

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків за
протоколом MQTT»**

Освітній ступінь “Магістр”

Спеціальність 171 «Електроніка»
(шифр і назва спеціальності)

Науковий керівник роботи:

(підпис)

О.І. Захожай

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

Д. А. Літовченко

(ініціали, прізвище)

Група:

ЕЛ-21дм

Київ 2022

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Пошук літературних джерел	01.11 - 10.11	
2	Огляд систем збору даних у різних галузях	11.11 - 18.11	
3	Аналіз систем збору даних та протоколів передачі даних	18.11 - 21.11	
4	Аналіз програмного та апаратного забезпечення.	22.11 - 26.12	
5	Реалізація розподіленої електронної системи збору даних.	27.11 - 03.12	
6	Оформлення пояснювальної записки	04.12 - 08.12	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Д.А. Літовченко _____

(ініціали, прізвище)

Керівник _____

(підпис)

О.І. Захожай _____

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 67 с., 40 рис., 3 табл., 26 посилань.

Тема наукової роботи: «Розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT».

Об'єктом дослідження є процес розробки розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT, використовуючи різні програмні та апаратні забезпечення для збору даних.

Мета роботи — метою роботи є розробка розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку.

В процесі роботи проведені аналізи типів систем збору та керування даними та розглянуто протоколи передачі даних, а також проаналізовано різні програмні та апаратні забезпечення

В результаті роботи реалізовано розподілену електронну систему збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT.

В проекті виконано:

1. Огляд електронних систем збору даних у різних галузях.
2. Аналіз систем збору даних та протоколів передачі даних.
3. Аналіз програмного та апаратного забезпечення.
4. Реалізація розподіленої електронної системи збору даних.

СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ, КЕРУВАННЯ, ДАТЧИКИ, ПРОТОКОЛ,
ВІДДАЛЕНЕ УПРАВЛІННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, БАЗА ДАНИХ

A B S T R A C T

Explanatory note of the qualification work: 67 p., 40 pic., 3 tabl., 26 sources.

The topic of the scientific work: «Distributed electronic data acquisition system from digital sensors using the MQTT protocol»

The object of research of the study is the process of developing a distributed electronic system of data acquisition from digital sensors according to the MQTT protocol, using various software and hardware for data collection.

The purpose of the work — the purpose of the work is to develop a distributed electronic system for acquisition data from digital sensors using the MQTT protocol for the home.

During the work, the types of data acquisition and management systems were analyzed and data transfer protocols were considered, as well as various software and hardware were analyzed.

As a result of the work, a distributed electronic system of data acquisition from digital sensors using the MQTT protocol was implemented.

The project carried out:

1. Overview of electronic data acquisition systems in various industries.
2. Analysis of data acquisition systems and data transmission protocols.
3. Software and hardware analysis.
4. Implementation of a distributed electronic data acquisition system.

DATA ACQUISITION SYSTEM, CONTROL, SENSORS, PROTOCOL,
REMOTE CONTROL, MICROCONTROLLER, DATABASE

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ У РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Теоретичні відомості.....	9
1.2 Аналітичний огляд СЗД у різних галузях на основі інтернет речей.	11
1.1.1 Використання СЗД у медицині на основі Інтернет речей	13
1.1.2 Використання СЗД у транспортної галузі на основі Інтернет речей.....	15
1.1.3 Використання СЗД у військових цілях на основі Інтернет речей	18
1.1.4 Використання СЗД у містах на основі Інтернет речей.....	19
1.1.5 Використання СЗД для домашньої автоматизації на основі Інтернет речей .	21
1.3 Постановка задачі дослідження.....	24
1.4 Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ТА ПРОТОКОЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ.....	27
2.1 Аналіз типів систем збору та керування даними за способом передачі даних. 27	27
2.1.1 Аналіз централізованої системи збору та управління даними	27
2.1.2 Аналіз розподіленої системи збору та управління даними.....	29
2.1.3 Аналіз провідних систем передачі даних.....	30
2.1.4 Аналіз безпроводних систем передачі даних	31
2.1.5 Порівняльна характеристика систем збору та управління даними	32
2.2 Аналіз та порівняльна характеристика протоколів передачі даних	33
2.3 Висновки до розділу 2.....	39
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ТА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	40
3.1 Огляд програмних забезпечень для системи збору даних	40
3.1.1 Огляд Openhab	40
3.1.2 Огляд HomeAssistant	41
3.1.3 Огляд Majordomo.....	42
3.2 Аналіз плат та датчиків для системи збору даних.....	44
3.2.1 Порівняльний аналіз плат Raspberry Pi та його альтернатив	45
3.2.2 Огляд мікроконтролера ESP8266	49
3.2.3 Характеристика датчиків	51
3.3 Висновки до розділу 3.....	55

РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ З ЦИФРОВИХ ДАТЧИКІВ	56
4.1 Створення розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку	56
4.1.1 Налаштування протоколу MQTT та сцен у програмі MajorDoMo	57
4.1.2 Схема з'єднання мікроконтролера ESP8266 з датчиком температури DS18B20	61
4.2 Висновок до розділу 4.....	63
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	65

ВСТУП

Зараз сучасний світ стрімко розвивається. Електронні системи збору даних та автоматизовані системи збору даних все частіше використовують у повсякденному житті. Електронна система збору даних – є комп'ютеризованою системою для збору, аналізу та управління даними за допомогою персонального комп'ютера ПК, або персональної електронно-обчислювальної машини ЕОМ. Збір даних, аналіз та управління виконується завдяки датчикам або мікропроцесорам.

Останнім часом електронна система збору даних отримала значний розвиток у суспільстві та науці. Це сталося за допомогою розвитку комп'ютерних технологій. Саме завдяки комп'ютерним технологіям електронну систему збору даних з цифрових датчиків можна зустріти у «Розумних браслетах», «Розумних годинниках» та «Розумних будинках».

Система збору даних може бути розподіленою. Розподілена система складається з багатьох об'єктів, які передають свої дані за допомогою мережевих технологій, а саме провідних Ethernet, Modbus або безпроводних Wi-Fi, ZigBee. До об'єктів розподіленої електронної системи збору даних можна віднести ПК або мікропроцесор, які зберігають або збирають дані з цифрових датчиків. До цифрових датчиків можна віднести датчики тиску, температури, руху, сили й т. д. Всі ці датчики надають дані, які потім можна зберегти та проаналізувати за допомогою ПК.

Нині розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків є актуальним рішенням для забезпечення високого рівня безпеки у будинку. Забезпечити безпеку можуть датчики руху, які можуть відстежувати рух у кожній кімнаті або камери відеоспостереження, які будуть спостерігати за будинком.

Також актуальність теми визначається завдяки потребам споживача. До потреб споживача можна віднести: створення комфорту у будинку, забезпечити будинок новими системами безпеки та розробити економічну ефективність енергоресурсів у будинку. Всі ці потреби можна вирішити завдяки розподіленій електронній системі збору даних.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ У РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Теоретичні відомості

Електронна система збору даних (СЗД) — це система, яка виконує збір даних з фізичних умов реального світу за допомогою цифрових датчиків. Отримані дані перетворюють у цифрові значення, якими може маніпулювати за допомогою ПК [1]. Одним з прикладів реального сигналу може бути температура, яку можна вимірювати за допомогою цифрових датчиків. Завдяки датчикам виконується перетворення температури у напругу або цифровий сигнал. Потім сигнал з датчиків поступає на контролер, який перетворює їх у двійкове число, і це число буде передаватися на комп'ютер для керування приводом. Привод — це механічні пристрої, які виконують певну роботу. Такими пристроями можуть бути двигуни або реле.

Головною задачею СЗД є збирання, зберігання та управління даними. До того, більшість систем збору даних мають вбудовані функції аналізу та створення звітів. Водночас такі системи використовуються для візуалізації під час та після вимірювань та аналізу даних.

За допомогою системи збору даних можна отримати інформацію температуру, напруги, струму, світло, аудіо звуку і т. д. Для отримання інформації систему збору даних поділяють на:

- сканувальні, які використовуються при вимірюванні полів розподілу параметрів, такі як тепловізори, УЗД апарати[1];

- мультиплексні, які нині вважаються найпоширенішими, вони охоплюють збір даних та окремі засоби обробки аналогового сигналу для кожного вимірювального каналу, та загальний блок аналого-цифрового перетворення[1];

- паралельні, які основані на так званих інтелектуальних датчиків (ІД). Кожна схема ІД містить одноканаловий СЗД з власним інтерфейсом. Через їх апаратне резервування вони скоро можуть замінити мультиплексні системи[1];

– мультиплексовані, цей збір даних варто зазначити, хоча він мало коли використовуються.

Одним з останніх досягнень СЗД стало інтегрування та синхронізування зі системою керування. Система керування (або Система управління) — це контролер, призначення якого керувати великою кількістю приводів[2]. Одним з таких приводів є системи керування світлофором. До системи керування світлофором на вхід приходять сигнали з датчика, цей сигнал опрацьовує виконавчий механізм та подає на вихід один із трьох індикаторів світла у світлофорі, при цьому два інших індикатори повинні бути вимкнуті протягом періоду. За допомогою цієї системи можна проаналізувати час увімкнення та вимкнення світлофорів на конкретному перехресті.

З вищенаведеного прикладу можна відокремити роботу виконавчого механізму. Саме завдяки виконавчому механізму можна регулювати систему керування на основі певної логіки. Фактично логіка це код який написано на одній з мов програмування для контролера за допомогою якого виконується керування.

Головною задачею системи керування є отримання даних з будь-яких датчиків або динамічних систем, які потім обробляються за допомогою логіки та передаються на вихід. Зараз у сучасно світі трудно уявити систему керування, без вхідних даних.

Керуючі дії класифікуються на декілька типів:

1. Системи керування з безперервним або розподіленим часом. У безперервних системах сигнал приходиться постійно, а у розподілених системах сигнал може перериватися[2].

2. Системи керування SISO та MIMO. Ці дві системи відрізняються тільки тим, що системі SISO може мати тільки один вхід та один вихід, а система MIMO може мати їх більше ніж один[2].

3. Розімкнуті та замкнуті системи керування. Ці дві системи є головною класифікацією у системі керування. Розімкнута система може тільки приймати сигнал і видавати його, а замкнута система перенаправляє сигнал, який вийшов з контролера на вхід і потім замикає його[2].

Зараз системи керування та системи збору даних доповнюють одна одну. Обидві системи можна зустріти у промисловості, логістиці, сільському виробництві, інфраструктурі міста, моніторингу навколишнього середовища, а також у мережах зв'язку та у військовому виробництві. Фактично можливості збору даних та управління даним інтегровано у будь-яке програмне забезпечення, яке може контролювати кожен аспект роботи.

Крім того, через швидкий розвиток Інтернет-технологій у світі з'явилися можливості з'єднувати різні пристрої у велику мережу. Це сталося за допомогою об'єднання електронної системи збору даних зі сучасною мережею Інтернет речей (IoT). Завдяки об'єднанню цих двох технологій можна створити розподілену електронну систему збору даних з цифрових датчиків за різними протоколами, які використовує концепція мережі IoT. Технологія IoT допомагає зібрати та проаналізувати великий набір даних. При цьому використовуючи дешеві та потужні комплексні на основі сенсорних мереж. До того ж подібну технологію використовують у сучасних розумних будинках, які оснащені комп'ютерами та датчиками, які збирають дані для аналізу роботи кожного електронного елемента й для забезпечення комфорту та безпеки у будинку.

1.2 Аналітичний огляд СЗД у різних галузях на основі інтернет речей.

Інтернет речей (IoT) означають здатність об'єктів з датчиками з'єднуватися один з одним через локальну мережу або Інтернет, щоб запропонувати зворотний зв'язок і допомогти в прийнятті рішень щодо комерційного, промислового та домашнього використання [3]. За допомогою Інтернет речей данні можна отримати на телефон або планшет, при цьому дані зберігаються у хмарних сховищах. Хмарні сховища надають місце для зберігання великої кількості інформації, що приходять з датчиків, а також дозволяють доступу до пристроїв електронної системи будь-коли. Область IoT набула міцність завдяки об'єднанню технологій обчислення та систем збору даних з датчиками. Зараз технологію використовують у машинному навчанні та у медицині.

До об'єктів IoT може входити такі пристрої як датчики, гаджети, прилади та інші електронні машини, які збирають дані та обмінюються ними через Інтернет. Кожен пристрій запрограмований для певних програм, і водночас вбудований у мережу IoT. Наприклад, пристрій IoT в автомобілі може визначити затори попереду та автоматично надіслати повідомлення людині через Інтернет. Самі пристрої IoT можуть варіюватися від простих побутових приладів для приготування їжі до потужних промислових машин. Хоча цілі різних пристроїв IoT відрізняються, усі вони працюють подібним чином. Пристрої IoT — це, перш за все, матеріальні предмети, які сприймають події, що відбуваються в реальному світі. Зазвичай вони підключаються до сервера і мають вбудований центральний процесор, мережевий адаптер і мікропрограму. Крім того, будь-який прилад IoT має унікальний ідентифікатор (IP) і може передавати дані без втручання людини[4].

Мережа, зв'язок і протоколи підключення значною мірою залежать від конкретної розгорнутої програми IoT. Існує багато різних типів пристроїв IoT залежно від їх використання[4]. Ось кілька найпоширеніших:

1. IoT комерційний використовується переважно у медицині, транспортна галузь або логістиці. Наприклад, розумні часи для збору даних здоров'я та системи створення маршруту для перевезення вантажу.

2. IoT для споживачів використовується постійно у побуті. Наприклад, побутова техніка, розпізнавання мови.

3. IoT у військових цілях. Наприклад, роботи-спостереження та бойова біометрія, яку можуть носити люди.

4. IoT інфраструктура здебільшого використовується у великих міста. Наприклад, датчики інфраструктури та системи управління.

5. IoT промисловий використовується в основному в промислових додатках, таких як виробництво та енергетика. Наприклад, цифрові системи управління та розумне сільське господарство.

6. IoT для домашньої автоматизації — зазвичай використовується у розумних будинках та у промислових приміщеннях.

Далі буде детально розглянуто системи збору даних у різних галузях на

основі інтернет речей.

1.1.1 Використання СЗД у медицині на основі Інтернет речей

Швидкий розвиток технологій призвів до революції у медицині. Система збору даних на основі Інтернет речей значно підвищує якість медичного обслуговування, надаючи швидкі, безпечні, ефективні та недорогі способи отримання, зберігання аналізу даних пацієнтів у електронному вигляді.

Інтернет медичних речей (IoMT), це підмножина технологій IoT, включає об'єднані в мережу пристрої та програми, що використовуються в інформаційних технологіях в галузі медицини та охорони здоров'я [5]. Такими пристроями може бути різна медична електроніка (рис. 1.1), що носить, наприклад, фітнес-браслети, «розумний» годинник, аналізатори параметрів людини та інші. Медична електроніка дозволяє пацієнтам самостійно контролювати своє самопочуття та коригувати режим дня, активність та харчування відповідно до поточних показників. Водночас кожна медична електронна система збору даних оснащена датчиками автоматично сповіщають медичних працівників про досягнення критичних значень, що знижує ризики здоров'ю у власних пацієнтів.



Рисунок 1.1 — Приклад медичної електроніки.

У медичній електроніці можна виокремити медичне натільні пристрої, які використовують пацієнти для відстеження або моніторингу свого здоров'я. Такі

пристрої доступні кожній людині, як для особистого використання, так і для спільного використання з медичними працівниками. За допомогою цих пристроїв виконується електронний збір даних з датчиків по окремої частини тіла. Натільний пристрій можуть вимірювати загальну статистику, наприклад частоту серцевих скорочень або допомогти пацієнту вимірювати цукровий діабет. Цукровий діабет можна виміряти за допомогою системи безперервного моніторингу глюкози (БМГ) (рис. 1.2) [6].



Рисунок 1.2 — Приклад моніторингу глюкози.

Медичну електронну систему збору даних з цифрових датчиків на основі ІоМТ можна використовувати й вдома. Для цього можна встановити у дома різні датчики для контролю за само почуттям людини або використовувати медичні пристрої для передачі таких показників, як артеріальний тиск або насичення крові киснем до лікарні. Це може зменшити повторну госпіталізацію людей похилого віку, виявляючи проблеми до того, як вони стануть серйозними. Згідно з доповіддю про старіння населення світу [7] кількість людей похилого віку значно збільшилася за останні роки, і у 2015 р. в усьому світі налічувалося близько 900 мільйонів осіб у віці 60 років і більше. Крім того, різко зростає кількість людей, які страждають

на хронічні захворювання, такі як серцева недостатність або діабет. Таким чином, перехід до віддаленого медичного обслуговування може значно полегшити роботу систем охорони здоров'я та принести користь пацієнтам.

Крім того, за допомогою електронної системи збору даних та ІоМТ можна підтримувати гігієнічних умов у лікарнях. Для прикладу, інформуючи персонал про необхідність мити та стерилізувати руки перед входом у кімнату та одразу після контакту з пацієнтом. Це можна зробити за допомогою датчиків руху, який буде встановлено у дозатор мила та поруч з дверми. Датчик руху буде передавати аудіоповідомлення, щоб нагадати всім помити руки. Залежно від потреб кожного пацієнта датчики можуть навіть запропонувати певні процедури очищення. За науковими дослідженнями експертів, це більш ніж на 60% знижує ймовірність зараження.

Як і будь-яка інша технологія, ІоМТ має свої недоліки та обмеження. Використання бездротових систем збору даних з датчиків за різними протоколами ІоМТ може перевести до розкриття конфіденційних даних, а це сильно впливає на привабливість цієї технології у медицині. Для розв'язання проблеми необхідно використовувати протоколи безпеки та шифрування. Однак, оскільки існує так багато різних пристроїв, то це складно.

Крім того, до недоліків цієї технології можна додати:

- погана якість медичного обладнання;
- труднощі у використанні, зазвичай у людей похилого віку
- проблеми з підключенням до мережі або пристрою;
- не якісне програмне забезпечення;
- може показувати невірні данні про здоров'я людини.

1.1.2 Використання СЗД у транспортної галузі на основі Інтернет речей

Використання СЗД у транспортної галузі на основі ІоТ змінює світ. За даними дослідження Allied Market Research, у 2020 році світовий ринок ІоТ у транспортної галузі оцінювався в 83,25 млрд доларів, а до 2030 року, за прогнозами, сягає 495,57 млрд доларів, а середньорічний темп зростання в період з 2021 по 2030 рік складе

19,9%. [8]. Хоча під час дослідження очікувалось, що через пандемію COVID-19 ринок IoT на транспорті зменшиться внаслідок того, що численні державні, громадські та інші організації запровадять культуру роботи вдома для свого персоналу.

Зараз СЗД на основі IoT у транспортній галузі використовує велику мережу вбудованих датчиків, приводів, розумних об'єктів та інших інтелектуальних гаджетів (рис. 1.3). Завдяки цієї мережі можна зібрати інформацію про реальну ситуацію та надсилає її у програмне забезпечення, для збереження та аналізу. Зараз транспортної галузі сильно змінюється завдяки технологіям, що підтримують Інтернет речей. До того ж зі збільшенням кількості транспортних засобів на дорогах міська транспортна система з кожним днем стає складнішою.



Рисунок 1.3 — Приклад IoT у транспортній галузі.

Одним з головних досягнень у транспортній галузі є безпілотні автомобілі чи автономні транспортні засоби. Завдяки підтримці технологій IoT безпілотні автомобілі перетворилися на інноваційну реальність. Безпілотні автомобілі здатні

безпечно рухатись, відчуваючи довкілля практично без участі людини. Для аналізу навколишнього середовища та збору даних безпілотні автомобілі використовують такі види датчиків як, акустичні датчики, ультразвукові датчики, радары, LiDAR (виявлення світла та дальність), камери відеоспостереження та датчики GPS для отримання інформації про навколишнє середовище. У безпілотних автомобілів велика залежність від датчиків. Тому що за допомогою датчиків система постійно збирають дані про навколишнє середовище в режимі реального часу і передають ці дані або в центральний блок, або у хмару.

Ще одним досягнень у транспортній галузі є автоматизована оплата проїзду та продаж квитків. Зі збільшенням кількості населення у містах, пункти для покупки квитків стали переповненими. У касах не вистачає ресурсів та робочої сили, щоб негайно допомогти багатьом людям отримати свій квиток. Тому замість традиційних систем оплати та продажу квитків, IoT на транспорті пропонує автоматизовану систему оплати.

Крім того, завдяки електронній системи збору даних та IoT можна відстежувати місцеперебування громадського транспорту режимі реального часу, що може допомогти передбачити, коли транспортний засіб прибуде на певну зупинку. Завдяки цьому відстеженню в реальному часі вибрати найкращий маршрут легше, оскільки він інформує водія про вузькі місця руху та допомагає йому знайти швидший і ефективніший шлях. Заохочуючи людей користуватися громадським транспортом, ці послуги можуть зменшити кількість приватних автомобілів на дорогах, а отже, зменшити трафік і викиди вуглецю.

Використання СЗД у транспортної галузі на основі IoT теж має свої недоліки та обмеження. Наприклад:

- проблеми з підключенням до мережі;
- висока вартість розробки та обслуговування;
- потрібні розробники ПО для логістики транспорту;
- знос техніки системи, які можуть призвести до автомобільної аварії;
- несправна робота датчика, яка може призвести до автомобільної аварії;
- може розкрити персональні дані людини.

1.1.3 Використання СЗД у військових цілях на основі Інтернет речей

Використання СЗД у військових цілях на основі IoT допомагає солдатам розпізнавати супротивника, підвищити ефективність у бою та отримати доступ до обладнання та систем зброї за допомогою швидких периферійних обчислень.

Internet of Military/Battlefield Things (IoBT) — це велика мережева система переносних пристроїв та датчиків з інтелектуальними технологіями[8]. До ключового компонента IoBT на думку дослідників входить, потужна периферійна архітектура, яка використовує біометричні дані, датчики навколишнього середовища та інші підключені пристрої для швидкого надсилання та отримання даних. Це дозволяє військовослужбовцям реагувати на потенційно небезпечні ситуації на полі бою [9].

Завдяки IoBT можна створити зв'язкову мережу, для з'єднання кораблів, літаків, танків та солдатів для підвищення вогневого враження противника або обстежити поле бою за допомогою дронів. Дрони можуть знайти позицію противника та передати дані до командного центру, і це все за допомогою СЗД на основі IoT. Крім того, дрони можна використовуватися для прикордонних патрулів території, щоб оповіщати у разі порушення чи загрози з боку ворога. Сучасні військові сили США вже використовують цю технологію.

Ще одним досягненням IoBT є можливість стежити за здоров'ям бійця для цього солдатські куртки повинні бути оснащені різноманітними датчиками, які можуть відстежувати, відчувати та надсилати сповіщення про зміну стану здоров'я солдата до командного центру. До того ж кожен солдат може перебувати під ретельним наглядом і, в небезпечних ситуаціях, усунутий з поля або отримати медичні добавки відповідно до його конкретних медичних потреб.

Зараз багато дослідників намагаються інтегрувати штучний інтелект в IoBT. Це може допомогти обороні виявити противника вдень або вночі завдяки системі розпізнавання цілей, що опирається на дані про погоду та навколишнє середовище. Це потенційно може врятувати цінні життя військових у разі раптового нападу

противника. Крім того, об'єктивне розпізнавання допомагає у військових операціях, рятувальних операціях і ситуаціях із заручниками.

Будь-яка армія може отримати вигоду від підключених кадрів і сенсорних можливостей IoT. Разом зі штучним інтелектом можемо отримати критичне розуміння поля бою практично в режимі реального часу, даючи офіцерам можливість використовувати інформацію, щоб змінити курс дій і провести успішну операцію. Але ця система збору даних має великий недолік, а саме вона ще погано досліджена у військових цілях, тому їй потрібен час для початку роботи в найсильніших арміях світу.

1.1.4 Використання СЗД у містах на основі Інтернет речей

Хоча це може бути неочевидно, сучасні великі міста та столичні регіони добре зв'язані та керуються даними. Навіть зараз можна побачити, що є кілька пристроїв моніторингу та датчиків, які постійно надсилають робочі дані в муніципальні системи. Звісно загальноміський моніторинг може бути не новим явищем, але масове поширення пристроїв та СЗД на основі IoT за останні роки призвело до терміну «Розумне місто» (рис. 1.4). Розумне місто — це місто, яке збирає дані за допомогою датчиків для покращення інфраструктури міста, комунальних послуг та громадськості[10]. За прогнозами, обсяг глобального ринку IoT у розумних містах до 2025 року досягне 260 мільярдів доларів за сукупного річного темпу зростання (CAGR) у 18,1% протягом прогнозованого періоду, згідно з дослідженням Markets and Markets.

Зараз на систему «Розумне місто» є величезний попит на ринку, це зумовлено тим, що дана система покращує повсякденне життя громадян у місті. Завдяки IoT у розумних містах впроваджено підтримку інтелектуальних міжміських транспортних мереж, оптимізацію зусиль з управління водними ресурсами та покращення ефективності освітлення та опалення в будівлях і громадських спорудах. Очікується, що розширення ринку в цьому секторі також буде сприяти зросту пов'язаних рішень та розумних технологій.

на основі IoT, яке допомагає місцевим органам влади підвищити енергоефективність та знизити витрати на енергію та обслуговування. Інтелектуальні ліхтарі передають інформацію про технічне обслуговування, щоб прогнозувати проблеми та пришвидшити час реагування, а також вони автоматично змінюють рівень яскравості залежно від потоку транспорту. Зараз у світі порівняно зі звичайними вуличними ліхтарями, Маямі має одне з найбільш мережевих вуличних ліхтарів у світі, що дозволило місту заощадити 44% річних витрат на електроенергію.

Крім того, багато муніципальних органів влади використовують IoT для автоматизації та вдосконалення своїх систем керування трафіком, щоб зменшити втрату часу та грошей через затримки руху. Керування трафіком виконується за допомогою датчиків, розміщених на перехрестях для вимірювання інтенсивності руху на дорогах.

У данні системи теж є свої недоліки, а саме:

- висока вартість розробки;
- потрібні висококваліфіковані розробники ПО;
- висока вартість обслуговування;
- система може бути перевантажена великою кількістю запитів;
- проблеми з інтегруванням нової техніки;
- знос техніки системи;
- проблеми зі світлом, які приводять до нестабільної роботи датчиків;
- систему можна зламувати для розкрадання даних.

1.1.5 Використання СЗД для домашньої автоматизації на основі Інтернет речей

Домашня автоматизація за допомогою СЗД на основі IoT має можливість керувати побутовою технікою за допомогою обладнання, підключеного до Інтернету за різними протоколами. Зараз система домашньої автоматизації дуже потрібна людям для енергоощадної побутової техніки.

Усі електричні та електронні гаджети в автоматизованих будинках контролюються автоматично, вони можуть бути підключенні за допомогою дротового або бездротового зв'язку. Підключення відбувається між датчиками керуючими пристроями, наприклад, контролером та виконавчими механізмами (рис. 1.5).

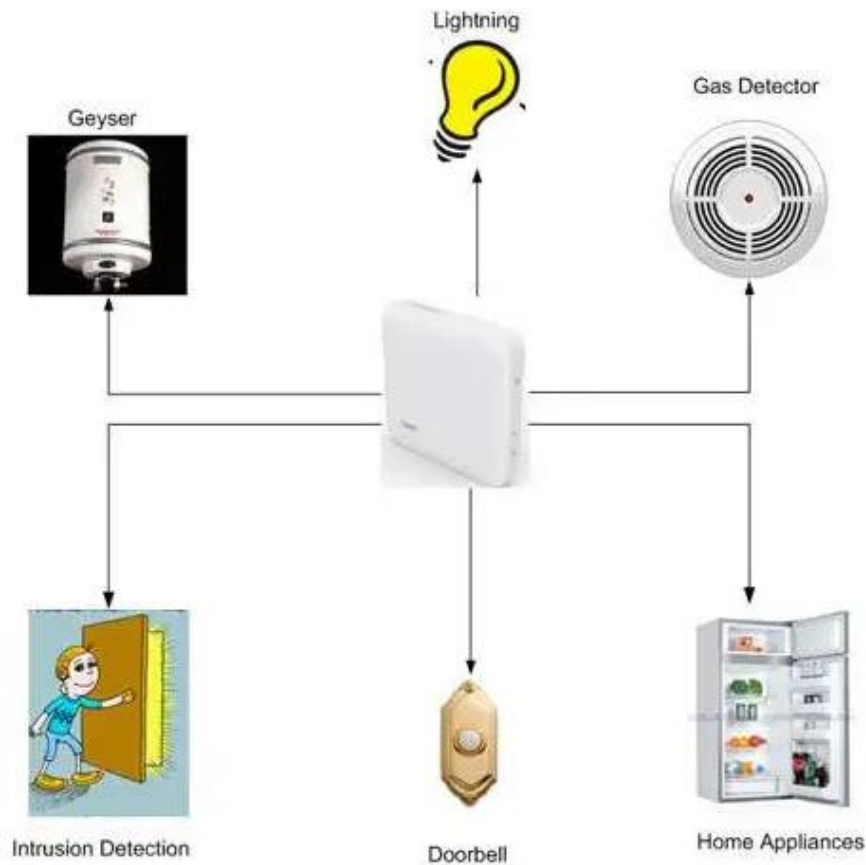


Рисунок 1.5 — Структура системи домашньої автоматизації.

Основні механізми, що виконують датчики це отримання даних. Данні можуть приходити від руху, температуру, вологості, тиску, струму або інших аспектів чутливості. Потім данні передаються на контролер для виконання будь-якого виконавчого механізму. Контролерами можуть бути персональні комп'ютери/ноутбуки, тачпади, смартфони й т. д., а виконавчим механізмом може бути програмована логіка. Програмована логіка — це програма написана будь-якою мовою програмування.

Сьогодні є три сфери для реалізації домашньої автоматизації, а саме:

– об'єднання системи домашньої автоматизації з Інтернетом для створення

розумного будинку на основі IoT;

– використання системи домашньої автоматизації з електроенергією для збереження енергії;

– використання системи домашньої автоматизації з електричними пристроями.

Далі буде наведено декілька прикладів використання IoT в домашньої автоматизації:

1. Автоматизація світла у будинку.
2. Автоматизація клімат контролю у ванній кімнаті.
3. Використання СЗД на основі IoT для слідкування за садом.
4. Використання СЗД на основі IoT для приготування їжі.
5. Автоматизація безпеки у будинку.

Термін «домашня автоматизація» належить до автоматизації будинку, який часто називають «розумним будинком». Розумний будинок — це організовано система, яка складається з пристроїв, датчиків та електричних предметів, які пов'язанні між собою [11]. До списку пристроїв може входити що завгодно: від інтелектуальних камер безпеки, які дозволяють транслювати канал із мобільного додатку, до лампочок, які можна вмикати голосом. З розумним домом можна створити голосові команд через Alexa чи Google Assistant за допомогою яких можна автоматизувати пристрої у будинку, як-от перемикання термостата.

Дослідження розумних будинків раніше були зосереджені на створенні технологій, які можуть показати нові застосування передових технологій у житловому будівництві. Спочатку ці дослідження були зосереджені на мережах і технологіях домашньої автоматизації, які дозволяють дистанційно керувати електричними, освітлювальними та нагрівальними приладами [12], але зараз у дослідженнях розумних будинків приділяють увагу збору контекстних даних про домашнє оточення та його мешканців, а також надання індивідуальних автоматизованих послуг, тобто систему створюють для конкретного користувача. Наприклад, кімната для людини похилого віку, в якій автоматизовано систему збору даних з датчиків, які слідкують за здоров'ям пацієнта.

Крім того, у даний системі теж є свої недоліки, а саме:

- висока вартість системи «розумного будинку», яку може окупить як мінімум за п'ять років;
- проблеми з обслуговуванням системи «розумного будинку», її можуть вирішити тільки досвідчені розробники системи;
- проблема з установкою у будинку для установки системи потрібен досвід.

1.3 Постановка задачі дослідження

Аналітичний огляд показав, що використання розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків актуальна зараз, тому що її використовують майже у всіх галузях для аналізу та збирання даних. Крім того, аналітичний огляд допоміг знайти недоліки використання системи збору даних у різних галузях на основі IoT, а саме: у медицині, транспорті, військовій галузі, розумних міста та розумних будинках.

Оскільки завданням магістерської роботи є «Розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT», то мета цієї роботи буде зв'язана саме з розробкою електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для конкретної галузі, а саме для «розумного будинку».

«Розумний будинок» було обрано, тому що завдяки цій системі можна створення комфорту у будинку, забезпечити будинок новими системами безпеки та розробити економічну ефективність енергоресурсів у будинку. Крім того, систему можна модернізувати та інтегрувати з медичними пристроями для зменшення повторної госпіталізації людей похилого віку.

Отже, метою роботи є розробка розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку.

Для розробки розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для «розумного будинку» потрібно:

- дослідити системи збору даних у домашньої автоматизації;
- дослідити спосіб передачі даних за різними протоколами;

- проаналізувати програмні та апаратні забезпечення;
- приклад реалізації системи збору даних з цифрових датчиків.

В цій роботі об'єктом дослідження є процес розробки розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT використовуючи різні програмні та апаратні забезпечення для збору даних.

1.4 Висновки до розділу 1

В першому розділі було проаналізовано використання системи збору даних у різних галузях на основі IoT, а саме: у медицині, транспорті, військовій галузі, розумних міста та розумних будинках. У кожній з цих галузей було знайдено переваги та недоліки.

Крім того, було виконано постановку задачі дослідження, а саме проаналізовано, які дослідження потрібно зробити, щоб розробити систему збору даних з цифрових датчиків для «розумного будинку» та складено об'єкт дослідження.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ТА ПРОТОКОЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

2.1 Аналіз типів систем збору та керування даними за способом передачі даних

Для розробки електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку потрібно проаналізувати та дослідити, які бувають система домашньої автоматизації або системи передачі даних. Аналіз цих двох систем допоможе реалізувати систему для власного дому або квартири.

Зазвичай системи збору та управління даними у домашньої автоматизації поділяють на централізовану та децентралізовану(розподілену електронну систему). Ці дві системи використовується для створення автоматизації електричних приладів у будинку або промислового приміщення. Кожна зі систем має свої переваги та недоліки. Крім того, система використовує технології передачі даних такі як, провідні та безпроводні. Далі буде проаналізована кожна система і наведено порівняльний аналіз.

2.1.1 Аналіз централізованої системи збору та управління даними

Централізована система складається з єдиного обчислювального блоку, який приєднано до пристроїв зв'язку з об'єктами (ПЗО) [13]. Цим пристроєм може бути контролер, який приймає данні з датчиків, а датчики своєю чергою збирають дані з навколишнього середовища й перетворюють їх у вихідний сигнал для передачі в ПЗО. Переважно централізовану систему можна зустріти у промислових приміщеннях. Системи централізованого збору та управління даними будуються за топології «зірка» (рис. 2.1).

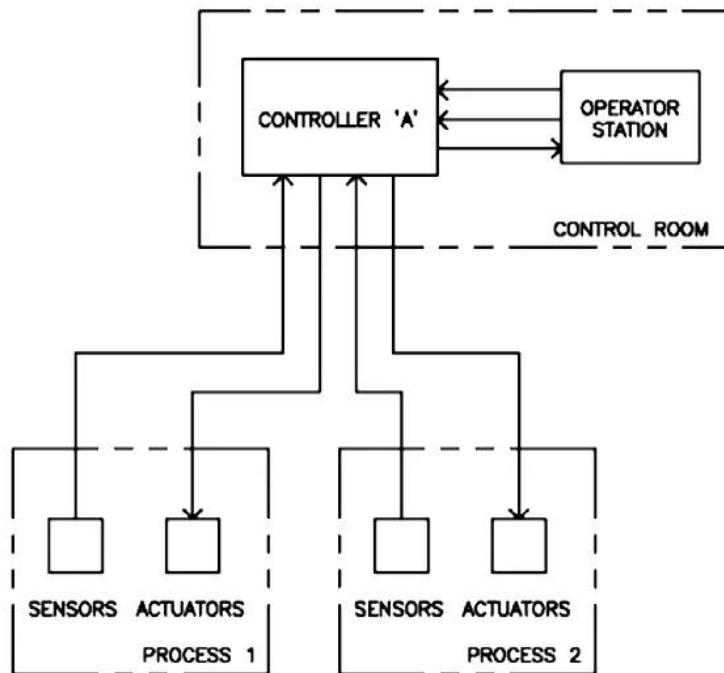


Рисунок 2.1 — Системи централізованого збору та управління даними.

Зв'язок між датчиками та ПЗО поділяють на класи:

- аналоговий сигнал
- дискретний або цифровий сигнал.

В аналоговому ПЗО сигнал передаються безперервно, а в цифровому ПЗО сигнал передаються у формі дискретних імпульсів, тобто інформацію можна отримати за допомогою двійкового коду [14]. Крім того, до дротових централізованих систем входить Ctestron, АМХ та Evika, а до бездротових Z-wave або Ectostroy.

Переваги централізованої системи:

- можна керувати всіма функціями за допомогою єдиного інтерфейсу;
- можна додавати нові сценарії для дому;
- користувач може під'єднати будь-який пристрій або будь-яке обладнання.

Недоліки централізованої системи:

- головним недоліком централізованої системи є вразливість центрального модуля. Якщо модуль виходить з ладу, то не працює вся система;
- написання коду залежить від конкретного програміста;
- ще один недолік централізованої системи є висока вартість даної системи.

2.1.2 Аналіз розподіленої системи збору та управління даними

Розподілена система або децентралізована система має навпаки більше одного обчислювального блоку та використовується частіше у будинках й квартирах (рис. 2.2). Обчислювальним блоком може бути контролер, який може вирішувати своє завдання, наприклад, збір інформації з датчиків або управління об'єктом чи процесом [13]. Завдяки мережі розподілені контролери з'єднані в одну велику систему і в цій розподіленій системі вони мають можливість обмінюватися даними між собою, а потім передавати данні на ЕОМ. Якщо один з контролерів зазнає несправності, то тільки його данні з датчиків не будуть знаходити в ЕОМ для аналізу, а вся інша система розподілених контролерів продовжить працювати та надавати данні. Тобто розподілена система допомогла зроби збір та контроль даних більше надійнішим. Крім того, розподілена система збору даних складається з великої кількості інтелектуальних датчиків, які розповсюдженні на певну відстань один від одного, і можуть відправляти данні через мережу, находячись на великій відстані. Зараз розподілена система використовує різні мережеві технології, а саме провідних Berker, Modbus або безпроводних Wi-Fi, ZigBee, 1-Wire, MQTT [15].

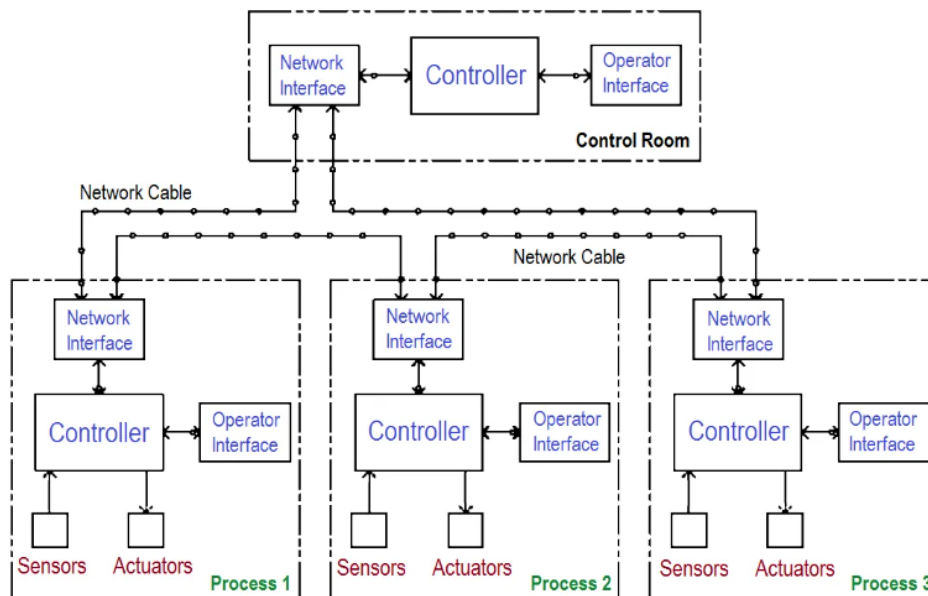


Рисунок 2.2 — Розподілена система збору та управління даними.

Переваги розподіленої системи:

- система має високу надійність;
- високі функціональні можливості;
- можна удосконалити систему додаючи нові блоки логіки;
- висока популярність;
- оптимальна вартість системи.

Недоліки розподіленої системи:

- головним недоліком розподіленої системи є велика кількість пристроїв, які можуть ламатися. Тобто система потребує частої заміни пристроїв;
- потрібно налаштувати логіку кожного блока окремо.

2.1.3 Аналіз провідних систем передачі даних

Провідна система передачі даних складається з великою кількістю різних пристроїв, які з'єднанні за допомогою дротової інформаційної шини. Через цю шину телеграмні сигнали надходять до виконавчих механізмів, які (переважно) розташовані в щитку. Пристроями між якими передаються дані можуть бути датчики, контролери, вимикачі світла, системі обладнання клімат-контролю та різні панелі управління. Якості дротової шини переважно використовуються вита пара.

Ця система вважається надійною та довговічною, але водночас дорогою. Крім того, вона може працювати з великою пропускну здатністю та виконувати передачу даних дуже швидко. Зараз провідні системи передачі даних переважно використовує технології Ethernet, також можна зустріти інтерфейс RS-232/422/485 або ще гіршу ніж Ethernet технологію X10 [16]. Далі буде наведено переваги та недоліки системи.

Переваги провідних систем передачі даних:

- головною перевагою системи є надійність та швидкість;
- довгий термін роботи системи;
- можна вирішувати трудні задачі;
- можна об'єднувати зрізними системами для покращення роботи.

Недоліки провідних систем передачі даних:

- висока вартість системи;
- систему трудно встановити самотужки;
- потрібен великий щиток для дому, а це незручно;
- система може не працювати, якщо пошкоджено дрiт;
- краще систему встановлювати на початку ремонту у будинку або квартирі, але це затратно.

2.1.4 Аналіз безпроводних систем передачі даних

Безпроводні системи передають дані від виконавчих пристроїв, до пристроїв керування по радіосигналу. Тобто бездротовий контролер, який має вбудований радіопередавач, передає дані по радіосигналу до будь-якого пристрою світла, який виконує функцію вмикання або вимикання світла у кімнаті. Дану систему простіше обслуговувати та встановлювати у будинок, тому що система не використовує кабелі. Крім того, завдяки даній системі можна заощаджувати на часі встановлення та вартості системи. Можливість установлювати бездротові системи за допомогою готових виправлень і без традиційної електричної проводки є основною перевагою.

Зараз безпроводна система передачі даних переважно використовує технології Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, MQTT та 1-Wire[16]. Далі буде наведено переваги та недоліки системи.

Переваги безпроводних систем передачі даних:

- головною перевагою системи є просте встановлення у будь-який будинок;
- невисока вартість системи;
- система не використовує кабелі.

Недоліки безпроводних систем передачі даних:

- має обмежений функціонал;
- може бути поганий радіосигнал через перешкоди;
- головний недолік, це небезпечність.

2.1.5 Порівняльна характеристика систем збору та управління даними

Щоби визначити, яку систему необхідно вибрати для розробки електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку, було праведно порівняльний аналіз, який наведено у таблиці 2.1. Даний аналіз показав, що немає однозначної системи, яку зручніше та перспективніше використовувати у промисловості або будинках. Наприклад, централізовану систему частіше можна зустріти у промисловості, логістиці або великих міста, тому що вона надійна, швидка та має безліч функції, але у будинках її часто важко зустріти через високу ціну. А якщо брати розподілену систему з технологією безпроводної передачі даних, то вона дешева та її простіше встановлювати у будинок, але в неї обмежений функціонал та передача даних.

Таблиця 2.1 — Порівняльна характеристика систем

Системи збору та управління даними	Вартість системи	Функціональні можливості системи	Можливість покращення системи	Мережі та технології передачі даних
Централізована система	Висока	Безліч функції керування	+	Ctestron, AMX Evika, Z-wave, Ectostroy
Розподілена система	Низька	Високі функціональні можливості	+	Berker, Modbus, Wi-Fi, 1-Wire, MQTT
Провідна система	Висока	Безліч функції керування	+/-	Ethernet, X10, 1-Wire, RS-232/422/485
Безпроводна система	Низька	Функціонал обмежений	+/-	Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, MQTT

Отже, для створення електронної системи збору даних для будинку було

обрано розподілену систему з технологією безпроводної передачі даних, тому що система має декілька переваг, а саме:

- мала вартість;
- економія електричних ресурсів, тобто може працювати від батарейок;
- легко встановити у будинку або квартирі;
- автоматизація електронних пристроїв;
- безпека та комфорт;
- простий дизайн.

2.2 Аналіз та порівняльна характеристика протоколів передачі даних

Для розробки електронної системи збору даних використовують велику кількість різних пристроїв, такі як датчики, приводи та контролери. Кожен з цих пристроїв може взаємодіяти з іншим завдяки мережі. Сьогодні для взаємодії пристрої використовують протоколи. Протокол — це мова за допомогою, якої пристрої та апаратне забезпечення можуть взаємодіяти один з одним [17]. Наприклад, протокол використовується коли датчику руху потрібно передати дані у контролер, тобто протокол виконує дію передачі даних. Саме це робить протоколи зв'язку невіддільною частиною електронної системи збору даних. Крім того, завдяки протоколам можна передавати дані у режимі реального часу, а це своєю чергою і призвело до появи нових пристроїв.

Нині основними робочими стандартами для технологій домашньої автоматизації є мережеві протоколи: 1-Wire, Wi-Fi, Z-Wave, Zigbee, Bluetooth, а також протоколи передачі даних: MQTT, AMQP та HTTP[18]. Будь-який протокол можна зустріти у будинку або квартирі, але для порівняльного аналізу було обрано такі протоколи як, HTTP, MQTT та AMQP. Далі буде розглянуто докладніше, як працюють ці різні технології:

1. Протокол HTTP використовується для розповсюдження вебресурсів із серверних комп'ютерів на клієнтські комп'ютери [19]. Порівняно з іншими протоколами, HTTP є протоколом на основі IP, який використовує менше пам'яті

та потужності ЦП на комп'ютері-сервері для транспортування даних. Крім того, це найбільш надійний і швидкий спосіб з'єднання сервера і клієнтського комп'ютера.

Цей протокол часто можна зустріти для обміну вебсторінками між клієнтом та сервером, але також можна зустріти його у СЗД для IoT. Хоча зараз є багато інших протоколів, які можна використовувати для передачі даних від датчика до ПК і при цьому вони набагато краще ніж HTTP. Проте, він все ще використовується в кількох секторах економіки. Завдяки величезній кількості даних, які може публікувати протокол HTTP, він використовується, наприклад, у виробництві та 3-D друку. Це дає змогу ПК підключатися до мережових 3-D принтерів і друкувати тривимірні об'єкти. Протокол HTTP не є кращим як стандарт через його вартість, час автономної роботи, величезне енергоспоживання та проблеми з вагою.

Крім того, він погано оптимізований і має декілька мінусів:

- щоб під'єднати кілька датчиків до комп'ютера для отримання інформації, потрібен час і енергія, оскільки протокол HTTP призначений для одночасної взаємодії двох систем, а не більше.

- оскільки HTTP є односпрямованим, одна система (клієнт) може лише передавати повідомлення іншій системі (серверу).

- енергоспоживання: оскільки HTTP залежить від протоколу керування передачею (TCP), який використовує багато ресурсів обробки, він не підходить для програм, які працюють від акумулятора.

2. Протокол AMQP — це протокол обміну повідомленнями, створений як непатентований метод підключення програм [20]. Являється відкритою системою обміну повідомленнями, відома своєю надійністю та сумісністю. Цей протокол використовує черги даних, щоб забезпечити асинхронний зв'язок між зв'язаними пристроями, а також краще поводить себе з такими проблемами, як стрибки трафіку та нестабільні умови мережі. Маршрутизація, орієнтація повідомлень і постановка в чергу є трьома його найважливішими функціями. До того ж протокол AMQP працює з різноманітною інфраструктурою та його легко налаштовувати.

Щоби почати використовувати AMQP, необхідно ознайомитись із деякими його ключовими термінами та компонентами:

- брокер (чи сервер) одна з важливих дії у протоколі AMQP. Завдяки брокеру можна створити з'єднання з клієнтом для передачі даних;
- біржа є одною з головних частин брокера. Завдяки біржі можна брати повідомлення та розміщувати їх у потрібній черзі;
- канал належить до віртуального з'єднання між двома пристроями;
- черга повідомлень одна з функції для з'єднання повідомлення з їхніми ресурсами чи точкою походження;
- зв'язування виконує дію надсилання та доставлення повідомлення.

Для початку роботи AMQP потрібно налаштування усіх систем для обміну даними. Потім біржа доставляє повідомлення клієнту, виконують обробку відповідно до правил і спрямовують виведення попереднього етапу в одну або кілька черг. Якщо черги ще не існує, програма повинна її створити перед тим, як прив'язувати її до біржі. Обмін є метою операції публікації повідомлень, яка потім направляє повідомлення в чергу. Далі на рисунку 2.3 наведено схему роботи протоколу AMQP.

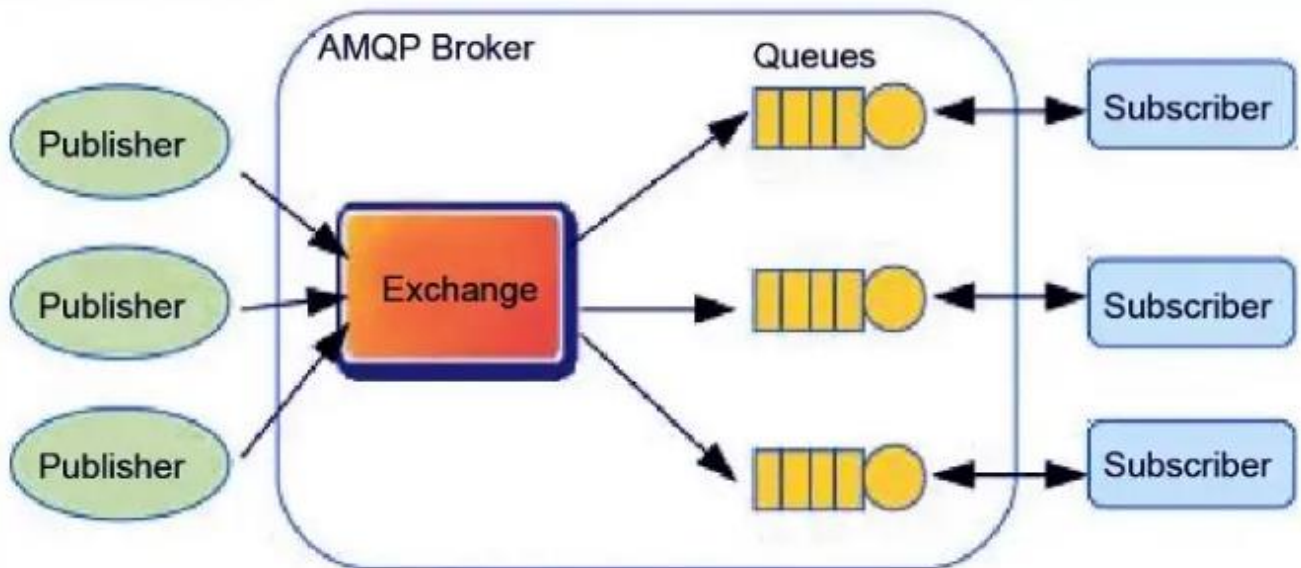


Рисунок 2.3 — Робота протоколу AMQP

3. Протокол MQTT — це широко використовуваний міжмашинний протокол зв'язку та стандартний протокол обміну повідомленнями [21]. Цей протокол працює по системі публікації та підписки, тобто будь-який пристрій може

публікувати повідомлення, а інші пристрої може підписатися та отримати повідомлення (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 — Робота протоколу MQTT

Device 1 може бути датчиком, а device 2 може бути комп'ютером або телефоном. Датчик публікує дані у топик. Потім цей топик підписує інші пристрої, які можуть зчитувати дані. Топик являє собою тему. Теми — це те, де зберігають вхідні повідомлення. Теми представлені рядками, розділеними косою межею, наприклад, DeviceOne/home/value = 12. Косою рисою позначається рівень теми. Це і є принцип роботи протоколу MQTT. Сьогодні протокол MQTT має декілька ключових функцій, а саме:

- використовує з'єднання TCP для забезпечення безпеки;
- мінімізує службові дані для пакета;
- зберігає останні повідомлення користувача;
- дозволяє використовувати повідомлення;
- двонаправлений потік повідомлень.

Також, ще однією важливою технологією у протоколи MQTT є брокер. Брокер MQTT — це головний пристрій, який керує передачею даних між пристроями. Брокер MQTT часто встановлюється на мікрокомп'ютері або платі мікроконтролера для функціонування. Суть брокер MQTT в тому, що він відфільтровує повідомлення, а потім транслює повідомлення підписаним користувачам. Зараз є велика кількість брокерів, якими можна скористатися. У проектах домашньої автоматизації, зокрема, використовується Mosquitto Broker, встановлений на Raspberry Pi.

Ось деякі з найкращих брокерів MQTT:

- Mosquitto. Eclipse Брокер MQTT з відкритим кодом, який може бути

побудований на клієнтах MQTT з використанням бібліотеки C і написаний на мовою програмування C. Також його можна завантажити для Windows, Mac, Linux і Raspberry Pi.

– EMQ X є видатним брокером MQTT. Цей брокер підтримує обмін повідомленнями між понад 100 мільйонами клієнтів в одному кластері та може обробляти мільйони повідомлень MQTT за секунду із затримкою менше мілісекунди.

– Cassandra. Цей брокер починався як підрозділ Mosquitto, а зараз є брокером корпоративних повідомлень з відкритим кодом.

Далі щоби визначити, який протокол вибрати для розробки електронної системи збору даних з цифрових датчиків, було праведно порівняльний аналіз, який наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Порівняльна характеристика протоколів

Функцій	HTTP	MQTT	AMQP
Архітектура	Відповідь та запит	Публікація та підписка	Розсилка, публікація, підписка, запит та відповіді
Передача та зберігання даних	URL	Теми	Обміни, черги
Безпечність	TLS + SASL	TLS + SASL	TLS + SASL
Режим обміну повідомленнями	Синхронний	Асинхронний, заснований на подіях	Синхронний та асинхронний
Розмір повідомлення	Немає обмежень	256 МБ	понад 128 МБ
Розмір заголовка	8 байтів	2 байти	8 байтів

Продовження таблиці 2.2

Функцій	HTTP	MQTT	AMQP
Тип передачі повідомлення	Текст	Двійковий	Двійковий
Скільки пристроїв може приймати повідомлення	Один до одного	Один до багатьох	Один до багатьох
Збереження повідомлення	+	+	+/-

Даний аналіз показав, що для створення розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків підходить протокол MQTT. Оскільки, даний протокол простий у налаштуванні, дешевий, має високий захист даних, великий розмір повідомлення, швидкий та при цьому може зберігати повідомлення. Сьогодні однією з найбільших якостей MQTT є простота та гнучкість, з якою можна розробити СЗД з цифрових датчиків. Кілька пристроїв можуть створювати та обмінюватися інформацією з серверними системами та один з одним завдяки парадигмі публікації-підписки. Також для брокера MQTT було обрано Mosquitto.

Протокол AMQP теж можна використовувати для створення СЗД з цифрових датчиків, але він програє протоколу MQTT у налаштуванні та не вмє зберігати усі повідомлення. AMQP не був створений для простих використань у домі. Це протокол організації черг повідомлень загального призначення, складніший, ніж MQTT, і потребує великих накладних витрат. Крім того, конфігурація топологій маршрутизації схильна до помилок, які не можуть статися у MQTT.

Що до протоколу HTTP, то він те може використовуватися, але він більше підходить для завантаження вебсторінок, та зараз його важко зустріти у розробки електронної системи збору даних. Хоча для 3-D печаті він ще використовується.

2.3 Висновки до розділу 2

В другому розділі було проаналізовано типи систем збору та керування даними у домашньої автоматизації. Даний аналіз показав, що немає однозначної системи, яку зручніше та перспективніше використовувати у розробці системи збору даних з цифрових датчиків для «розумного будинку». Тому з представлених рішень було обрано розподілену систему, яка має переваги у вартості, можливість покращення системи та функціональності. Крім того, для передачі даних між пристроями було обрано безпроводну систему передачі даних.

Далі було розглянуто три різні протоколи для передачі даних, а саме HTTP, MQTT та AMQP. Кожний протокол має свої переваги та недоліки. Тому для створення системи було обрано протокол MQTT. Оскільки сьогодні однією з найбільших якостей MQTT є простота та гнучкість, з якою можна розробити розподілену електронну систему збору даних з цифрових датчиків. Також для брокера MQTT було обрано Mosquitto, який має версію 2.0.15.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ТА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Огляд програмних забезпечень для системи збору даних

Оскільки система створюється для будинку або квартири, то потрібне обрати програму за допомогою якої можна керувати та збирати дані. Однією з типових програм для керування домашньою автоматикою є Openhab, HomeAssistant та Majordomo. Будь-яка з цих програм має свої переваги та недоліки у використанні. Далі буде проведено огляд кожної системи.

3.1.1 Огляд Openhab

OpenHab — це один з головних центрів домашньої автоматизації на основі відкритого вихідного коду [22]. Дану програму було розроблено на мові Java, за допомогою спільноти OpenHab. Процес налаштування займає не багато часу. Паперовий і вебінтерфейс з останньої версії OpenHab дозволяють користувачам виконувати кілька процесів налаштування без необхідності редагувати файли (рис. 3.1). Сьогодні OpenHab можна інтегрувати у 792 пристрої від 111 різних виробників. Протоколи IoT, такі як Z-Wave, Zigbee або Bluetooth можуть легко працювати разом з цією системою.

Переваги OpenHab:

- можна встановлювати розширення для додавання нових функцій;
- підтримка великої кількості пристроїв;
- має кросплатформеність;
- може працювати з протоколами, як Z-Wave, Zigbee.

Недоліки OpenHab:

- для початківця складний через великий функціонал;
- потрібно обновляти самотужки;
- старі версії погано інтегровані.

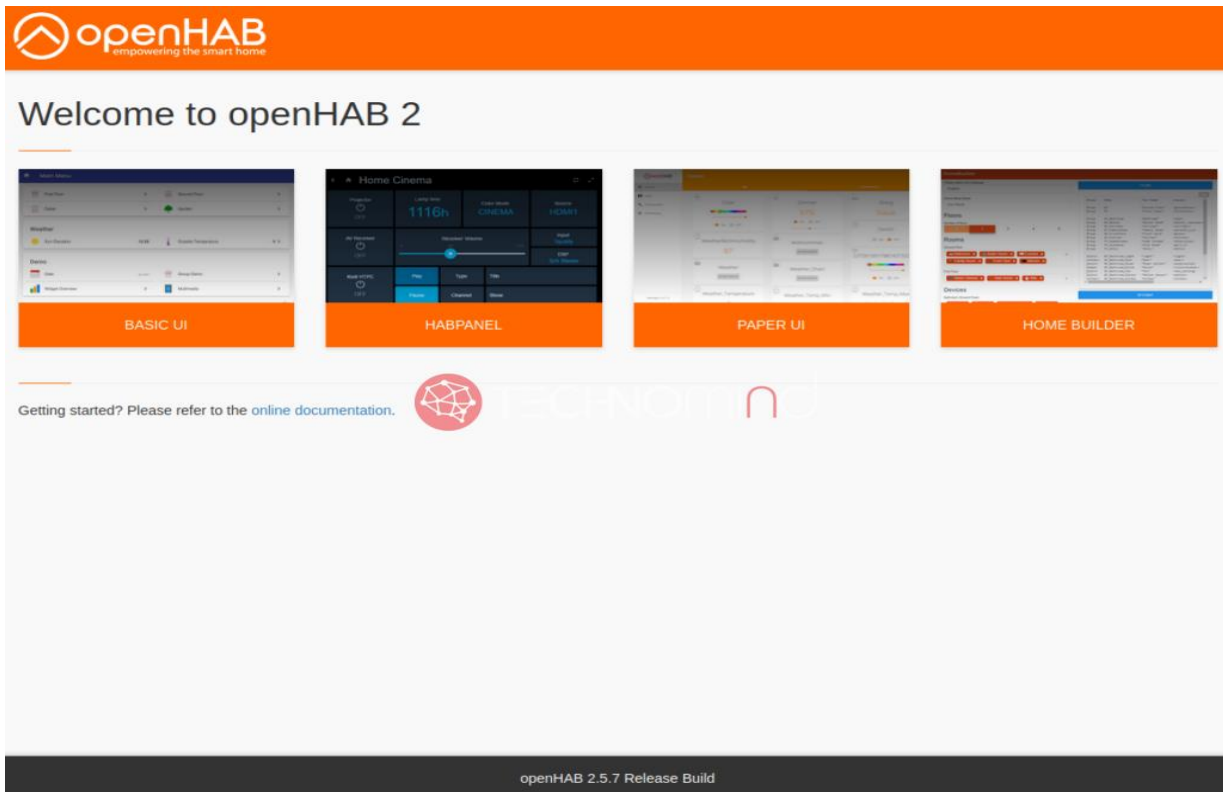


Рисунок 3.1 — Налаштування OpenHab

3.1.2 Огляд HomeAssistant

Home Assistant — це аналогічний центр домашньої автоматизації з відкритим вихідним кодом, розроблений з використанням Python 3. Ця програма теж має просте налаштування. Home Assistant має близько 1400 компонентів і розумний хаб, який дозволяє об'єднувати всі пристрої користувача. Користувачі Home Assistant можуть легко керувати оновленнями за допомогою онлайн-інтерфейсу Hass.io, який дозволяє виконувати оновлення одним клацанням миші. Інтерфейс користувача — найцікавіша особливість Home Assistant, оскільки він зручний навіть для новачків. Використовує такі протоколи як, Z-Wave, MQTT можуть легко працювати разом з цією системою.

Переваги Home Assistant:

- просте налаштування для новачків;
- підтримує як Google Assistant;
- інтегрування з GitHub;

- інноваційний та гнучкий;
- функція «інтеграції», керована вебінтерфейсом, яка заощаджує час.

Недоліки Home Assistant:

- повільно працює;
- є деякі помилки верхнього та нижнього регістру, які можуть спричинити проблеми.



Рисунок 3.2 — Інтерфейс Home Assistant

3.1.3 Огляд Majordomo

Majordomo — це безплатна програма, яка може допомогти автоматизувати власний будинок. Вона розроблена з використанням мови PHP, крім того, мова PHP допомагає налаштовувати логіку роботи системи. Крім того, замість мови PHP можна використати конструктор Blockly, який допомагає програмувати без знання мови PHP. Сама по собі програма Majordomo кросплатформна, тобто її можна встановити майже на всі операційні системи. До того ж програма добре оптимізована, оскільки споживає мало ресурсів комп'ютера.

Ще системи MajorDoMo славиться не складним інтерфейсом і має просте налаштування (рис. 3.3). MajorDoMo може працювати з різним обладнанням та використовувати протоколи MQTT та 1-Wire. До комплексу можна під'єднати не тільки вимикачі різних видів, але й датчики руху, температури, освітленості або будь-які інші, інформація від яких безпосередньо виводитиметься на вебсторінці, що управляє, або використовуватиметься в скриптах MajorDoMo.

Переваги MajorDoMo:

- проста та швидка установка;
- має кросплатформеність;
- відносно безплатна;
- підтримка різноманітних видів обладнання;
- можна програмувати без знання мови;
- можна встановлювати розширення для додавання нових функцій.

Недоліки MajorDoMo:

- не інтегрована з телефоном;
- для коректної роботи потрібно встановлювати розширення.

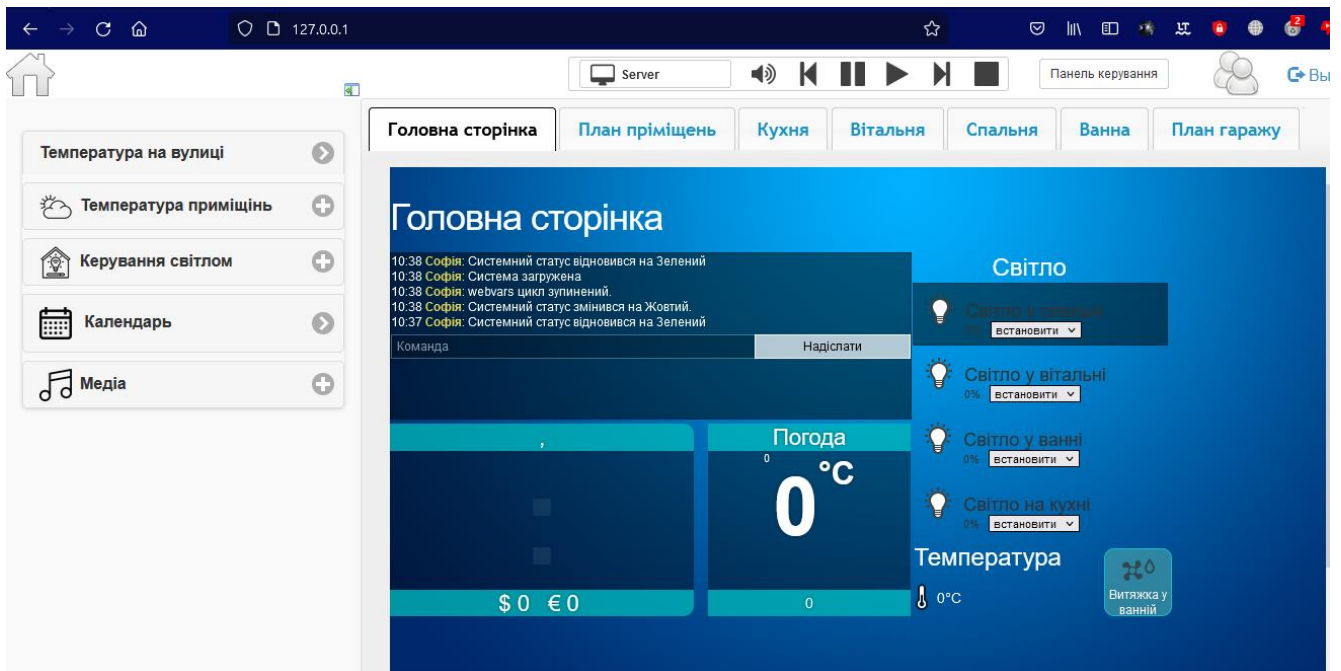


Рисунок 3.3 — Інтерфейс Majordomo

3.2 Аналіз плат та датчиків для системи збору даних

Основними пристроями з яких може складатися розподілена електронна система збору даних є контролер, одноплатний комп'ютер Raspberry pi, та будь-які датчики для збору даних. Зараз контролери можна знайти майже у всіх електронних приладах у будь-якому домі. У минулому контролери використовувалися тільки в комп'ютерах, але зараз вони знайшли застосування в цілій низці повсякденних пристроїв, починаючи від холодильників та закінчуючи у розробці розумних пристроїв.

По суті контролер — це інтегральна схема, яка використовується для виконання певних операцій [24]. Контролер складається з великої кількості різних компонентів, а саме: з порту введення-виведення (I/O), оперативної пам'яті ОП (RAM), постійної пам'яті (ROM) та головного мікропроцесора. Всі ці компоненти працюють разом в одній системі. Таким чином, контролер функціонує як невеликий пристрій, схожий на комп'ютер, який обробляє та навіть виконує керування. Керування виконується завдяки логіці. Логіка, це заздалегідь запрограмований конкретний сценарій керування у контролері. Вхідні дані від різних датчиків, передаються та обробляються ЦП, який потім зіставляє сигнали з програмою, що вже записана в пам'ять мікроконтролера.

Крім контролерів, також варто відзначити одноплатні комп'ютери. Одноплатні комп'ютери (Single board computer) — це невеликі комп'ютерні плати, які мають вбудовані порти введення-виведення, контактні роз'єми та ОП. Одноплатні комп'ютери часто використовуються в додатках, де простір обмежено або де повнорозмірний комп'ютер був би занадто дорогим або непотрібним, наприклад, термостати, промислові системи керування та розважальні системи для автомобілів. Прикладом одноплатного комп'ютера є Raspberry Pi, який представлено у таких модифікаціях як, А, А+, В, В+, 2В, Zero, 3В, 3В+, 4В та зовсім новий Raspberry Pi 400. Далі буде проведено порівняльний аналіз декількох модифікацій.

3.2.1 Порівняльний аналіз плат Raspberry Pi та його альтернатив

Raspberry Pi — це невеликий програмований пристрій, який має практично всі функції материнської плати звичайного середнього комп'ютера, але без периферійних пристроїв і внутрішньої пам'яті [25]. Сьогодні це один із найпопулярніших пристроїв у світі. Одним з головних переваг Raspberry Pi є просте налаштування та маленька ціна. За даними ХВТІ у 2019 році Raspberry Pi було придбано приблизно 30 мільйонів разів. Зараз будь-де можна зустріти використання Raspberry Pi починаючи від створення апаратних проєктів та закінчуючи автоматизацією власних будинків.

Для налаштування Raspberry Pi, потрібна SD-карта на яку встановлюється та операційна систему Linux. Після ОС Linux налаштовується для встановлення різних програм. Наприклад, на ОС Linux можна встановити програму MajorDoMo для моніторингу та управління даними. Хоча використання та застосування цього мінікомп'ютера залежать від покупця та можуть охоплювати багато функцій.

В цей час використання мінікомп'ютера Raspberry Pi для створення розподіленої електронної системи збору даних із цифрових датчиків для дому є перспективним. Тому що мінікомп'ютер Raspberry Pi є однією з доступних технічних платформ для створення сервера, який зберігатиме дані від поширених датчиків, що знаходяться в будинку. Крім того, мінікомп'ютер Raspberry Pi володіє економічною ефективністю енергоресурсів, простий у налаштуванні та має не велику ціну.

Ще одним плюсом мінікомп'ютера Raspberry Pi є велика кількість різних моделей. Сьогодні можна знайти моделі починаючи від версії B, A, B+ A+ та закінчуючи новими версіями Zero W або Raspberry Pi 400. Далі буде проаналізовано декілька мінікомп'ютерів Raspberry Pi.

1. Raspberry Pi Model B та B+. Ця модель було створено у квітні 2012 року. Мала 26 контактів GPIO, ОП на 256 МБ, 2 USB порти та одне ядро ЦП. Таку модель використовували тільки для простих завдань із маленькими потребами обробки. Raspberry Pi B можна вважати початковою моделлю. Після Raspberry Pi B було

створено нову модель Raspberry Pi B+ (рис. 3.4). Ця модель була покращеною моделлю Raspberry Pi B, яка мала у два рази більше ОП 512 МБ, 40 контактів GPIO, 4 USB порти. Вартість Raspberry Pi B та Raspberry Pi B+ становила 35\$ та 25\$.



Рисунок 3.4 — Приклад Raspberry Pi B+

2. Raspberry Pi 2B. У 2015 році була створена модель 2B (рис. 3.5). У даний моделі було збільшено ОП до 1 ГБ та швидкість обробки, а також встановлено Ethernet. Платформа поставляється у стандартному розмірі з 4 портами USB та коштує близько 35 доларів.



Рисунок 3.5 — Приклад Raspberry Pi 2B

3. Raspberry Pi 3B. У 2016 році була створена нова модель 3B (рис. 3.6). Дана модель може похвалитися швидшим процесором, Ethernet та наявністю Wi-Fi, ніж вищі наведені. Крім того, вона має стандартні порти HDMI та USB, та володіє ОП на 1 ГБ. Одна чудова особливість цієї моделі полягає в тому, що вона не виділяє багато тепла та не споживає надто багато енергії, та придбати її можна за 35 доларів.



Рисунок 3.6 — Приклад Raspberry Pi 3В

4. Raspberry Pi 4В. Модель була створена у 2018 (рис. 3.7). Ця модель значно відрізняється від своїх попередників, оскільки обсяг пам'яті варіюється від 2 ГБ до 8 ГБ ОЗУ, до того ж частота процесора 1,5 ГГц. Даний модуль підходить практично для будь-якого використання. Вартість моделі становить від 35\$ до 75\$. Ціна залежить від ОП.



Рисунок 3.7 — Приклад Raspberry Pi 4В

5. Raspberry Pi 400. Ця модель унікальна тим, що має клавіатуру та працює із 4 ГБ оперативної пам'яті (рис. 3.8). Pi 400 коштує 70 доларів і може ефективно використовуватись у школі.



Рисунок 3.8 — Приклад Raspberry Pi 400

Також крім мінікомп'ютера Raspberry Pi можна використовувати альтернативні платформи як, Arduino Mega 2560 або звичайний ПК з ОС Windows. Далі буде наведено дві альтернативні платформи.

1. Arduino Mega 2560. Це популярний мікроконтролер, який має невелику ціну 31\$, 54 контакти GPIO, один роз'єм USB, роз'єм живлення та кнопку скидання (рис. 3.9). Може працювати від батарейки.

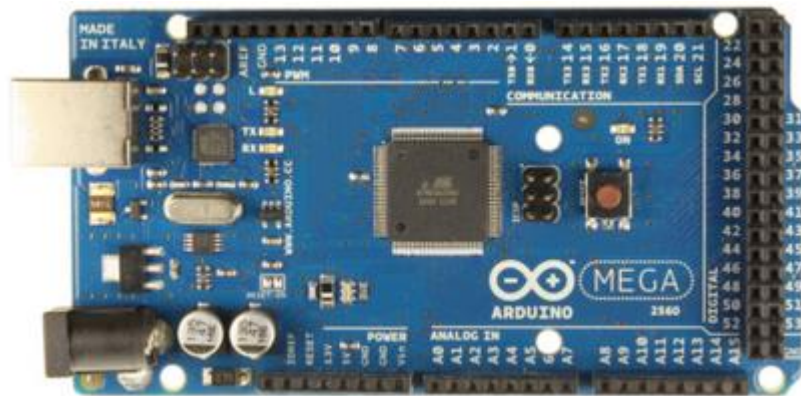


Рисунок 3.9 — Приклад Arduino Mega 2560

2. Libre Computer La Frite. La Frite — це мінікомп'ютер, який має чотири ядра з частотою 1,2 ГГц, ОП від 512 МБ до 1 ГБ, два USB порти, інтерфейс HDIM та Ethernet (рис. 3.10). Вартість La Frite становить 25\$.

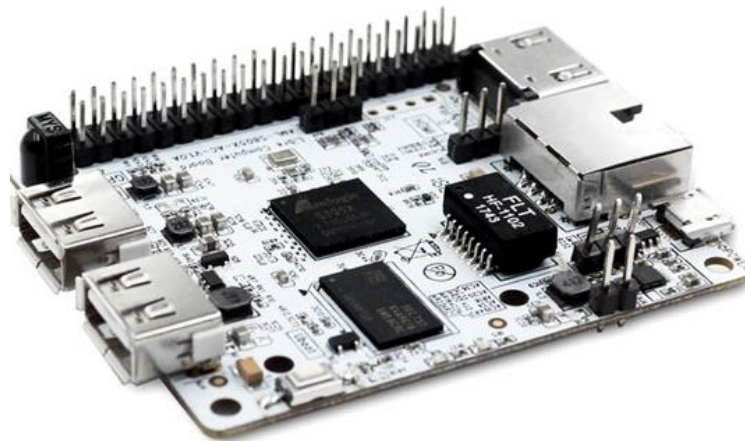


Рисунок 3.10 — Приклад Libre Computer La Frite

Далі щоби визначити, який мінікомп'ютер обрати для розробки електронної системи збору даних з цифрових датчиків, було праведно детальний порівняльний аналіз, який наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Порівняльна характеристика мінікомп'ютерів

Властивості	Одноплатні комп'ютери						
	Raspberry Pi B+	Raspberry Pi 2B	Raspberry Pi 3B	Raspberry Pi 4B	Raspberry Pi 400	Arduino Mega 2560	La Frite
Частота	700 МГц	900 МГц	1,2 ГГц	1,5 ГГц	1,8 ГГц	16 МГц	1,2 ГГц
Ядра	1	2	3	4	4	1	4
ОЗУ	512 Мбайт	1 ГБ	1 ГБ	2, 4, 8 ГБ	4 ГБ	8 кбайт	до 1 ГБ
GPIO	40	40	40	40	40	54	40
USB	4	4	4	4	4	1	2
Ethernet	+	+	+	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet	-	+
Wi-Fi	-	-	802.11n	802.11ac	802.11 b/g/n/ac	-	-

Даний аналіз показав, що для створення розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT, підходить будь-який одноплатний комп'ютер Raspberry Pi або його альтернативні платформи Arduino Mega 2560 та La Frite, але ці платформи не мають бюджетного варіанту (тобто вони не безплатні), тому для створення системи було обрано звичайний комп'ютер, який має такі характеристики як:

- Частота процесора: 2,4 ГГц;
- Ядро: 2;
- ОЗУ: 8 ГБ;
- USB: 2 порти;
- HDMI: 1 порт;
- Wi-Fi: 802.11n.

3.2.2 Огляд мікроконтролера ESP8266

ESP8266 — це не великий мікроконтролер, який має власну систему Wi-Fi (рис. 3.11). Фактично цей контролер використовується для входу до мережі. Також він може забезпечити Wi-Fi інші пристрої, тобто бути адаптером UART-Wi-Fi для

мікроконтролерів. Популярність ESP8266 здобув, тому що має маленьку ціну приблизно 3\$ та потужний функціонал, який легко налаштовувати[26].



Рисунок 3.11 — Мікроконтролер ESP8266-12E

Характеристики мікроконтролера ESP8266-12E:

- Процесор: Tensilica Diamond Standard;
- Частота: 80 або 160 МГц;
- Пам'ять ОЗУ: 80 КБ;
- Флеш-пам'ять: до 16 МБ;
- Wi-Fi систем: 802.11b/g/n, Wi-Fi 2.4 ГГц з аутентифікацією WPA/WPA2;
- GPIO: 17;
- Напруга живлення: +3,3 В.

Переваги мікроконтролера ESP8266-12E:

- дуже маленька вартість;
- низьке енергоспоживання у будь-якому режимі;
- є можливість створювати власну мережу Wi-Fi;
- одним з головних досягнень є сумісність з Arduino.

Даний пристрій допоможе з'єднати через Wi-Fi датчики з MajorDoMo для отримання даних та занесення у MajorDoMo. У MajorDoMo дані можна зберігати та переглядати.

3.2.3 Характеристика датчиків

Одним із найголовніших пристроїв розподіленої електронної системи збору даних є датчик. Датчик (або сенсори) — це головний пристрій для збору даних з навколишнього середовища, вони можуть використовуватися для вимірювання світла, температура, рух, тиск та інші джерел. Сьогодні датчики використовуються в різноманітних виробництвах, медицині та повсякденному житті. Наприклад, у медицині датчики можуть попередити пацієнта приймати ліки в призначений час або вони можуть бути підключенні до мережі, щоб генерувати важливу інформацію та передають дані іншим підключеним пристроям і системам керування.

Датчик в основному працює тільки з мікроконтролером. Мікроконтролер може приймати аналоговий чи цифровий сигнал. Сам сигнал залежить від типу датчика.

Величина, яку представляє аналоговий сигнал (наприклад, струм, напруга або потужність), змінюється з часом, оскільки це безперервні сигнали зі зміною в часі [14]. На рисунку 3.12 представлено графік аналогового сигналу, який є безперервним графіком із певним значенням у кожному моменті часу. Аналогові датчики надають аналоговий сигнал.

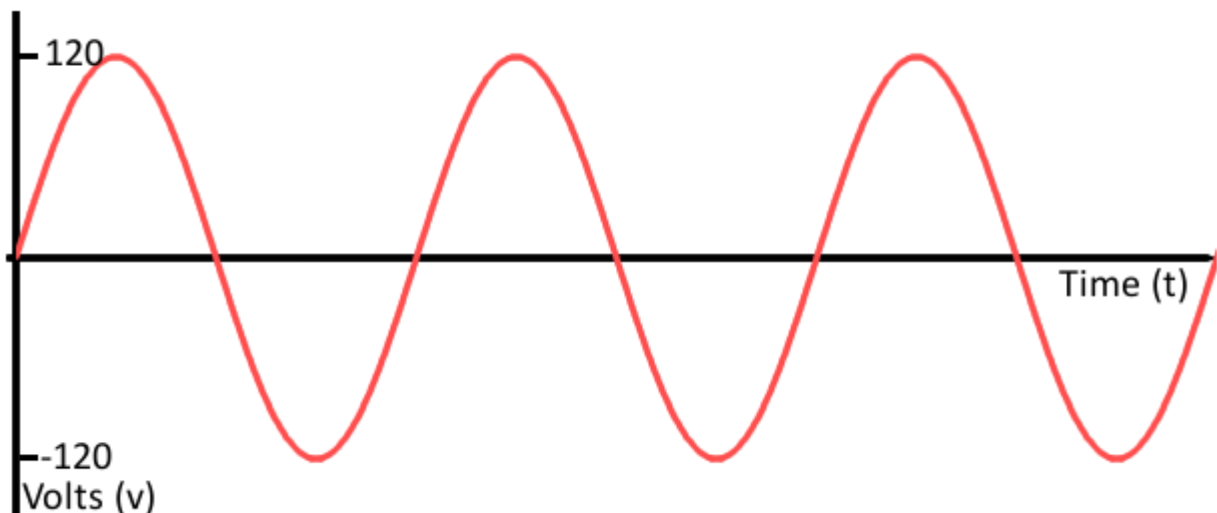


Рисунок 3.12 — Графік аналогового сигналу

За допомогою аналогових датчиків можна виміряти швидкість вітру та

сонячне випромінювання та перетворити їх дані в напругу. Тобто аналоговий датчик приймає дані від середовища та перетворює його у напругу в діапазоні від 0 до 5В. Прикладом аналогових датчиків є:

– аналоговий датчик акселерометр, який вимірює рух людини або вагу та швидкість якогось предмета. На рисунку 3.13 наведено аналоговий датчик акселерометр GY-61 ADXL335. Цей датчик має напругу живлення від 3 до 5В, може приймати струм до 350 мкА та діапазон роботи $-3.6g - 3.6g$;



Рисунок 3.13 — Датчик акселерометр GY-61 ADXL335

– аналоговий датчик тиску за допомогою якого можна вимірювати тиск у середовищі. На рисунку 3.14 наведено аналоговий датчик тиску MIS-2500. Цей датчик має діапазон роботи від 0 до 0,07 бар та може приймати вхідний сигнал від 0,25 до 4,75 В;

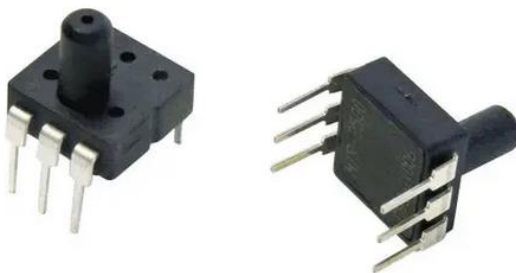


Рисунок 3.14 — Датчик тиску MIS-2500

Альтернативою аналогового сигналу може бути цифровий сигнал. Цифровий сигнал — це дискретний сигнал, який перетворює дані навколишнього середовища у двійкове значення, тобто тільки 1 та 0 [14]. На рисунку 3.15 представлено графік

цифрового сигналу, який представлено як прямокутну хвилю. Цифрові датчики надають цифровий сигнал.

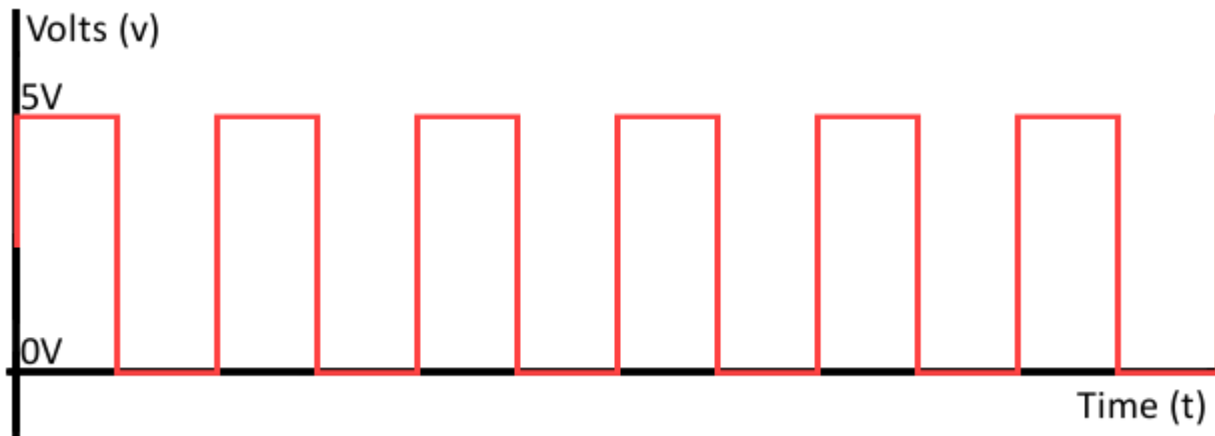


Рисунок 3.15 — Графік цифрового сигналу

Цифрові датчики кращий ніж аналогові датчики, через те, що він не спотворюється від шуму. Тому частіше можна зустріти цифрові датчики у різних розповсюджених електронних системах збору даних для будинку де багато різних електронних приладів. Прикладом цифрових датчиків є:

– цифровий датчик температури за допомогою якого можна вимірювати температуру у будинку, а також змінювати температуру приміщення. На рисунку 3.16 наведено цифровий датчик температури DS18B20. Цей датчик має напругу живлення від 3 до 5.5В, може приймати струм до 1 мА та діапазон температури від 55⁰С до +125⁰С;



Рисунок 3.16 — Датчик температури DS18B20

– цифровий датчик вологості повідомляє про вологість та температуру повітря у будинку. На рисунку 3.17 наведено цифровий датчик вологості DHT-11.

Цей датчик має напругу живлення від 3,5 до 5,5В, може вимірювати вологості у діапазоні від 20% до 90% та температуру від 0⁰С до +50⁰С;

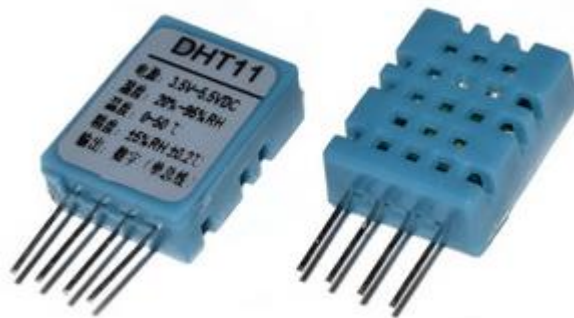


Рисунок 3.17 — Датчик вологості DHT-11

– цифровий датчик акселерометр це альтернатива аналоговому датчику. На рисунку 3.18 наведено цифровий датчик акселерометр ADXL345. Цей датчик має напругу живлення від 3 до 5В, може приймати струм до 350 мкА та діапазон роботи -2g - 16g;



Рисунок 3.18 — Датчик акселерометр ADXL345

Для реалізації розподіленої електронної системи збору даних було обрано цифрові датчики, через те, що вони менше спотворюються від шуму. Але цифрові датчики також мають свої недоліки, а саме низький діапазон вимірювання та розрахунку ніж аналогові датчики.

3.3 Висновки до розділу 3

У розділі було проведено огляд програмних забезпечень для керування домашньою автоматикою. Усього було оглянуто три програми Openhab, HomeAssistant та Majordomo. З цих трьох програм було обрано Majordomo, тому що програма проста у налаштуванні та підтримує різні розширювання для роботи.

Далі у розділі було проаналізовано різні мінікомп'ютера Raspberry Pi та його альтернативи. Даний аналіз показав, що для створення системи збору даних з цифрових датчиків, підходить будь-який одноплатний комп'ютер Raspberry Pi або його альтернативні платформи Arduino Mega 2560 та La Frite, але ці платформи виявилися дорогими, тому було обрано рішення використовувати звичайний комп'ютер.

Крім того, було оглянуто Wi-Fi чип ESP8266. Завдяки ESP8266 можна створити мережевий зв'язок з MajorDoMo для з'єднання датчиків та отримання даних. Також для реалізації розподіленої електронної системи збору даних було обрано цифрові датчики, через те, що вони менше спотворюється від шуму. Але цифрові датчики також мають свої недоліки, а саме низький діапазон вимірювання та розрахунку ніж аналогові датчики.

РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ З ЦИФРОВИХ ДАТЧИКІВ

4.1 Створення розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT для будинку

По-перше, для створення СЗД з цифрових датчиків для будинку було досліджено різні системи домашніх автоматизацій. Цей дослід привів, що розподілена система має свої переваги у вартості та функціональності.

По-друге, було досліджено різні способи передачі даних за різними протоколами. Даний дослід привів, що безпроводний спосіб передачі даних є дешевим та простим. Водночас для системи передачі даних було обрано протокол MQTT. Цей протокол простий у налаштуванні та швидкий у роботі, при цьому його використано з брокером Mosquitto.

По-третє, було проаналізовано програмні забезпечення. Даний аналіз показав, що для керування домашньою автоматикою можна скористатися безплатною програмою Majordomo. Тому що програма проста у налаштуванні та підтримує різні розширювання для роботи.

Крім того, було проаналізовано різні мінікомп'ютера Raspberry Pi та його альтернативи. Але даний аналіз показав, що краще використовувати звичайний комп'ютер, тому що це дешево та він має високу продуктивність ніж мінікомп'ютер. Для Wi-Fi модуля було обрано чип ESP8266. Завдяки ESP8266 можна створити мережевий зв'язок MajorDoMo та протоколом MQTT. І для збору даних з навколишнього середовища було використано цифрові датчики.

Отже, з вище наведених пунктів можна створити розподілену електронну систему збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT. Далі на рисунку 4.1 представлено розподілену електронну систему збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT.

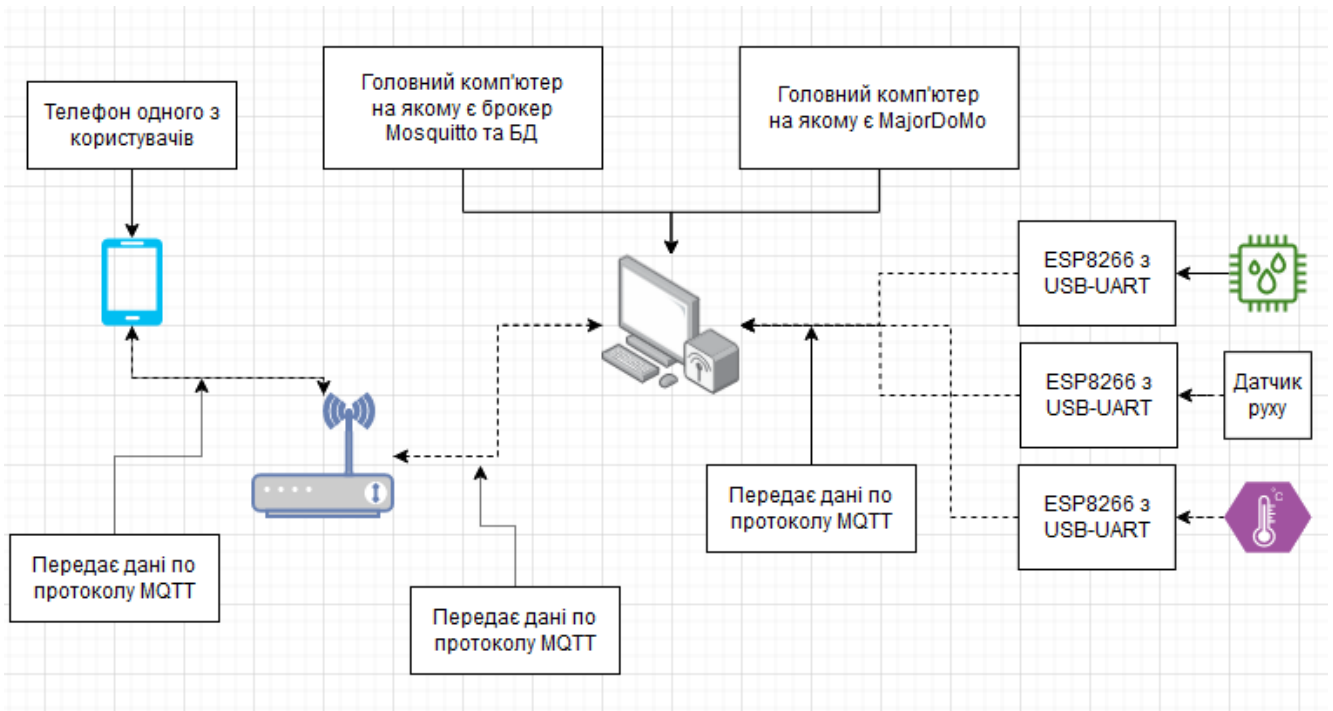


Рисунок 4.1 — Розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT

Цю систему може використовувати для того, щоби надати своєму будинку комфорт, безпеку та економічність. Крім того, систему можна модернізувати та інтегрувати з медичними пристроями для людей похилого віку.

4.1.1 Налаштування протоколу MQTT та сцен у програмі MajorDoMo

Для налаштування протоколу MQTT було встановлено брокер Mosquitto 2.0.15. Після встановлення основних компонентів для MQTT брокера було створено користувача userJon з паролем (рис. 4.2 та 4.3).

```

Администратор: Командная строка - "\Program Files\mosquitto\mosquitto_passwd" -c "C:\Program Files\mosq...
C:\Program Files>cd..
C:\>"\Program Files\mosquitto\mosquitto_passwd" -c "C:\Program Files\mosquitto\passwd" userJon
Password:
Reenter password:
  
```

Рисунок 4.2 — Новий користувач з паролем

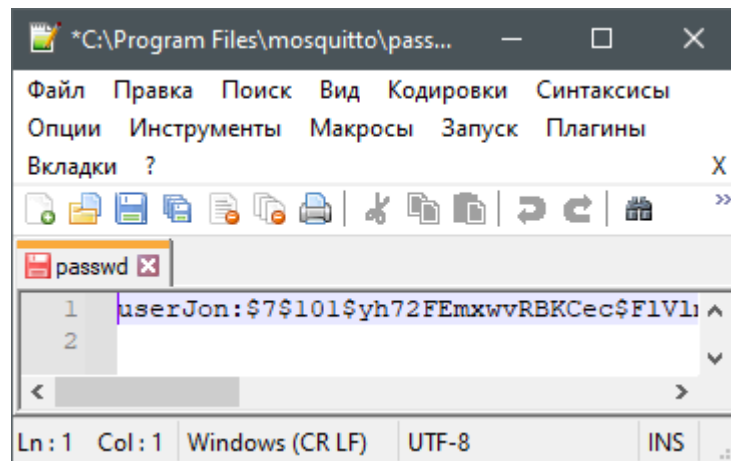


Рисунок 4.3 — Новий користувач з паролем

Далі було додано порт 1883 у виключення фаєрволу за допомогою даної команди (рис. 4.4).

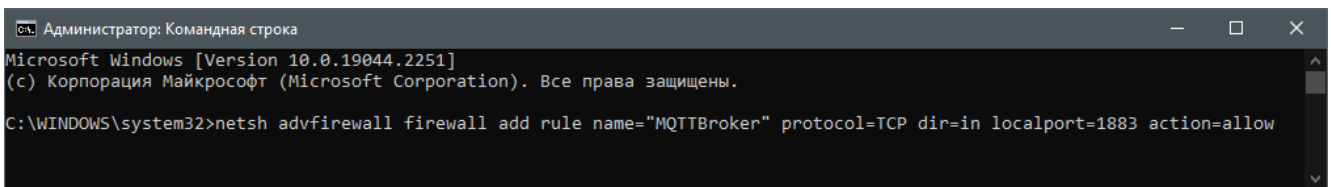


Рисунок 4.4 — Додано новий порт 1883

Після чого було створено локальний сервер та запущено через програму MQTT Explorer (рис. 4.5).

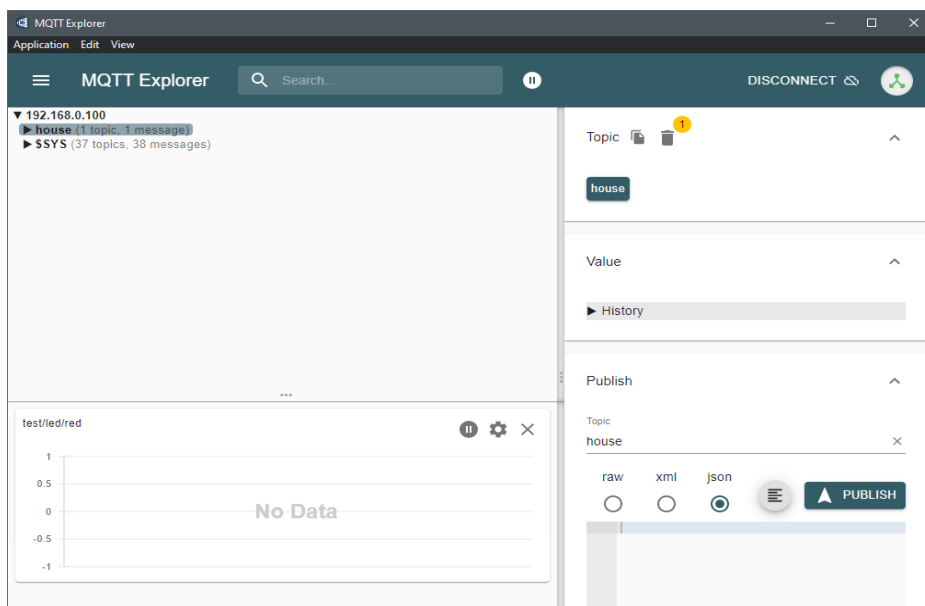


Рисунок 4.4 — Запуск локального сервера

Наступним кроком було налаштування програми MajorDoMo та з'єднання її з локальним сервером за допомогою MQTT. Для цього було налаштовано та створено різні сцени. Перша сцена головна (рис. 4.5), тому що вона має головне меню за допомогою якого можна керувати усім домом. Наприклад, вмикати та вимикати світло або слідкувати за температурою та вологістю у будинку.

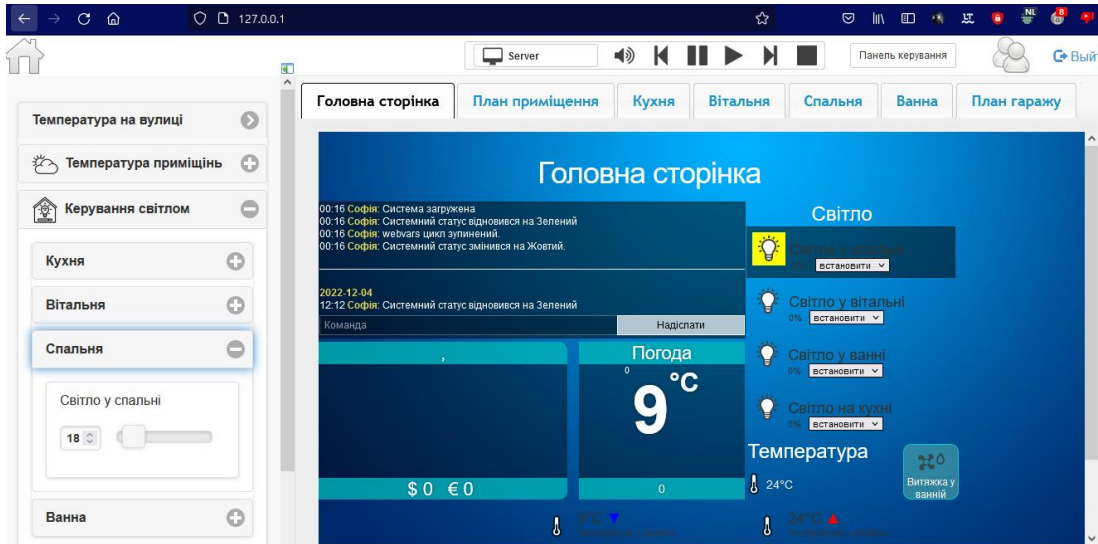


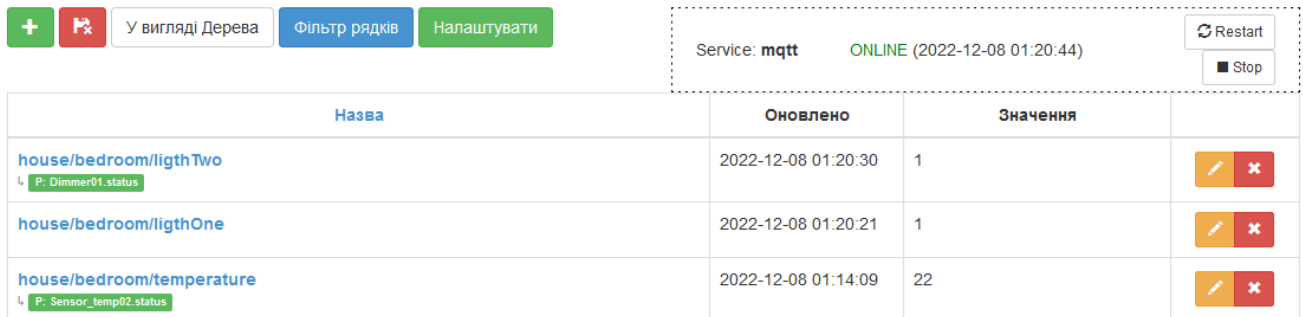
Рисунок 4.5 — «Головна сторінка»

Також за допомогою меню можна перейти на інші вкладки, наприклад, вклад «План приміщення» (рис. 4.6). У цій вкладці можна подивитися весь план будинку або дізнатися де вимкнено світло.



Рисунок 4.6 — «План приміщення»

Дані температури приходять від датчика по протоколу MQTT. Далі на рисунку 4.7 та 4.8 наведено базу даних від датчиків по протоколу MQTT.



Service: mqtt ONLINE (2022-12-08 01:20:44) Restart Stop







Назва	Оновлено	Значення	
house/bedroom/lighTwo P: Dimmer01.status	2022-12-08 01:20:30	1	 
house/bedroom/lighOne	2022-12-08 01:20:21	1	 
house/bedroom/temperature P: Sensor_temp02.status	2022-12-08 01:14:09	22	 

Рисунок 4.7 — База даних у MajorDoMo

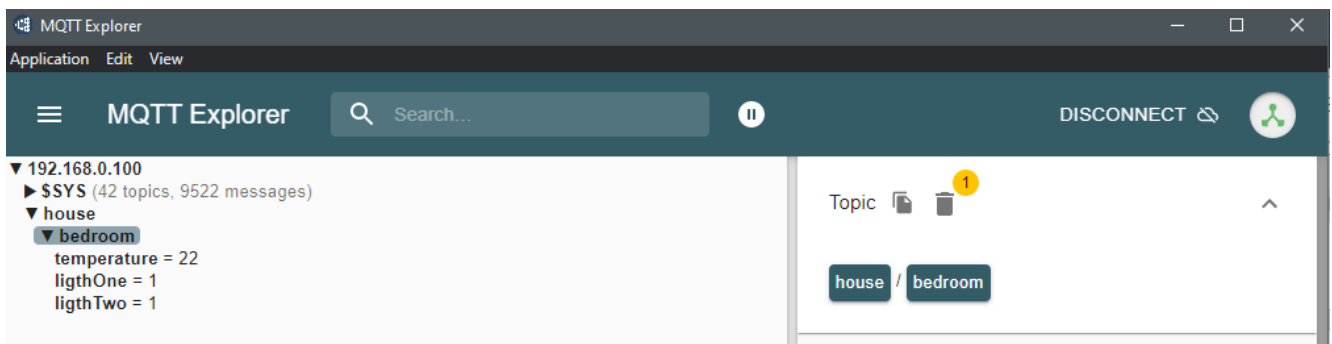


Рисунок 4.8 — База даних у MQTT Explorer

Крім того, дані можна зберігати або змінювати за допомогою телефона (рис. 4.9 та рис. 4.10), для цього тільки потрібно приєднатися до модема через програму

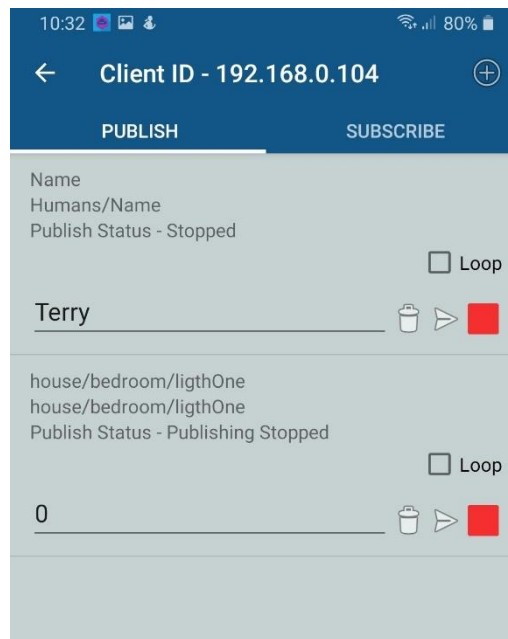


Рисунок 4.9 — База даних у телефоні

Назва	Оновлено	Значення	
house/bedroom/ligthOne	2022-12-08 09:32:48	0	
house/bedroom/temperature <small>P: Sensor_temp02.status</small>	2022-12-08 09:29:38	22	
Humans/Name	2022-12-08 09:26:26	Terry	

Рисунок 4.10 — База даних у MajorDoMo

4.1.2 Схема з'єднання мікроконтролера ESP8266 з датчиком температури DS18B20

Для того, щоб з'єднання мікроконтролера ESP8266 з датчиком температури DS18B20 потрібні такі пристрої як, мікроконтролера ESP8266, адаптер для Wi-fi, USB-UART, який можна приєднати до батарейки для живлення мікроконтролера ESP8266. Також потрібно два резистори на 1кОм, 4.7кОм та датчик DS18B20. Далі буде наведено дві схеми підключення. Спочатку буде підключення чипа ESP8266 до USB-UART (рис. 4.11), а потім підключення ESP8266 до DS18B20 (рис. 4.12).

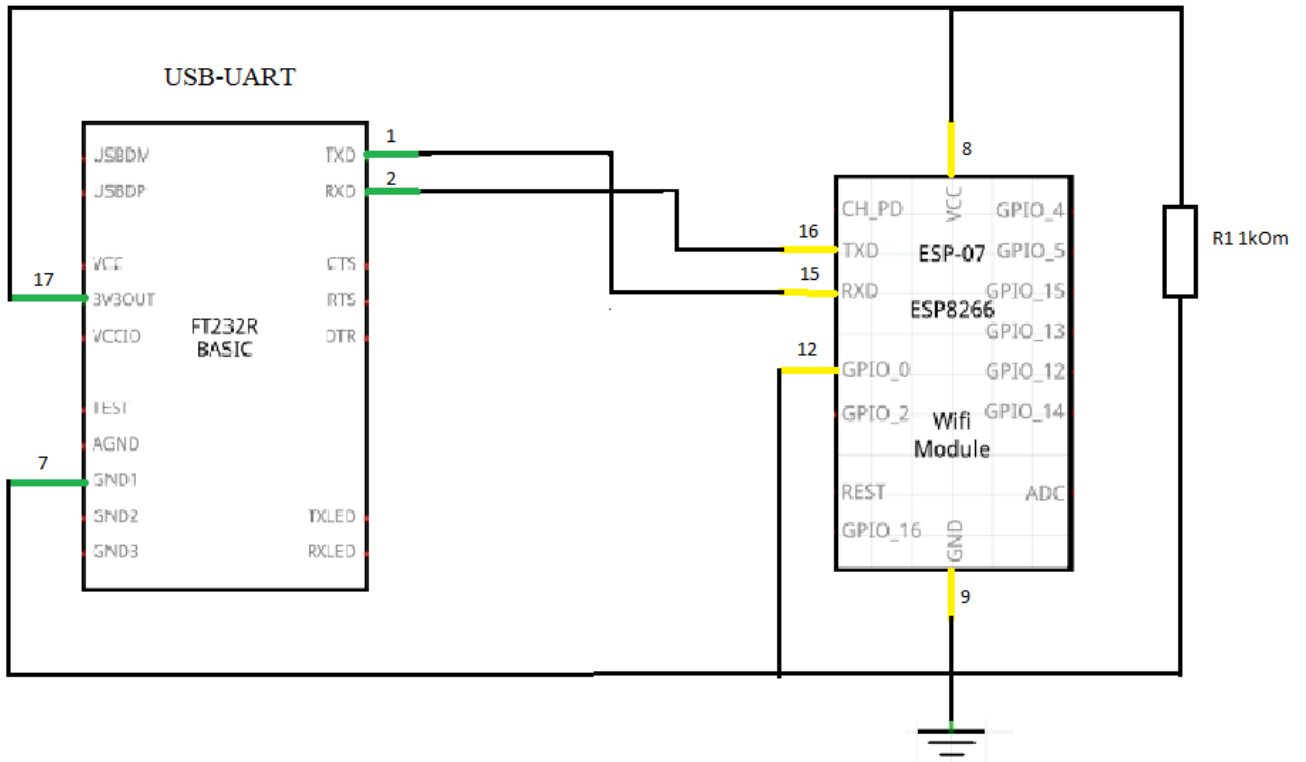


Рисунок 4.11 — Схема підключення чипа ESP8266 до USB-UART

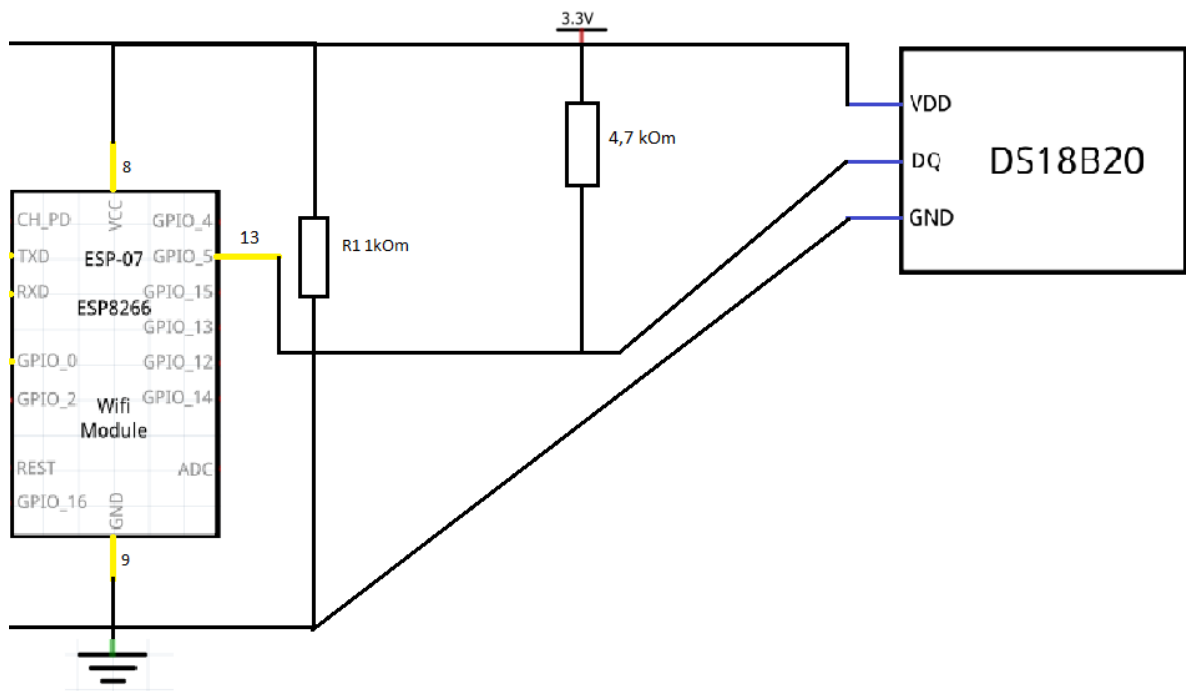


Рисунок 4.12 — Схема підключення чипа ESP8266 до датчика DS18B20

4.2 Висновок до розділу 4

У розділі було наведено один з прикладів реалізацій системи. Системи складається з багатьох різних компонентів, які було досліджено та налаштовано.

По-перше, у розділі було подано схему роботи розподіленої електронної систему збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT. Схема роботи наведена на рисунку 4.1.

По-друге, у розділі було створено локальний сервер та налаштовано протокол MQTT з програмою MajorDoMo, а також подано схему з'єднання мікроконтролера ESP8266 з датчиком температури DS18B20.

Крім того, система має свої переваги та недоліки.

Переваги системи:

- головною перевагою системи є низька вартість;
- висока швидкість роботи та інтегрування з телефоном;
- оптимальна безпека, яка запрошує авторизацію;
- її можна модернізувати;
- простий інтерфейс з яким може працювати будь-яка людина.

Недоліки системи:

- непривабливий дизайн;
- користуватися системою може тільки з підключенням до модема;
- може представляти не точні дані;
- система не може працювати без світла, тож це актуальна проблема зараз.

Хоча система має свої недоліки, вона все одно може розв'язувати критичні питання комфорту, безпеки та економічності.

ВИСНОВКИ

Отже, у даній роботі було розглянуто розробку розподіленої електронної системи збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT. Цю систему було створено для будинку, щоб надати йому комфорт та безпеку. Крім того, систему можна модернізувати та інтегрувати з медичними пристроями.

Для створення системи було досліджено різні системи домашніх автоматизацій. З дослідження було виявлено, що розподілена система має переваги у вартості та функціональності.

Далі було досліджено різні способи передачі даних за різними протоколами. Для передачі даних було обрано бездротову систему з протоколом MQTT.

Крім того, було проаналізовано різні програмні та апаратні забезпечення. До програмного забезпечення входять програма Majordomo, вона використовується для керування та збирання даних, а до апаратного забезпечення входить звичайний комп'ютер, Wi-Fi модуль та цифрові датчики.

З вище наведених компонентів складається розподілена електронна система збору даних з цифрових датчиків за протоколом MQTT. Хоча система має свої переваги та недоліки, вона все одно може розв'язувати критичні питання комфорту, безпеки та економічності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. DATA ACQUISITION, DAS, DAQ [Електронний ресурс] // DAS, DAQ. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DAQ> (дата звернення 01.11.2022).
2. Control system, CS. [Електронний ресурс] // CS. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/control_system(дата звернення 01.11.2022).
3. Gillis, Alexander (2021). "What is internet of things (IoT)?". IOT Agenda. Retrieved 17 August 2021. (дата звернення 02.11.2022).
4. «What is an IoT device?» [Електронний ресурс] // IoT device URL: <https://www.internetsociety.org/iot/?gclid>(дата звернення 02.11.2022).
5. The Internet of Medical Things [Електронний ресурс] // IoMT URL: <https://govdatadownload.netapp.com/2022/01/internet-medical-things-accelerate-cloud-it-modernization-2022/> (дата звернення 03.11.2022).
6. Сенсорні елементи і пристрої оперативної діагностики рівня глюкози в крові / І. Т. Когут, М. В. Котик // фізика і хімія твердого тіла Т. 17, № 1 (2016) С. 108-113 (дата звернення 06.11.2022).
7. Desa U. United nations department of economic and social affairs, population division world population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. Technical Report: Working Paper No. ESA/P/WP. 241 (дата звернення 07.11.2022).
8. Transportation and Logistics [Електронний ресурс] // IoT in Transportation URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/IoT-in-transportation-market> (дата звернення 10.11.2022).
9. Internet of Military/Battlefield Things (IoBT) [Електронний ресурс] // IoBT URL: <https://www.computer.org/publications/tech-news/research/internet-of-military-battlefield-things-iomt-iobt> (дата звернення 15.11.2022).
10. Smart City [Електронний ресурс] // Smart City Country. URL: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-city> (дата звернення 15.11.2022).
11. Home Automation Using the IoT [Електронний ресурс] // IoT URL: <https://www.simform.com/blog/home-automation-using-internet-of-things/> (дата

звернення 16.11.2022).

12. Framework Development in Home Automation [Електронний ресурс] // Smart Home URL: <https://indjst.org/articles/framework-development-in-home-automation-to-provide-control-and-security-for-home-automated-devices> (дата звернення 17.11.2022).

13. Розподілені та централізовані системи збору інформації [Електронний ресурс] // РСЗІ та ЦСЗІ URL: <https://studfile.net/preview/6016907/page:9/> (дата звернення 19.11.2022).

14. Пристрої зв'язку з об'єктами управління [Електронний ресурс] // ПЗО URL: <http://infohmc5.blogspot.com/p/14.html> (дата звернення 20.11.2022).

15. Розподілена система керування [Електронний ресурс] // DCS URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Розподілена_система(дата звернення 21.11.2022).

16. WIRED vs. WIRELESS HOME AUTOMATION [Електронний ресурс] // HOME AUTOMATION URL: <https://www.buildtrack.in/blog/wired-vs-wireless-home-automation/> (дата звернення 23.11.2022).

17. Network protocol [Електронний ресурс] // Network URL: <https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-protocol/> (дата звернення 23.11.2022).

18. Different Operating Standards for Home Automation Tech [Електронний ресурс] // Network for Home Automation URL: <https://www.safewise.com/faq/home-automation/home-automation-operating-standards/> (дата звернення 24.11.2022).

19. Hypertext Transfer Protocol [Електронний ресурс] // HTTP URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/HTTP-Hypertext-Transfer-Protocol> (дата звернення 25.11.2022).

20. Advanced Message Queuing Protocol [Електронний ресурс] // AMQP URL: <https://www.amqp.org/about/what> (дата звернення 25.11.2022).

21. Message queuing telemetry transport [Електронний ресурс] // MQTT URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MQTT> (дата звернення 26.11.2022).

22. Open Home Automation Bus [Електронний ресурс] // openHAB URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenHAB> (дата звернення 26.11.2022).

23. Schoutsen, Paulus. "Disclosure: security vulnerabilities in custom integrations HACS, Dwains Dashboard, Font Awesome and others". Home Assistant. Retrieved (дата звернення 05.12.2022).

24. Бродин В. Б., Калинин А. В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. — М.: ЭКОМ, 2002. — ISBN 5-7163-0089-8. (дата звернення 05.12.2022).

25. What`s Raspberry Pi? [Електронний ресурс] // Raspberry Pi URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi (дата звернення 05.12.2022).

26. Brian Benchoff (August 26, 2014). "New Chip Alert: The ESP8266 WiFi Module (It's \$5)". Hackaday. Retrieved 2015-06-24. (дата звернення 05.12.2022).