define MY_RFM69_FREQUENCY RFM69_868MHZ
8 #define MY_RFM69_MAX_POWER_LEVEL_DBM 20
9 // #define MY_RFM69_TX_POWER_DBM 20
10 #define MY_IS_RFM69HW
11 #define MY_RFM69_NETWORKID 101
12 #define MY_SIGNAL_REPORT_ENABLED
13 #define MY_RFM69_ENABLE_ENCRYPTION
14 #define MY_ENCRYPTION_SIMPLE_PASSWD [REDACTED]
15
16 #define MY_NODE_ID 25
17 #define MY_BAUD_RATE 9600
18
19 #define MY_DEFAULT_TX_LED_PIN 6
20 #define MY_WITH_LEDS_BLINKING_INVERSE
21
22 #include <MySensors.h>
23 #include <DallasTemperature.h>
24 #include <Onewire.h>
25
26 #define CHILD_ID_TEMP 0
27 // #define CHILD_ID_TEMP2 1
28 // #define CHILD_ID_HUM 2
29 #define CHILD_ID_VCC 1
30 #define CHILD_ID_RSSI 2 // RSSI received signal level
31 #define CHILD_ID_TXLVL 3 // RSSI background noise level
32
33 #define VMIN 2.4
34 #define VMAX 3.0
35
36 #define COMPARE_TEMP 0 // Send temperature only if changed? 1 = Yes 0 = No

```

Рисунок 3.17 Програмний код для датчика вимірювання температури води

```

rfm69_ds18b20.ino
38 #define ONE_WIRE_BUS A2 // Pin where dallas sensor is connected
39 #define MAX_ATTACHED_DS18B20 1
40
41 unsigned long SLEEP_TIME = 60000; // (300000=5min)Sleep time between reads (in milliseconds)
42
43 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); // Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just Maxim/Dallas temperature ICs)
44 DallasTemperature sensors(&oneWire); // Pass the oneWire reference to Dallas Temperature.
45 float lastTemperature[MAX_ATTACHED_DS18B20];
46 int numSensors=0;
47 bool receivedConfig = false;
48 bool metric = true;
49 float readVcc();
50
51 int rssi; // RSSI RFM69 chip
52 int txlvl; // TX level
53
54 // Initialize temperature message
55 MyMessage msgVcc(CHILD_ID_VCC, V_VOLTAGE);
56 MyMessage msgTemp(CHILD_ID_TEMP, V_TEMP);
57 MyMessage msgRSSI(CHILD_ID_RSSI, V_LEVEL);
58 MyMessage msgTXLVL(CHILD_ID_TXLVL, V_LEVEL);
59
60 void before()
61 {
62     // Startup up the OneWire library
63     sensors.begin();
64 }
65
66 void setup()
67 {
68     Serial.begin(9600);
69
70     // requestTemperatures() will not block current thread
71     sensors.setWaitForConversion(false);
72     //myHumidity.begin();
73 }

```

Рисунок 3.18



```

rfm69_ds18b20.ino
75 void presentation() {
76     // Send the sketch version information to the gateway and Controller
77     sendSketchInfo("DS18B20_1", "1.0");
78
79     // Fetch the number of attached temperature sensors
80     present(CHILD_ID_RSSI, S_SOUND, "RSSI");
81     present(CHILD_ID_TXLVL, S_SOUND, "TX power level");
82
83     numSensors = sensors.getDeviceCount();
84
85     // Present all sensors to controller
86     for (int i=0; i<numSensors && i<MAX_ATTACHED_DS18B20; i++) {
87         present(i, S_TEMP, "Temp_DS18B20");
88     }
89 }
90
91 void loop()
92 {
93     float vcc = readVcc();
94     int batteryPercentage = ((vcc-VMIN)/(VMAX-VMIN))*100;
95
96     // Fetch temperatures from Dallas sensors
97     sensors.requestTemperatures();
98
99     send(msgVcc.set(vcc,2));
100    sendBatteryLevel(batteryPercentage);
101
102    rssi = RFM69_getReceivingRSSI();           // read RSSI in RFM69. Wait and measure background noise
103    send(msgRSSI.set(rssi));                   // send RSSI level
104
105    txlvl = RFM69_getTxPowerLevel();           // read RSSI in RFM69. Measure reception signal from gw
106    send(msgTXLVL.set(txlvl));                // send RSSI level
107    wait(100);                                 // wait to get idle
108
109    // query conversion time and sleep until conversion completed
110    int16_t conversionTime = sensors.millisToWaitForConversion(sensors.getResolution());

```

Рисунок 3.19

```

sleep(conversionTime);
// Read temperatures and send them to controller
for (int i=0; i<numSensors && i<MAX_ATTACHED_DS18B20; i++) {
    // Fetch and round temperature to one decimal
    float temperature = static_cast<float>(static_cast<int>((getControllerConfig().isMetric?sensors.getTempCByIndex(i):sensors.getTempFByIndex(i)) * 10.)) / 10.);

    // Only send data if temperature has changed and no error
    #if COMPARE_TEMP == 1
    if (lastTemperature[i] != temperature && temperature != -127.00 && temperature != 85.00) {
    #else
    if (temperature != -127.00 && temperature != 85.00) {
    #endif

        // Send in the new temperature
        send(msgTemp.setSensor(i).set(temperature,1));

        // Save new temperatures for next compare
        lastTemperature[i]=temperature;
    }
}
sleep(SLEEP_TIME);
}
float readVcc() {
    long result;
    // Read 1.1V reference against AVcc
    ADMUX = _BV(REFS0) | _BV(MUX3) | _BV(MUX2) | _BV(MUX1);
    delay(2); // Wait for Vref to settle
    ADCSRA |= _BV(ADSC); // Convert
    while (bit_is_set(ADCSRA,ADSC));
    result = ADCL;
    result |= ADCH<<8;
    result = (1100L * 1023)/result;
    float ret = ((float)result)/1000;
    return ret;
}

```

Рисунок 3.20

Останній на черзі стоїть шлюз, який приймає наші показання через радіомодуль та за допомогою ESP8266 відправляє на сервер до MQTT брокера.

```

RFM69_ESP8266_MQTT_GW_101.ino
--
47 // Enable debug prints to serial monitor
48 #define MY_DEBUG
49 // Use a bit lower baudrate for serial prints on ESP8266 than default in MyConfig.h
50 #define MY_BAUD_RATE 9600
51 // Enables and select radio type (if attached)
52 #define MY_RADIO_RFM69
53 #define MY_IS_RFM69HW
54 #define MY_RFM69_NEW_DRIVER
55 #define MY_RFM69_MAX_POWER_LEVEL_DBM 20
56 #define MY_RFM69_TX_POWER_DBM 20
57 #define MY_RFM69_FREQUENCY RFM69_868MHZ
58
59 #define MY_RFM69_ENABLE_ENCRYPTION
60 #define MY_ENCRYPTION_SIMPLE_PASSWD [REDACTED]
61
62 #define MY_RFM69_NETWORKID 101
63 #define MY_RFM69_IRQ_PIN D1
64 #define MY_RFM69_IRQ_NUM MY_RFM69_IRQ_PIN
65 // #define MY_RFM69_CS_PIN D8 // NSS. Use MY_RFM69_SPI_CS for older versions (before 2.2.0)
66 #define MY_GATEWAY_MQTT_CLIENT
67 #define MY_GATEWAY_ESP8266
68 #define MY_GATEWAY_MAX_CLIENTS 10
69 // Set this node's subscribe and publish topic prefix
70 #define MY_MQTT_PUBLISH_TOPIC_PREFIX [REDACTED]
71 #define MY_MQTT_SUBSCRIBE_TOPIC_PREFIX [REDACTED]
72 // Set MQTT client id
73 #define MY_MQTT_CLIENT_ID "101"
74 // Enable these if your MQTT broker requires username/password
75 #define MY_MQTT_USER [REDACTED]
76 #define MY_MQTT_PASSWORD [REDACTED]
77 // Set WIFI SSID and password
78 #define MY_WIFI_SSID [REDACTED]
79 #define MY_WIFI_PASSWORD [REDACTED]
80 #define MY_HOSTNAME [REDACTED]
81 // MQTT broker ip address.
82 #define MY_CONTROLLER_IP_ADDRESS [REDACTED]

```

Рисунок 3.21 Код для Wi-Fi шлюзу

```

#define MY_PORT [redacted]
// Set blinking period
#define MY_DEFAULT_LED_BLINK_PERIOD 300
#define MY_DEFAULT_RX_LED_PIN 16 // Receive led pin
#include <MySensors.h>

void setup()
{
  // Setup locally attached sensors
}

void presentation()
{
  // Send the sketch version information to the gateway and Controller
  sendSketchInfo("MySGW69_101", "1.0");
  // Present locally attached sensors here
}

void loop()
{
  // Send locally attached sensors data here
}

```

Рисунок 3.22

Після всіх маніпуляцій, в інтерфейсі Domoticz в нас повинні з'явитися датчики та MQTT брокер, який буде спілкуватися з шлюзом та відображати показання.



Рисунок 3.23 Відображення наших датчиків в інтерфейсі Domoticz

Додатково було зроблено виведення показань датчиків на IP камеру Dahua, яка в свою чергу через RTSP потік була виведена на телевизор в приміщенні басейну, де кожний бажаючий зможе дізнатися актуальні дані температури води, повітря та відсоток вологості.



Рисунок 3.24 Показання датчиків через виведення RTSP потоку з камери на телевизор

## ВИСНОВКИ

У сучасному світі, де комфорт, здоров'я та енергоефективність стають все більш пріоритетними, системи контролю мікроклімату в приміщенні (СКМП) відіграють все більшу роль. Ці інтелектуальні системи автоматично регулюють температуру, вологість, рівень CO<sub>2</sub> та інші параметри мікроклімату, створюючи сприятливе середовище для людей.

Глибокий аналіз СКМП:

В цій роботі було проведено глибокий аналіз СКМП, досліджуючи їхні компоненти, принципи роботи, переваги та виклики. Було розроблено та створено повністю готову систему, включаючи схему для датчиків й шлюзу та корпус надрукований використовуючи технологію 3D друку. Також ми використовували відкрите програмне забезпечення та недороге доступне обладнання, що робить цю систему ідеальною для домашнього використання для автоматизації домашнього мікроклімату в приміщенні.

В цілому, розроблена система СКМП є перспективним рішенням для автоматизації мікроклімату в приміщенні. Її доступність, простота використання, гнучкість та відкритість роблять її привабливою для широкого кола користувачів.

Майбутні дослідження та розробки в цій галузі можуть призвести до:

- Розробки ще більш доступних та ефективних СКМП.
- Вдосконалення алгоритмів регулювання мікроклімату на основі машинного навчання.
- Інтеграції СКМП з іншими системами "розумного будинку" для створення комплексних рішень для автоматизації будівель.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Учасники проєктів Вікімедіа. Інтернет речей – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет\\_речей](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей) (дата звернення: 19.05.2024).
2. Штучний інтелект в Інтернеті речей: замітка про AIoT – iotji. URL: <https://iotji.io/aiot-navischo-internetu-rechei-potriben-shtuchnyi-intelekt/> (дата звернення: 19.05.2024).
3. IoT: що це таке? ► Основне призначення платформ для Інтернету речей. *Kyivstar Business Hub – корпоративний блог для бізнесу*. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/iot-abo-internet-rechey> (дата звернення: 19.05.2024).
4. Інтернет речей – урок. Інформатика, 7 клас. *МійКлас*. URL: <https://www.miyklas.com.ua/p/informatica/7-klas/sluzhbi-internetu-16659/zberigannia-danikh-ta-kolektivna-robot-a-z-dokumentami-v-interneti-387270/> (дата звернення: 26.05.2024).
5. Рішення IoT: розширення можливостей майбутнього з революційним впливом - *DusunIoT. Dusun IoT: Embedded Hardware Vendor/Manufacturer | IoT Gateway Expert*. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/iot-solution-empowering-the-future-with-revolutionary-impact/#:~:text=Моніторинг%20і%20контроль%20у%20реальному,про%20Віддалений%20моніторинг%20IoT%20тут.> (дата звернення: 26.05.2024).
6. Інтернет речей (IoT) та його вплив на наше життя – Smart IT Solutions. *Smart IT Solutions – Послуги з розробки програмного забезпечення*. URL: <https://smart-solutions.com.ua/archives/645> (дата звернення: 26.05.2024).
7. Leveraging operational technology and the Internet of things to attack smart buildings - Scientific Figure on ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Reference-architecture-of-smart-lighting-systems\\_fig4\\_342502099](https://www.researchgate.net/figure/Reference-architecture-of-smart-lighting-systems_fig4_342502099) (дата звернення: 26.05.2024).

8. Smart Thermostats with IoT: The Future of Home Temperature Control. *Intuz: AI, IoT, Mobile & Web Development Services Company*. URL: <https://www.intuz.com/blog/iot-enabled-smart-thermostats> (дата звернення: 26.05.2024).
9. Why IoT Security Is So Critical | TechCrunch. URL: <https://techcrunch.com/2015/10/24/why-iot-security-is-so-critical/> (дата звернення: 26.05.2024).
10. Інтернет речей (IoT) – UA5.org – *Матеріали з інформаційних технологій*. URL: <https://ua5.org/iot/2448-internet-rechej-iot.html> (дата звернення: 26.05.2024).
11. Огляд мережевих протоколів бездротового Інтернету речей і способи вибору. *Dusun IoT: Embedded Hardware Vendor/Manufacturer | IoT Gateway Expert*. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/best-wireless-protocol-for-your-iot-project/> (дата звернення: 26.05.2024).
12. Дистанційний облік ресурсів: як IoT-мережі оптимізують роботу муніципалітетів - Jooby. *Jooby*. URL: <https://jooby.eu/uk/blog/distancijnij-oblik-resursiv-yak-iot-merezhi-optimizuyut-robotu-municipalitetiv/> (дата звернення: 26.05.2024).
13. Штучний інтелект в Інтернеті речей: замітка про AIoT – iotji. URL: <https://iotji.io/aiot-navischo-internetu-rechei-potriben-shtuchnyi-intelekt/#:~:text=Платформи%20IoT%20надають%20інтерфейс%20для,його%20можна%20запрограмувати%20на%20реагування.> (дата звернення: 26.05.2024).
14. Як штучний інтелект допомагає в створення контенту. *Mediacom*. URL: <https://mediacom.com.ua/yak-shtuchnyy-intelekt-dopomahaє-v-stvorennya-kontentu/> (дата звернення: 26.05.2024).
15. Як використовувати AI в побуті і полегшити собі життя - Genius.space. URL: <https://genius.space/lab/yak-vikoristovuvati-ai-v-pobuti-i-polegshiti-sobi-zhittya/> (дата звернення: 26.05.2024).
16. Управління вимогами за допомогою штучного інтелекту: як штучний інтелект змінює ландшафт управління вимогами - Visure Solutions. *Visure Solutions*. URL: <https://visuresolutions.com/uk/> (дата звернення: 26.05.2024).

17. Штучний інтелект в Інтернеті речей: замітка про AIoT – iotji.

URL: [https://iotji.io/aiot-navischo-internetu-rechei-potriben-shtuchnyi-intelekt/#:~:text=Колаборативні%20роботи%20\(коботи\)%20представляють%20собою,-о-пліч%20з%20людьми](https://iotji.io/aiot-navischo-internetu-rechei-potriben-shtuchnyi-intelekt/#:~:text=Колаборативні%20роботи%20(коботи)%20представляють%20собою,-о-пліч%20з%20людьми). (дата звернення: 26.05.2024).

18. 7 переваг Інтернету речей (IoT) для бізнесу | Stfalcon. *Custom Software Development Company* | *Stfalcon.com*. URL: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/7-benefits-of-iot-for-business> (дата звернення: 26.05.2024).

19. DS18B20 - цифровий вимірювач температури. *GPS моніторинг GPSM*.

URL: <https://gpsm.ua/ds18b20/> (дата звернення: 26.05.2024).

20. Si7021-A20 -I 2C humidity and temperature sensor. URL: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si7021-A20.pdf> (дата звернення: 26.05.2024).

21. ATmega328P - 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. URL: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf) (дата звернення: 26.05.2024).

22. Плата Розробника Nano V3.0 (AtMega328P). *Мій Проект*. URL: <https://myproject.com.ua/plata-rozrobnika-nano-v30-atmega328p-ua.html> (дата звернення: 26.05.2024).

23. Топ-10 інструментів IoT-розробки в 2020. *Побудова та настройка комп'ютерної корпоративної та домашньої мережі в Києві*. URL: <https://www.telesphera.net/news/top-10-instrumentiv-iot-rozrobki.html> (дата звернення: 26.05.2024).

24. Openhab home assistant domoticz / *Smarthomeblog*. URL: <https://smarthomeblog.net/openhab-home-assistant-domoticz/> (дата звернення: 26.05.2024).

25. Учасники проектів Вікімедіа. Raspberry Pi – Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#:~:text=Raspberry%20Pi%20\(читаєт%20як%20Р%20азбері,базових%20комп'ютерних%20навичок%20школярами](https://uk.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#:~:text=Raspberry%20Pi%20(читаєт%20як%20Р%20азбері,базових%20комп'ютерних%20навичок%20школярами). (дата звернення: 26.05.2024).



26. Raspberry Pi 3 Model B+: поліпшена функціональність. *GECID.com - огляди і новини світу*  
IT. URL: [https://ua.gecid.com/news/raspberry\\_pi\\_3\\_model\\_b\\_staraya\\_cena/](https://ua.gecid.com/news/raspberry_pi_3_model_b_staraya_cena/) (дата звернення: 26.05.2024).
27. 20 ідей для проєктів на Raspberry Pi Pico. *Evo.net.ua*. URL: <https://evo.net.ua/20-idey-dlya-proektiv-na-raspberry-pi-pico/> (дата звернення: 26.05.2024).
28. Arduino Придбати в Києві, Україна. *Arduino в Україні*. URL: <https://arduino.ua/ru/brand/raspberry-pi-foundation>. (дата звернення: 26.05.2024).
29. Java та Інтернет речей. Як стати успішним IoT-девелопером? *JavaRush*. URL: <https://javarush.com/ua/groups/posts/uk.2426.java-ta-nternet-rechey-jak-stati-uspshnim-iot-developerom> (date of access: 26.05.2024).
30. Сервери із США, HP, DELL. URL: <https://server-shop.ua/assets/images/resources/9344/hp-dl360-g9-quickspecs.pdf> (дата звернення: 26.05.2024).
31. Сервер DL360 gen9 SFF - ТОВ "ай ті експертс". URL: <https://sysadmin.poltava.ua/dl360-gen9-sff/> (дата звернення: 26.05.2024).
32. Сервер HP ProLiant DL360p Gen9 1U (10x2.5 SFF). *Serverparts*. URL: <https://serverparts.com.ua/servera/server-hp-dl360p-g9-gen9-1u-440ar-8x25-sff-2/> (дата звернення: 26.05.2024).
33. Сервер HP ProLiant DL360 Gen9 (8 SFF) (Б/В). *SERVAK*. URL: <https://servak.com.ua/ua/servers/server-hp-proliant-dl360-gen9-sff.html#:~:text=Збереження%20даних,SAS,%20SATA%20SSD%20або%20HDD>. (дата звернення: 26.05.2024).
34. Огляд HPE iLO 5. Сервери із США, HP, DELL. URL: <https://server-shop.ua/ua/overview-hp-ilo-5.html> (дата звернення: 26.05.2024).
35. Учасники проєктів Вікімедіа. Hewlett Packard Enterprise – Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Hewlett\\_Packard\\_Enterprise#:~:text=Hewlett%20Packard%20Enterprise%20\(HPE,%20вимовляється,Hewlett-Packard%20на%20дві%20компанії](https://uk.wikipedia.org/wiki/Hewlett_Packard_Enterprise#:~:text=Hewlett%20Packard%20Enterprise%20(HPE,%20вимовляється,Hewlett-Packard%20на%20дві%20компанії). (дата звернення: 26.05.2024).

36. Учасники проектів Вікімедіа. Hewlett-Packard – Вікіпедія.  
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Hewlett-Packard#:~:text=HP%20заснували%201%20січня%201939,високоточний%20аудіоо сцилятор%20«Model%20200A»>. (дата звернення: 26.05.2024).
37. Учасники проектів Вікімедіа. ESP8266 – Вікіпедія.  
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP8266> (дата звернення: 26.05.2024).
38. Wi-Fi Модуль ESP-01 (ESP8266). *Мій Проект*. URL: <https://myproject.com.ua/wi-fi-modul-esp8266-esp-01-ua.html> (дата звернення: 26.05.2024).
39. Welcome to ESP8266 Arduino Core's documentation! – ESP8266 Arduino Core 3.1.2-21 - ga348833 documentation. URL: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/> (дата звернення: 26.05.2024).
40. NRF24L01 PDF. *ALLDATASHEET.COM - Electronic Parts Datasheet Search*. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1243924/ETC1/NRF24L01.html> (дата звернення: 26.05.2024).
41. RFM69HCW datasheet(1/79 Pages) HOPE. *ALLDATASHEET.COM - Electronic Parts Datasheet Search*. URL: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1139145/HOPE/RFM69HCW/112/1/RFM69HCW.html> (дата звернення: 26.05.2024).
42. Interfax-Ukraine. Як працює 3D-друк?. *Інтерфакс-Україна*. URL: <https://interfax.com.ua/news/press-release/983547.html> (дата звернення: 26.05.2024).
43. 3Д друк голови людини. *easy3dprint.com.ua*. URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/3d-druk/3d-druk-golovi-lyudini/> (дата звернення: 26.05.2024).
44. Етапи 3D-друку | Блог | 3D WAY. *3DWay* | 3D друк та моделювання будь-якої складності. URL: <https://3dway.com.ua/blog/stages-of-3d-printing> (дата звернення: 26.05.2024).
45. Стереолітографія (Laser Stereolithography, SLA). Статті компанії «pro3d.com.ua». *"pro3d.com.ua" - контакти, товари, послуги, ціни*.

URL: <https://pro3d.com.ua/a367313-stereolitografiya-laser-stereolithography.html> (дата звернення: 26.05.2024).

46. 3D друк SLS. *easy3dprint.com.ua*. URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/3d-druk/3d-druk-sls/> (дата звернення: 26.05.2024).

47. Блог. *easy3dprint.com.ua*. URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/category/blog-uk/> (дата звернення: 26.05.2024).

48. 3D-друк, або адитивне виробництво. *Освітній проект «На Урок» для вчителів*. URL: <https://naurok.com.ua/3d-druk-abo-aditivne-virobnictvo-412406.html#:~:text=2%20ЕКОНОМІЧНІСТЬ3%20Д-друк%20часто,3%20ЕКОЛОГІЧНІСТЬ>. (дата звернення: 26.05.2024).

49. CH340C datasheet(pdf). *ALLDATASHEET.COM - Electronic Parts Datasheet Search*. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1817208/WCH/CH340C.html> (дата звернення: 26.05.2024).

50. Documentation. *Eclipse* Mosquitto. URL: <https://mosquitto.org/documentation/> (дата звернення: 26.05.2024).

51. Лекція 2.2. Передача даних в архітектурі IoT: MQTT. *Школа автоматики*. URL: <http://edu.asu.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=116> (дата звернення: 26.05.2024).

52. Що таке MQTT і для чого потрібний протокол. *Highload.today - media для розробників*. URL: <https://highload.today/uk/shho-take-mqtt-i-dlya-chogo-vin-potribnij/#:~:text=Після%20отримання%20повідомлення%20CONNECT%20брокер,509>. (дата звернення: 26.05.2024).

53. Hughes J. M. *Arduino : a technical reference: a handbook for technicians, engineers, and makers*. O'Reilly Media, Incorporated, 2016.

# ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### «Розробка системи моніторингу мікроклімату в приміщеннях з використанням розумних датчиків і технологій IoT»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології  
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконав(ла): Стрільців І.О., ІСД-42

Науковий керівник роботи:

Миколайчук В.Р.

Київ - 2024

- **Актуальність теми:** Інтернет речей (IoT) виступає однією з найперспективніших технологій, що охоплює всі сфери, й несе в собі безліч можливостей для вдосконалення умов життя та праці людей.
- **Наукова новизна:** Програмно-апаратна частина реалізації системи контролю мікроклімату в приміщенні.
- **Об`єкт дослідження:** Процес побудови системи контролю мікроклімату.
- **Предмет дослідження:** Програмно-апаратна архітектура IoT для розгортання системи контролю мікроклімату в приміщенні.
- **Мета дослідження:** Покращення умов життя в приміщенні та дослідження можливостей побудови системи контролю мікроклімату за допомогою IoT
- **Завдання дослідження:**
  1. Проаналізувати діючі системи з контрою мікроклімату
  2. Розробити план побудови архітектури та функціоналу застосунку за контролем пристроїв
  3. Створити та налаштувати модуль контролю мікроклімату, написати для нього програмну частину

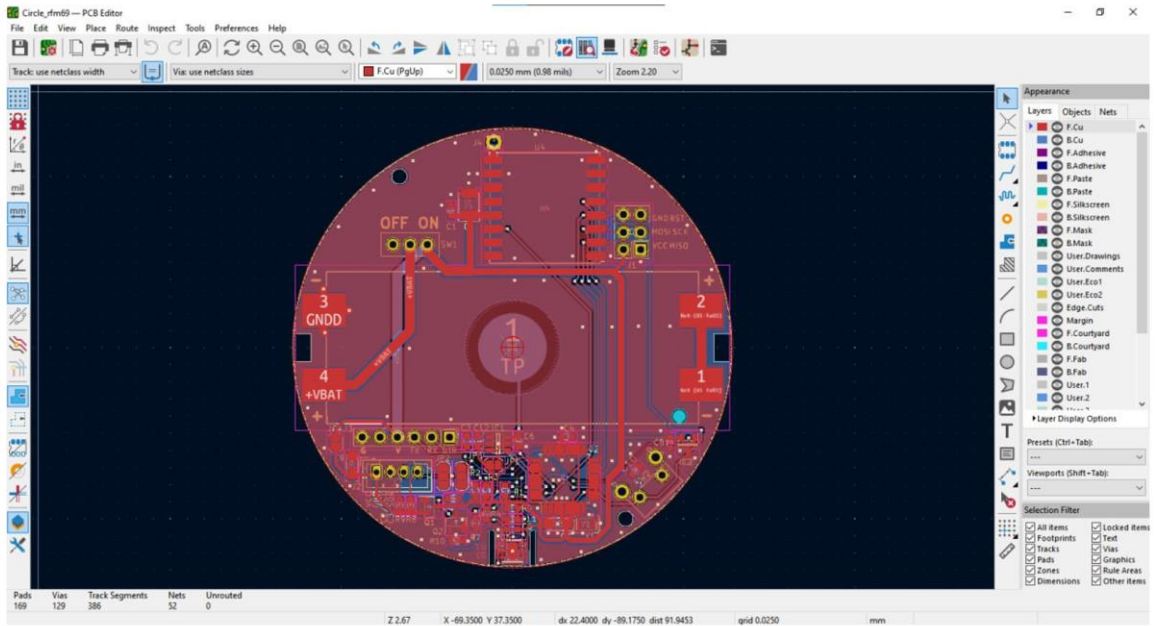
## Інтернет речей



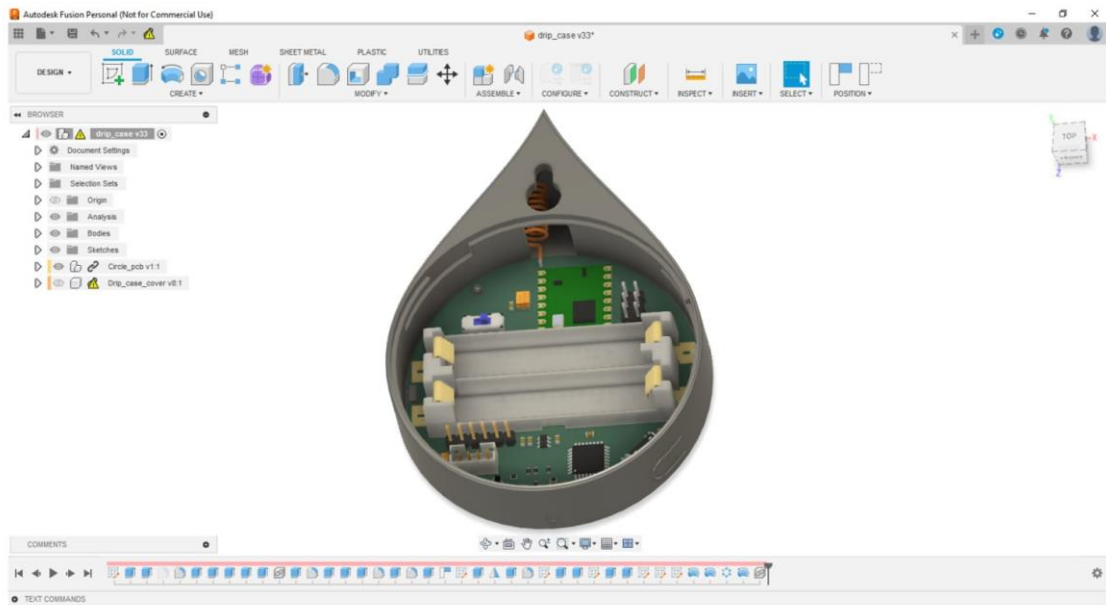
3



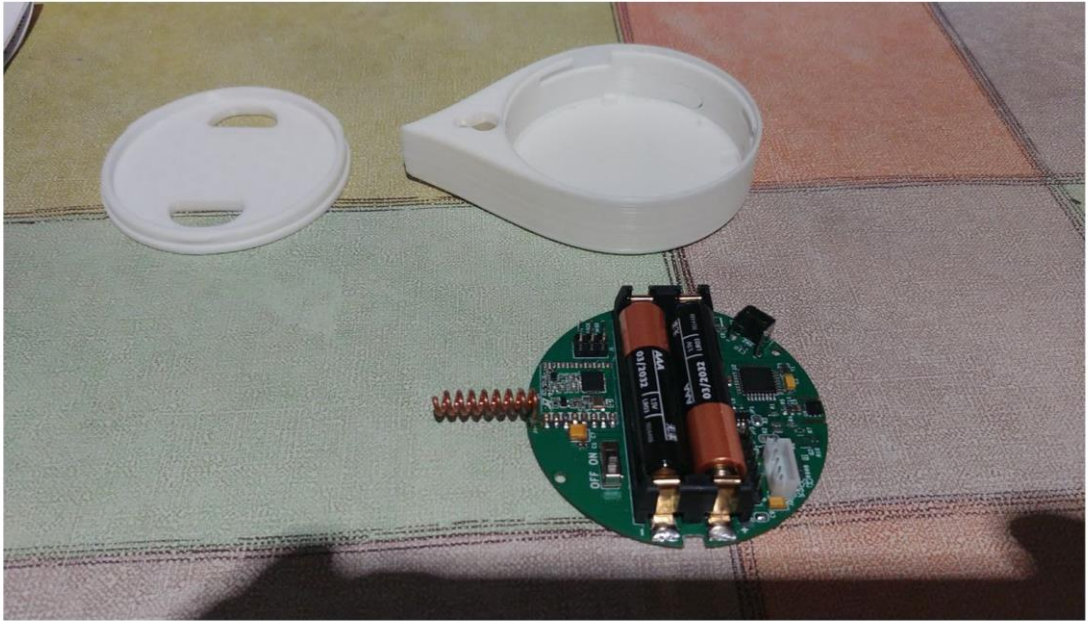
4



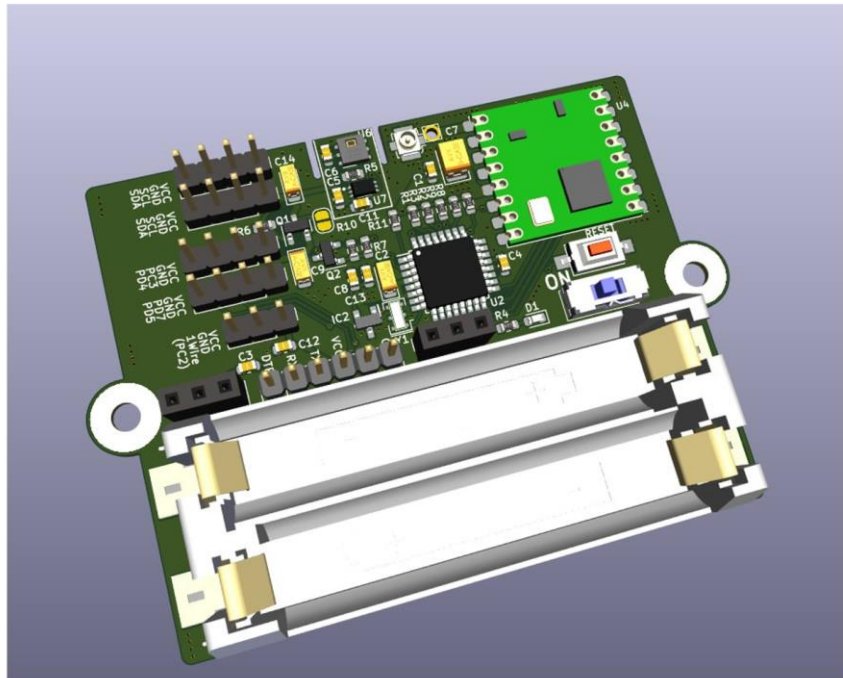
5



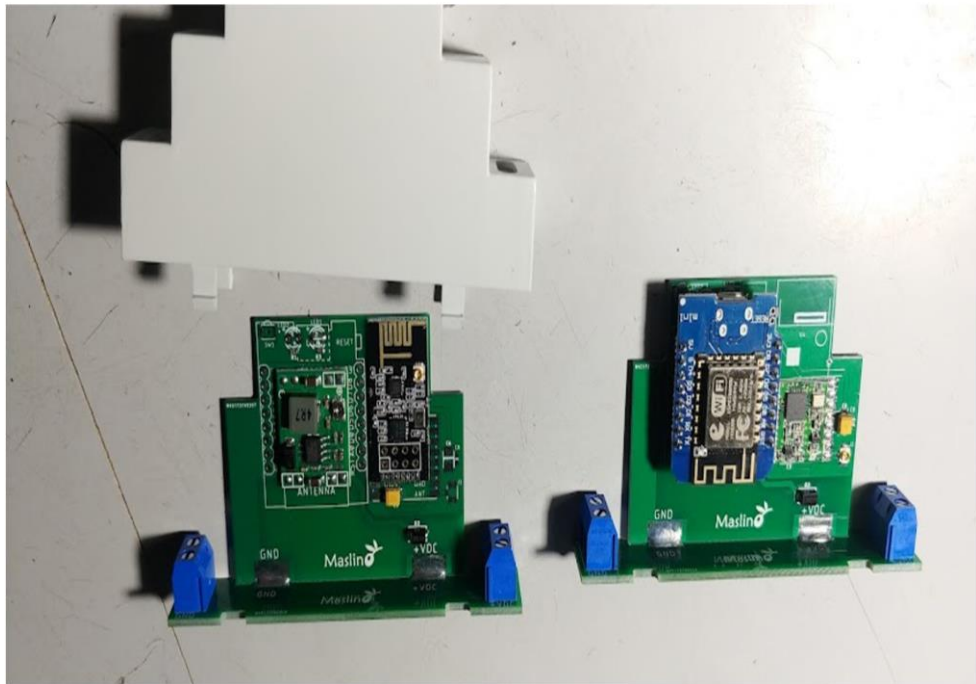
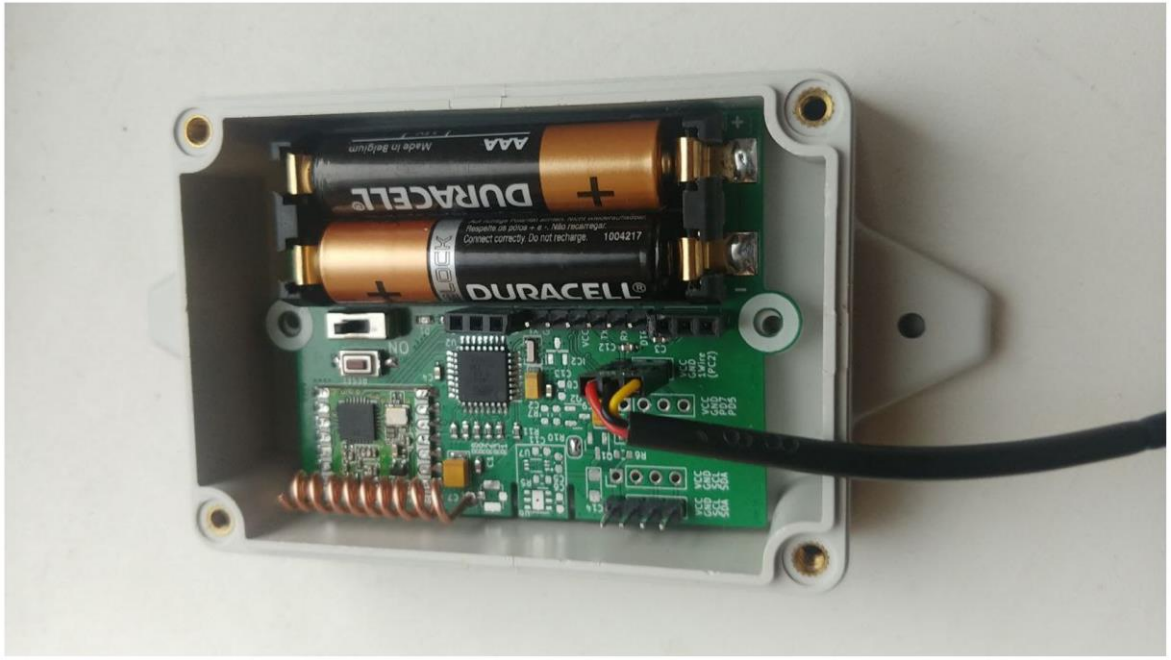
6



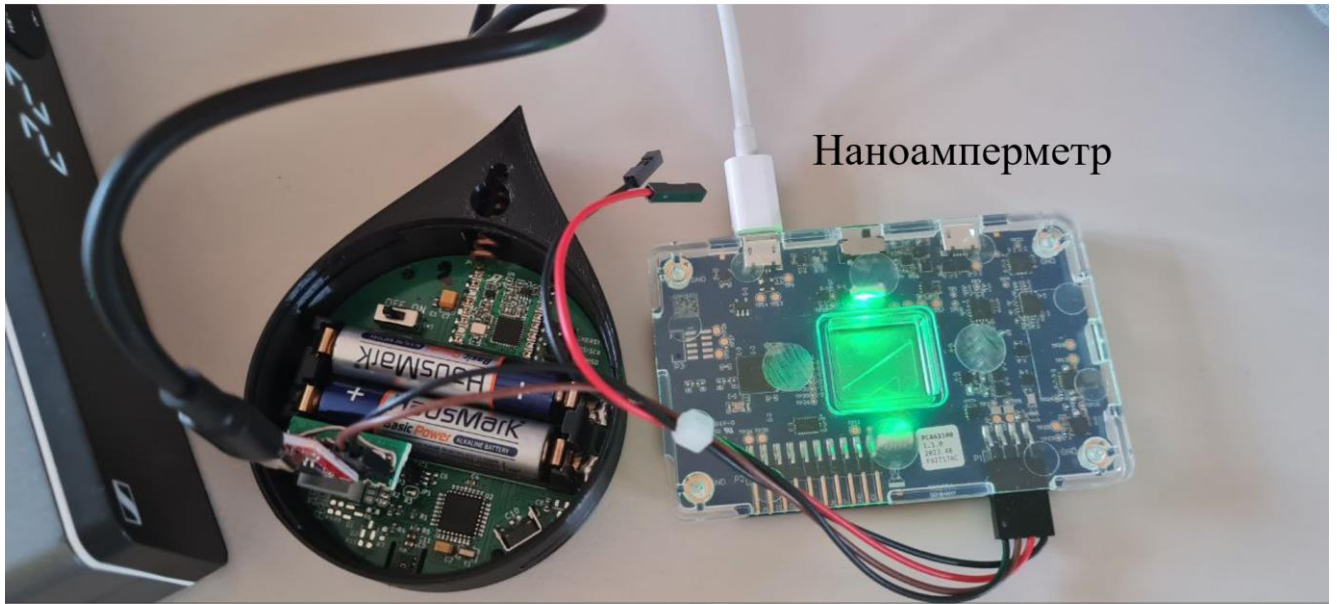
7



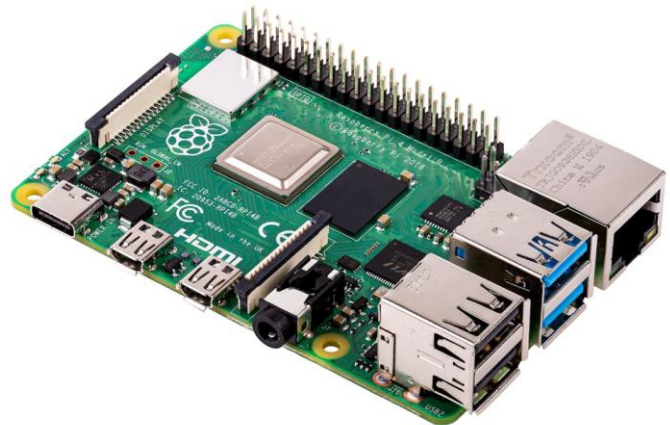
8







11



12

All 20:19:00 🌞 ⬆️ 03.59 ⬇️ 18.08

**Light/Switch Devices:**

- Socket1 **On** Last Seen: 2024-05-17 07:58:53
- S1-102\_SW1 **Off** Last Seen: 2024-05-14 20:44:11
- Air Raid Alarm - Kyiv **Off** Last Seen: 2024-05-19 20:18:53

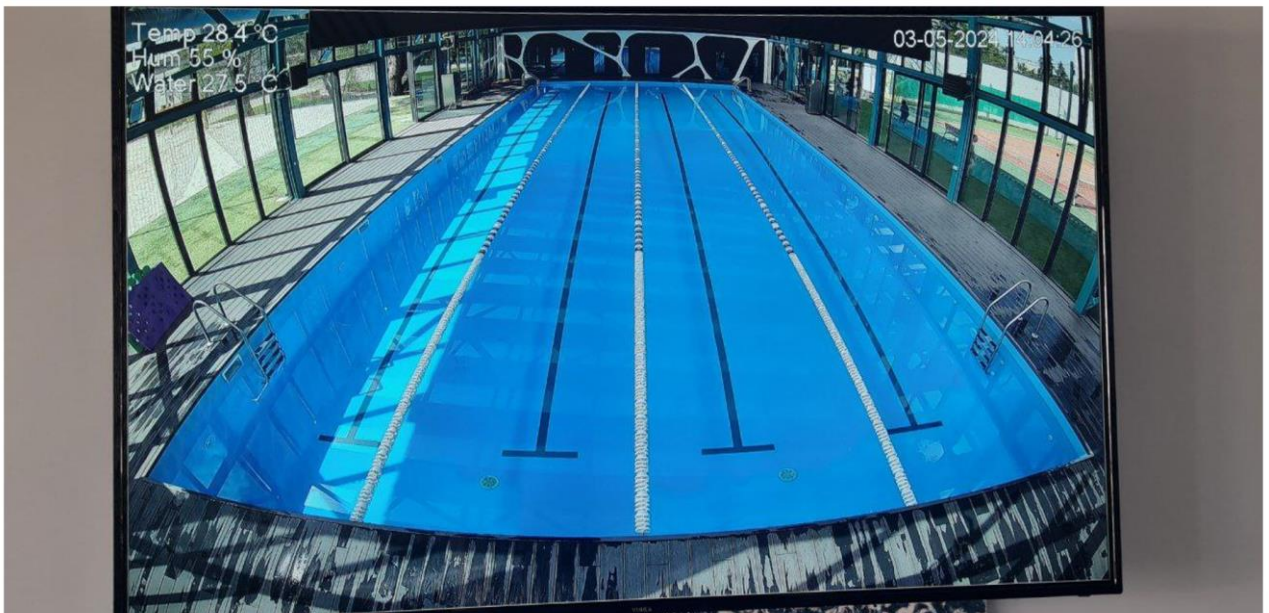
**Temperature Sensors:**

- CO2 T+H **18.7° C / 44%** Comfortable, Dew Point: 6.20° C Last Seen: 2024-05-17 12:40:40
- S1-101\_T+H **23.7° C / 50%** Comfortable, Dew Point: 12.66° C Last Seen: 2024-05-19 20:01:39
- S1-102\_T+H **19.7° C / 51%** Comfortable, Dew Point: 9.28° C Last Seen: 2024-05-19 20:18:23
- SRV Internal Temperature **46° C** Last Seen: 2024-05-19 20:17:55
- Temp\_DS18B20 **18.6° C** Last Seen: 2024-05-19 20:06:10

**Utility Sensors:**

- CO2 Sensor **0 ppm** Excellent Last Seen: 2024-05-17 12:40:40
- S1-101\_Voltage **2.94 V** Last Seen: 2024-05-19 20:01:40
- S1-102\_Voltage **2.79 V** Last Seen: 2024-05-19 20:18:24
- DS18B20\_Voltage **3.07 V** Last Seen: 2024-05-19 20:06:07
- S1-101\_Light **1%** Last Seen: 2024-05-19 20:01:40
- S1-102\_Light **1%** Last Seen: 2024-05-19 20:18:24
- S1-101\_RSSI **-34 dB** Last Seen: 2024-05-19 20:01:42
- S1-101\_TX power level **-2 dB** Last Seen: 2024-05-19 19:51:37
- S1-102\_RSSI **-27 dB** Last Seen: 2024-05-19 20:01:39
- S1-102\_TX power level **-2 dB** Last Seen: 2024-05-19 20:01:39
- DS18B20\_RSSI **-30 dB** Last Seen: 2024-05-19 20:06:07
- DS18B20\_TX power level **-2 dB** Last Seen: 2024-05-19 20:06:07

13



14

# Висновки

- В цій роботі було проведено глибокий аналіз СКМП, досліджуючи їхні компоненти, принципи роботи, переваги та виклики. Було розроблено та створено повністю готову систему, включаючи схему для датчиків й шлюзу та корпус надрукований використовуючи технологію 3D друку. СКМП використовує відкрите програмне забезпечення та недороге доступне обладнання, що робить цю систему ідеальною для домашнього використання для автоматизації домашнього мікроклімату в приміщенні.
- Стрільців І. РОЗРОБКА ІоТ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ. «Сучасний стан та перспективи розвитку ІоТ» : матеріали Міжнар. науково-техн. конф., м. Київ, 18 квіт. 2024 р.
- Стрільців І. ПІДВИЩЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ЖИТТЯ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ DOMOTICZ. «Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті» : матеріали Всеукр. науково-практ. конф., м. Київ, 15 трав. 2024 р.