

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

## ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи АПСм-22-1

Кожухар С. І.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 126 Інформаційні системи  
та технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Архітектурне  
проекткування інформаційних систем

(повна назва освітньої програми)

Керівник Доцент Сайківська Л. Ф.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о. зав. кафедри РТІКС

(підпис)

Зарудний О.А.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 126 інформаційні системи та технології  
(код і повна назва)

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Архітектурне проектування інформаційних систем  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Кожухару Сергію Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Проектування системи інтернету речей для розумного будинку

затверджена наказом по університету від «03» 11 2023 р. № 1295 Ст \_\_\_\_\_

Термін подання студентом роботи (проекту) 10.01.2024

2. Вихідні дані до роботи (проекту) визначити необхідні параметри мікроклімату для людини; розробити структуру системи «розумного будинку», обґрунтувати вибір елементів структури; розробити програмне забезпечення, що забезпечить моніторинг параметрів та керування системою у віддаленому режимі.

3. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі:

Вступ

1 Аналіз предметної області і постановка задачі

2 Розробка архітектури «розумного будинку»

3 Програмна частина

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів)  
Слайди презентації.

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування Розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Технічний	доц. Сайківська Л.Ф.		

7. Дата видачі завдання 03.11.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз і огляд літературних джерел	15.11.2023	виконано
2	Розробка структури «Розумного будинку»	01.11.2023	виконано
3	Вибір та обґрунтування складових системи «розумного будинку»	20.11.2023	виконано
4	Розробка питання підключення системи до локального веб-сервера	25.11.2023	виконано
5	Розробка програмної частини системи	30.12.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	10.01.2024	виконано
7	Подача пояснювальної записки на кафедру та підготовка до захисту	10.01.2024	виконано

Студент Кожухар С.І.  
(підпис)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ доц. Сайківська Л.Ф.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, що містить 86 сторінки тексту, 19 рисунків, 7 таблиць, 29 літературних джерел і 3 додатка.

### СИСТЕМА. КЕРУВАННЯ. МОНІТОРИНГ. МОДУЛЬ. КОНТРОЛЬ. КЛІМАТ. МІКРОКОНТРОЛЕР. ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС

Мета роботи - розробка інформаційної системи «розумного будинку» на базі Arduino для квартири 40м<sup>2</sup>, яка здатна зчитувати дані про температуру, вологість, рівень CO<sub>2</sub> з датчиків та передавати цю інформацію на локальний веб-сервер через Wi-Fi. Також розробити веб-інтерфейс для перегляду даних і можливості керування виконавчими пристроями через веб-інтерфейс

Метод дослідження – описово-аналітичний

В роботі проведено аналіз методів управління «розумним будинком», розглянуто старту зв'язку, здійснено огляд та аналіз існуючих систем «розумних будинків», здійснено вибір елементної бази. Також були розроблені структурна схема для модулів керування та моніторингу системи «розумного будинку», обрана елементна база і створено програмне забезпечення для роботи системи. Розроблено веб-інтерфейс користувача.

## ABSTRACT

The master's thesis consists of an explanatory note containing 86 pages of text, 19 figures, 7 tables, 29 literary sources and 3 appendices.

SYSTEM. MANAGEMENT. MONITORING. MODULE. CONTROL.  
CLIMATE. MICROCONTROLLER. WEB INTERFACE

The purpose of the work is to develop an Arduino-based information system for a 40m<sup>2</sup> apartment, which is capable of reading data on temperature, humidity, CO<sub>2</sub> level from sensors and transmitting this information to a local web server via Wi-Fi. Also develop a web interface for viewing data and the ability to control actuators through a web interface.

The research method is descriptive and analytical.

In the work, an analysis of the management methods of the "smart house" was carried out, the start of communication was considered, an overview and analysis of the existing systems of "smart houses" was carried out, and the selection of the elemental base was carried out. Also, a structural diagram for control and monitoring modules of the "smart house" system was developed, an element base was selected, and software was created for the system's operation. A web user interface has been developed.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ІС - інформаційна система;

ІТ - інформаційні технології;

WAP - протокол бездротових додатків;

GPRS - загальна пакетна радіослужба;

Wi-Fi - бездротовий зв'язок;

SMS - служба коротких повідомлень;

Push-повідомлення - автоматичні повідомлення, що автоматично доставляються до пристрою отримувача ;

GSM - глобальна система мобільного зв'язку;

LAN - локальна мережа;

ПК - персональний комп'ютер;

ІоТ - інтернет речей;

CO<sub>2</sub> - діоксид вуглецю;

URL - загальний локатор ресурсів;

HTML - мова розмітки гіпертексту;

ІР – інтернет протокол;

HTTP - протокол передачі гіпертексту;

HTTPS - захищений протокол передачі гіпертексту.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	10
1.1 Аналіз архітектурних рішень для сучасних інформаційних систем.....	10
1.2 Поняття «розумний будинок» .....	11
1.3 Методи управління розумним будинком .....	13
1.3.1 Управління на основі профілів мешканців .....	13
1.3.2 Ручне керування розумним будинком.....	14
1.4 Стандарти зв'язку, які використовуються при проектуванні «розумного будинку».....	16
1.4.1 Стандарти зв'язку Wi-Fi .....	17
1.4.2 Стандарти зв'язку Bluetooth.....	18
1.4.3 Стандарти зв'язку Zigbee.....	19
1.4.4 Стандарти зв'язку Z-Wave.....	20
1.5 Призначення підсистем «Розумного будинку» .....	22
1.6 Огляд існуючих систем «Розумний будинок».....	26
1.6.1 Система Ajax.....	27
1.6.2 Система BroadLink .....	28
1.6.3 Система Fibaro .....	29
1.6.4 Система Orvibo .....	30
1.6.5 Система Xiaomi .....	31
1.7 Актуальність роботи та постановка задачі.....	32
2 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» .....	34
2.1 Стейкхолдери та їх зацікавленість в розробці системи .....	34
2.2 Визначення необхідних параметрів мікроклімату .....	35
2.3 Розробка структури «Розумного будинку».....	36
2.4 Вибір та обґрунтування мікроконтролера.....	37

	7
2.5 Вибір та обґрунтування складових блоку датчиків .....	40
2.5.1 Вибір та обґрунтування датчика температури .....	40
2.5.2 Вибір та обґрунтування датчика вуглекислого газу .....	43
2.5.3 Вибір та обґрунтування датчика вологості .....	46
2.6 Вибір та обґрунтування виконавчих пристроїв .....	48
2.6.1 Вибір та обґрунтування осушувача повітря .....	48
2.6.2 Вибір та обґрунтування зволожувача повітря .....	50
2.6.3 Вибір та обґрунтування кондиціонера .....	51
2.6.4 Вибір вентиляції .....	53
2.7 Вибір засобів зв'язку мікроконтролера та пристрою керування .....	54
2.8 Підключення ESP8266 NodeMCU до локального веб-сервера .....	55
3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА .....	57
3.1 Підключення бібліотек та визначення констант .....	57
3.2 Ініціалізація об'єктів .....	58
3.3 Підключення до Wi-Fi .....	60
3.4 Визначення функції відправки даних датчиків .....	60
3.5 Налаштування веб-сервера та обробка запитів .....	62
3.6 Основний цикл програми .....	64
3.7 Візуалізація веб-сторінки сервера .....	65
ВИСНОВКИ .....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	69
ДОДАТОК А .....	72
ДОДАТОК Б .....	77
ДОДАТОК В .....	85

## ВСТУП

Сьогодні важко уявити світ без автоматизації. Житловий будинок не є винятком. У звичайному житті в заміському будинку або квартирі виконується велика кількість дій, які могли б виконуватися без нашої участі. Можна автоматизувати все, від включення світла до керування мікрокліматом у кімнаті. Ця можливість з'явилася завдяки системі "Розумний будинок".

«Розумний будинок» – це приміщення, організоване для проживання чи роботи людей за допомогою високотехнологічних пристроїв та автоматизації. Система розумного будинку дозволяє забезпечити безпеку, комфорт та ресурсозбереження. Вона розпізнає всілякі ситуації та належним чином реагує на них.

У поняття системи розумного будинку, як правило, вкладають автоматизацію побутових та рутинних процесів. Наприклад, при займанні в кімнаті зі встановленими спеціальними датчиками система розумного будинку знеструмить всі електроприлади в приміщенні. Всю множину перемикачів замінює програма в браузері смартфона або ПК.

Безперечною перевагою системи розумного будинку є можливість керувати всіма датчиками та пристроями в будинку віддалено, з ПК на роботі або зі смартфона в пробці. Веб-додаток дозволяє бути в курсі того, що відбувається вдома у будь-який час у будь-якому місці [1].

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Аналіз архітектурних рішень для сучасних інформаційних систем

Рівень розвитку сучасних технологій настільки високий, що дозволяє побудувати інформаційну систему (ІС) будь-якої складності та функціональності. Проте, враховуючи вимоги бізнесу, ґрунтовані на показниках різних бізнес-оцінок, виникають задачі, розв'язання яких зводиться до забезпечення раціонального підходу до процесу проектування, реалізації та подальшої експлуатації ІС. Вибрану архітектуру можна вважати одним із основних показників ефективності створюваної ІС.

Концепція архітектури ІС повинна формуватися на етапі техніко-економічного обґрунтування і вибиратися такою, щоб вартість володіння нею була мінімальною.

Щоб визначити архітектуру ІС, необхідно відповісти на низку запитань: «Що робить система? На які складові частини вона розділена? Яким чином відбувається взаємодія цих частин? Як і де ці частини розміщені?». Таким чином, архітектуру ІС можна вважати моделлю, яка визначає вартість володіння через наявну в цій системі інфраструктуру.

Складність програмних систем постійно збільшується, що обумовлено зростанням об'єму інформації, яку передають або обробляють, ускладненням самих завдань по обробці інформації та збільшенням кількості таких завдань. Без застосування архітектурного підходу при побудові складних систем їх створення, обслуговування і модифікація стануть нерентабельними для бізнесу. Для вирішення цієї проблеми можна використати методи абстракції, декомпозиції та інкапсуляції. Наприклад, при розробці програмної системи, яка входить до складу інфраструктури великої організації, вона подається у вигляді множини модулів, кожен з яких виконує конкретну функцію, а всі разом вони виконують функції самої системи.

З точки зору програмно-апаратної реалізації виділяють кілька типових архітектур ІС: традиційні архітектурні рішення, засновані на використанні

виділених файлів–серверів або серверів баз даних; архітектури корпоративних ІС, які базуються на технології Internet (Internet –додатки); архітектури ІС, які ґрунтуються на концепції «сховища даних» (DataWarehouse) – інтегрованого інформаційного середовища, що складається із різномірних інформаційних ресурсів; для побудови глобальних розподілених інформаційних додатків використовується архітектура інтеграції інформаційно–обчислювальних компонентів на основі об'єктно–орієнтованого підходу.

Розглядаючи архітектуру великих організацій, прийнято використовувати поняття «корпоративна архітектура» як сукупність декількох типів архітектур: бізнес архітектури; ІТ–архітектури; архітектури даних; програмної архітектури; технічної архітектури.

Процес проектування ІС тісно пов'язаний із її архітектурним описом. Можна виділити п'ять різних підходів до проектування: календарний підхід; підхід, за основу якого взято процес управління вимогами; підхід, ґрунтований на процесі розробки документації; підхід, в основі якого лежить система управління якістю; архітектурний підхід [2].

## 1.2 Поняття «розумний будинок»

Історія розумного будинку розпочалася ще в 19 столітті, коли створювалися перші системи забезпечення життєдіяльності. Усі існуючі на сьогодні технології ґрунтуються на розробках, що були створені на рубежі 20 століття. Ці технології поступово змінювалися з розвитком технічного прогресу.

Оснащення будинку необхідним технічним обладнанням призвело до сучасного вигляду житлового будинку: кухня з вбудованою технікою, у тому числі газова чи електрична плита, холодильник та посудомийна машина, ванна кімната і туалет з сучасною сантехнікою тощо. Подальший благоустрій житла та обладнання призвів до введення в обіг телефону, радіо і телебачення. Цей

процес протікав одночасно зі створенням проектів майбутнього житла з принциповою зміною уявлення про нього [3].

"Розумний будинок" представляє собою інтеграцію побутових девайсів, комунікаційного обладнання та інших пристроїв, які щодня використовуються в побуті, в єдину автономну систему керування. Ця програма відповідає за ресурсозбереження та комфорт мешканців будинку, спрощуючи управління нерухомістю і роблячи життя власників більш зручним і безпечним. Програма може самостійно контролювати різні аспекти, такі як полив саду, створення оптимального мікроклімату в приміщеннях, виявлення аварійних ситуацій або незаконних проникнень, та може застосувати резервне живлення у випадку перебоїв з електропостачанням.

Інтелектуальна система "Smart House" може зберігати та використовувати кілька зручних для господаря сценаріїв. На сьогоднішній день існують кілька електронних систем керування, які відповідають за певний функціонал в будинку та за його межами. Перша система відповідає за управління всім, що стосується внутрішнього приміщення. Друга система відповідає за процеси на зовнішній території.

Основні функції розумного будинку включають управління такими системами:

- інфраструктура життєзабезпечення (управління освітленням, контроль опалення, регулювання мікроклімату);
- системи безпеки (використання датчиків руху, запуск сигналізації, блокування вікон та дверей, імітація присутності, повідомлення про аварії в будинку);
- побутова техніка (управління телевізором, керування холодильником, регулювання чайника / кавоварки, підтримка функцій контролю та керування через Інтернет);
- енергетика (моніторинг альтернативних джерел енергії);
- система обслуговування (автоматична перевірка працездатності автоматизованих пристроїв, автоматичне тестування окремих елементів

"розумного будинку", повідомлення про несправності (включаючи відправку повідомлень та листів));

- моніторинг та керування (включаючи взаємодію через Інтернет) [4].

### 1.3 Методи управління розумним будинком

Існують два основні методи управління. Перший - це управління на основі профілів мешканців, які мають встановлений пріоритет. Іншим методом є ручне керування, яке може здійснюватися за допомогою пульта, сенсорних панелей, смартфона чи комп'ютера [5].

#### 1.3.1 Управління на основі профілів мешканців

Управління на основі профілів мешканців це система, що заснована на різних параметрах та уподобаннях кожного мешканця. Цей підхід дозволяє налаштовувати роботу системи "розумного будинку" відповідно до індивідуальних потреб кожного користувача.

Для кожного мешканця можуть бути встановлені окремі профілі, які враховують їхні уподобання, розклади, пріоритети, а також рівень доступу до певних функцій розумного будинку.

Персоналізовані налаштування дозволять забезпечити автоматичне виконання певних налаштувань при вході або певних діях мешканця. Наприклад, автоматичне регулювання температури, освітлення або вибір музики в залежності від того, хто з мешканців перебуває у приміщенні.

Кожен профіль може мати свої обмеження та дозволи на доступ до різних систем. Наприклад, діти можуть мати обмежений доступ до певних функцій розумного будинку.

Управління на основі профілів мешканців спрощує роботу з системою розумного будинку, забезпечуючи більш персоналізований та зручний досвід для кожного жителя будинку [5].

### 1.3.2 Ручне керування розумним будинком

Керування розумним будинком за допомогою сенсорної панелі управління - це один з найпростіших способів керування розумним будинком. Сенсорна панель (рисунок 1.1) обладнана невеликим рідкокристалічним дисплеєм, за допомогою якого можна активувати всі необхідні комунікаційні системи та програмувати їх роботу. Сенсорна панель може бути кольоровою або чорно-білою; її зовнішній вигляд нагадує інтерфейс сучасних операційних систем, тому зазвичай не викликає складнощів у її використанні.



Рисунок 1.1 – Сенсорна панель

Для початку роботи з сенсорною панеллю потрібно обрати вікно з кнопками (елементами) управління. Після цього можна перемикатися між секціями та налаштовувати інтерфейс відповідно до користувацьких уподобань. Також можна керувати як окремими групами (опалення та освітлення), так і всім приміщенням.

Існує можливість налаштувати інтерфейс сенсорної панелі для відображення повної інформації про стан усіх систем, розмістивши її на робочому столі з швидким викликом необхідного вікна. Однією з важливих функцій сенсорної панелі є "захист від дітей", який запобігає непередбаченим та небажаним подіям.

Інший спосіб ручного керування - це керування "розумним будинком" за допомогою пульта дистанційного управління. Для управління "розумним будинком" за допомогою дистанційного пульта управління (рисунок 1.2) потрібно підключити всі системи до радіовимикача. Зазвичай пульт дистанційного керування має 16 каналів. До кожного з цих каналів можна підключити одне або кілька пристроїв, що усуває необхідність використання окремого пульта для кожного пристрою. У цьому випадку всіма системами можна керувати за допомогою одного єдиного пульта дистанційного управління.



Рисунок 1.2 – Пульт дистанційного управління

Пульт дистанційного управління обладнаний таймером, що дозволяє програмувати роботу пристроїв за розкладом - вмикаючи та/або вимикаючи їх в певний час. Проте важливо відзначити, що дії, виконані за допомогою пульта дистанційного керування, на відміну від сенсорної панелі, не можуть бути налаштовані на кілька днів вперед.

Управління "розумним будинком" можливе за допомогою комп'ютера, ноутбука або планшета, які виступають у ролі сервера. Це надає користувачеві можливість дистанційного управління своїм будинком.

Для здійснення такого типу управління необхідно підключити комп'ютер до системи керування через бездротові або дротові канали передачі

даних. Це дозволяє виконувати будь-які дії, які доступні з сенсорної панелі. Більше того, управління будинком стає можливим на відстані за допомогою веб-застосунків або хмарних сервісів.

Управління "розумним будинком" за допомогою мобільного телефону. Управління "розумним будинком" за допомогою мобільного телефону є можливим завдяки сучасним мобільним телефонам та смартфонам, які у більшості випадків підтримують технології WAP та GPRS зв'язку (рисунок 1.3). Для керування системою "розумного будинку" можна використовувати обмін повідомленнями, електронну пошту або веб-браузер мобільного телефону, отримуючи різноманітну інформацію зі свого будинку, таку як зображення з веб-камер або повідомлення від датчиків пожежі, охоронних та інших про нестандартні ситуації [6].



Рисунок 1.3 – Управління розумним будинком з смартфона

1.4 Стандарти зв'язку, які використовуються при проектуванні «розумного будинку»

У проектуванні розумного будинку використовуються різні стандарти зв'язку для забезпечення взаємодії між пристроями та системами. Одними з найпоширеніших є Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave [7].

### 1.4.1 Стандарти зв'язку Wi-Fi

Wi-Fi, також відомий як стандарт IEEE 802.11, є бездротовим протоколом зв'язку, який дозволяє підключати пристрої до мережі Інтернету через радіохвилі з використанням радіочастотного спектру. Він широко використовується для безпроводного з'єднання між пристроями в будинках, офісах, громадських місцях та інших локаціях.

Існує кілька підстандартів Wi-Fi, таких як 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac та 802.11ax (також відомий як Wi-Fi 6). Кожен новий стандарт вдосконалює продуктивність, швидкість передачі даних, дальність сигналу та інші параметри порівняно з попередніми версіями.

Wi-Fi може працювати у різних частотних діапазонах, таких як 2,4 гігагерц (ГГц) та 5 ГГц. 2,4 ГГц зазвичай має кращу проникливість стінами, але меншу пропускну здатність порівняно з 5 ГГц, який надає швидший і стабільніший зв'язок на коротких відстанях.

Wi-Fi підтримує різні режими роботи, такі як точка доступу (Access Point - AP), клієнтський режим, режим повторювача (репітера), мережевий міст тощо. Ці режими дозволяють налаштовувати різні типи підключень та конфігурації.

Wi-Fi має різні протоколи безпеки, такі як WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access) та WPA2/WPA3, які захищають дані від несанкціонованого доступу та шифрують передану інформацію.

Wi-Fi використовує різні методи модуляції (наприклад, OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) та кодування (наприклад, QAM - Quadrature Amplitude Modulation), що дозволяють передавати дані з високою швидкістю та ефективністю.

Пристрої Wi-Fi включають маршрутизатори, точки доступу, мережеві адаптери для комп'ютерів та інших пристроїв, які забезпечують можливість підключення до мережі Wi-Fi.

Wi-Fi став необхідною технологією для побудови мережі в сучасних будинках та офісах, сприяючи зручності підключення бездротових пристроїв до Інтернету та між собою. Цей стандарт постійно розвивається для поліпшення швидкості, безпеки та ефективності зв'язку [8].

#### 1.4.2 Стандарти зв'язку Bluetooth

Bluetooth є бездротовий протокол зв'язку, який дозволяє обмінюватися даними між пристроями на невеликій відстані, що зазвичай складає до 10 метрів (для Bluetooth класу 2) або до 100 метрів (для Bluetooth класу 1).

Ця технологія використовується для підключення різних пристроїв, включаючи смартфони, навушники, колонки, клавіатури, миші, медичні пристрої та інші гаджети.

Існує кілька версій Bluetooth, таких як Bluetooth 1.x, 2.x, 3.x, 4.x, 5.x. Кожна наступна версія включає у себе нові можливості та покращення, наприклад, підвищення швидкості передачі даних, збільшення дальності зв'язку, покращену енергоефективність тощо.

Bluetooth працює на частоті 2,4 ГГц, яка є спільною для бездротових пристроїв. Цей діапазон розділений на 79 каналів для мінімізації перешкод від інших пристроїв.

Bluetooth використовує різні профілі для різних типів пристроїв та їх функціональності. Наприклад, профілі для навушників (Bluetooth Headset Profile - HSP), передачі файлів (Bluetooth File Transfer Profile - FTP), пристроїв збору даних (Bluetooth Health Device Profile - HDP) та інших.

Bluetooth має вбудовані механізми шифрування для захисту переданих даних від несанкціонованого доступу. Це включає в себе методи аутентифікації та шифрування, які забезпечують конфіденційність та цілісність даних.

Bluetooth Low Energy (BLE або Bluetooth Smart) - це версія Bluetooth, яка спеціально розроблена для пристроїв з низьким споживанням енергії, таких як

розумні годинники, датчики, трекери фізичної активності. BLE дозволяє працювати з батареями протягом тривалого часу.

Bluetooth Mesh - це технологія, яка дозволяє створювати мережі з множини підключених пристроїв, кожен з яких може передавати дані іншим. Це дозволяє покращити покриття та ефективність мережі.

Bluetooth є популярним протоколом зв'язку, який забезпечує бездротову взаємодію між різними пристроями на коротких відстанях і продовжує розвиватися для покращення швидкості передачі даних, енергоефективності та функціональності [9].

### 1.4.3 Стандарти зв'язку Zigbee

Zigbee є бездротовий протокол мережі низького енергоспоживання (Low-Power, Low-Rate Wireless Personal Area Network - WPAN), який був розроблений для взаємодії між різними пристроями в мережах "інтернет речей" (IoT) та розумних будинків. Він використовує радіочастотний діапазон 2,4 ГГц та має на меті забезпечення низького споживання енергії, надійності та простоти встановлення.

Zigbee побудований на мережевій архітектурі маршрутизації Mesh, де кожен пристрій може служити як маршрутизатор для передачі сигналів. Це забезпечує широке охоплення та стійкість мережі до перешкод.

Використання діапазону 2,4 ГГц дозволяє Zigbee співпрацювати з іншими бездротовими технологіями, такими як Wi-Fi та Bluetooth.

Однією з ключових переваг Zigbee є його ефективне використання енергії. Це робить його ідеальним для пристроїв, які працюють від батарей або вимагають довготривалої автономної роботи.

Протокол забезпечує стабільний обмін даними між різними пристроями, такими як сенсори, реле, контролери освітлення, термостати, пристрої безпеки тощо.

Zigbee використовує шифрування AES (Advanced Encryption Standard) для захисту від несанкціонованого доступу та забезпечення конфіденційності даних, що передаються по мережі.

Zigbee використовує різні стандарти і профілі для різних застосувань. Наприклад, Zigbee Home Automation (ZHA) для розумних будинків, Zigbee Light Link (ZLL) для систем освітлення, тощо.

Zigbee використовується в різних сферах, включаючи розумні будинки, промисловість, медицину, сільське господарство та інші галузі, де важлива низька енергоспоживання та висока надійність зв'язку між пристроями. Його масштабованість, енергоефективність та можливість створення мереж з великою кількістю пристроїв роблять його популярним в сфері "інтернету речей" [10].

#### 1.4.4 Стандарти зв'язку Z-Wave

Z-Wave є пропріетарний бездротовий протокол мережі низького енергоспоживання, призначений для використання в системах "розумний будинок" та "Інтернет речей" (IoT). Він розроблений для забезпечення комунікації між різними пристроями, такими як датчики, реле, термостати, освітлення, аудіо- та відеообладнання тощо.

Z-Wave працює в частотному діапазоні 800-900 МГц, що дозволяє йому працювати на довшій відстані та проникати крізь стіни та перешкоди, порівняно з іншими бездротовими технологіями.

Z-Wave також використовує технологію мережі Mesh, де кожен пристрій може служити як посередник для передачі сигналів. Це забезпечує стійкість мережі та можливість автоматичної рутингової переадресації сигналів для забезпечення надійної комунікації.

Однією з ключових переваг Z-Wave є його ефективне використання енергії, що дозволяє пристроям працювати від батарей або інших джерел живлення протягом тривалого часу.

Z-Wave використовує різні заходи безпеки, такі як шифрування AES-128 біт для захисту переданих даних від несанкціонованого доступу.

Системи, що використовують Z-Wave, зазвичай мають простий процес встановлення та налаштування пристроїв, що робить його дружелюбним для користувача.

Пристрої Z-Wave від різних виробників можуть працювати разом у мережі, оскільки вони відповідають специфікаціям Z-Wave Alliance.

Z-Wave використовується для створення систем розумного дому, де пристрої можуть взаємодіяти між собою, виконуючи різні завдання автоматизації, контролю освітлення, терморегулювання, безпеки та інших функцій. Його надійність, енергоефективність та здатність працювати в мережі з великою кількістю пристроїв роблять його популярним в галузі "розумного дому" [11].

Описані стандарти зв'язку є ключовими в реалізації різноманітних сценаріїв розумного будинку через їхню універсальність та можливості. Кожен з них має свої особливості та переваги, що робить їх важливими компонентами в будь-якій системі "розумного будинку".

Наприклад, Wi-Fi забезпечує широке охоплення та велику пропускну здатність для підключення багатьох пристроїв до мережі Інтернету. Bluetooth і Zigbee є кращими варіантами для підключення пристроїв у невеликих масштабах, таких як аудіосистеми, розумні датчики або освітлення. Z-Wave та Thread мають низьке споживання енергії і часто використовуються для побудови мереж з низьким споживанням енергії, а також для забезпечення стабільної та надійної комунікації між пристроями .

## 1.5 Призначення підсистем «Розумного будинку»

«Розумний будинок» представляє собою інноваційний підхід до житла, де сучасні технології відіграють ключову роль у створенні сприятливого середовища для людини. Може містити одну підсистему або об'єднувати кілька підсистем у єдину систему управління будинком, які поділяються на дві групи:

- основні (водопостачання, електропостачання, газопостачання, опалення, вентиляція, каналізація та ін.);
- допоміжні (система безпеки, кондиціонування та ін.).

Підсистема водопостачання є однією з важливих складових розумного будинку, яка не лише забезпечує надійний доступ до води, але й пропонує ряд інноваційних можливостей для оптимізації її використання. Вона дозволяє ефективно здійснювати управління подачею води в будинок, вимірювати та контролювати залишки об'єму рідини в накопичувальній системі, здійснювати оновлення води шляхом її часткової заміни, приймати рішення про перехід на режим економії у разі потреби, контролювати протікання води, виконувати екстрене відключення подачі води в разі аварійних ситуацій, керувати запасами води, інформувати користувача за визначеним сценарієм.

Підсистема електропостачання в сучасному «розумному будинку» є однією з важливих складових інфраструктури, що забезпечує стабільне та ефективне живлення всіх пристроїв і включає в себе інноваційні технології та функції для підвищення безпеки, ефективності та зручності для користувачів. Вона дозволяє власникам відстежувати та керувати електропостачанням через спеціальні додатки або інтерфейси, встановлює режими, що зменшують пікове навантаження на мережу, автоматично включає резервне або перемикається на інші джерела живлення в разі відмови в електропостачанні по основному каналу, може відстежувати стан мережі та виявляти відхилення, що допомагає уникнути небезпечних ситуацій, таких як коротке замикання чи перевищення напруги.

Підсистема освітлення в «розумному будинку» відіграє важливу роль у створенні комфортної та функціональної атмосфери для мешканців. Вона базується на інтеграції передових технологій, що сприяє поліпшенню якості освітлення та ефективності використання енергії. Надає змогу керувати освітленням в будинку віддалено через мобільний додаток або голосовий асистент, може використовувати різні сенсори (наприклад, руху, освітленості) для автоматичного реагування на потреби мешканців, допомагає зменшити споживання електроенергії, дає змогу створювати налаштовані сценарії освітлення для різних ситуацій, може бути інтегрованою з іншими «розумними системами будинку», такими як система безпеки, система електропостачання або система керування кліматом, дозволяє користувачам змінювати кольори світла для створення різних настроїв і атмосфери в будинку.

Підсистема вентиляції в «розумному домі» забезпечує постійний потік свіжого повітря, виконує ряд функцій для підвищення ефективності та безпеки будинку. Вона може автоматично регулювати режими роботи в залежності від різних факторів, таких як рівень вологості, концентрація CO<sub>2</sub>, або час доби, користувачі можуть керувати системою вентиляції віддалено через смартфони або інші пристрої, дозволяє оптимізувати споживання енергії, регулюючи швидкість вентиляторів та режими вентиляції відповідно до потреб, може включати в себе фільтри, які очищають повітря від алергенів, пилу та інших забруднень, покращуючи якість повітря в будинку, також використовувати теплообмінники для рекуперації тепла, що дозволяє економити енергію на опаленні в холодний період, відстежувати якість повітря та надавати інформацію користувачам про рівень забруднення та інші параметри, може бути інтегрованою з іншими підсистемами будинку.

Підсистема газопостачання в сучасному «розумному будинку». Газ використовується для опалення, приготування їжі, гарячої води та багатьох інших повсякденних потреб. Вона дозволяє власникам відстежувати та керувати системою газопостачання через смартфони або планшети, може

оптимізувати споживання газу, регулюючи роботу опалювальних систем і газових приладів відповідно до потреб та розкладу власників, може відстежувати рівень газу та виявляти потенційні загрози безпеці, такі як витоки газу, інтегруючи сигналізацію та автоматичне вимикання газу, може інтегруватися з іншими підсистемами розумного будинку, такими як система керування освітленням чи система електропостачання, для створення єдиної екосистеми автоматизації, може поєднувати газопостачання з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі або газові турбіни, для зменшення впливу на навколишнє середовище та зменшення витрат.

Підсистема опалення у сучасних «розумних будинках» також вдосконалюється та стає інтелектуальною, що дозволяє мешканцям насолоджуватися не лише теплом, але і ефективністю, економією та зручністю. Вона дозволяє мешканцям контролювати опалення віддалено через мобільні додатки або голосові асистенти, може автоматично реагувати на зміни температури та вимоги мешканців, дає можливість створювати різні температурні зони в різних частинах будинку дозволяє забезпечити індивідуальний комфорт для кожного приміщення, дозволяє відстежувати стан обладнання та виявляють проблеми, що допомагає уникнути непередбачених збоїв та ремонтних робіт, може бути інтегрована з іншими системами розумного будинку, такими як система керування освітленням чи система вентиляції, для створення єдиної інтелектуальної екосистеми.

Підсистема каналізації в «розумному будинку» відповідає за відведення стічних вод і відходів. Хоча ця інфраструктура може здаватися непомітною, її ефективність та безпека мають критичне значення для життя та здоров'я мешканців. У сучасних «розумних будинках» вона дозволяє автоматично керувати відводом стічних вод з різних джерел у будинку, включаючи ванні кімнати, кухню та сантехнічні вузли, може виявляти проблеми та незвичайні ситуації, такі як засмічення труб чи збільшення рівня стоків, дозволяє оптимізувати використання води шляхом регулювання водопостачання та

кількості води, використаної в сантехнічних вузлах, може бути інтегрована з іншими «розумними системами будинку», такими як система керування водопостачанням, система вентиляції та інші, сприяє підтримці високого рівня гігієни та здоров'я мешканців, попереджаючи можливі негативні впливи стічних вод на середовище та здоров'я, допомагає зменшити витрати води та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Підсистема безпеки "розумного будинку" є фундаментально важливою для створення спокійного та безпечного житлового середовища. Вона дозволяє власникам здійснювати керування віддалено (вони можуть вмикати та вимикати сигналізацію, відкривати/закривати двері чи вікна, і контролювати доступ до будинку), може надсилати повідомлення власникам та службам безпеки в разі виявлення підозрілої або аварійної ситуації, може бути інтегрована з іншими «розумними системами будинку», такими як системи освітлення, опалення чи автоматизації, допомагає уникнути надмірного використання ресурсів, таких як електроенергія та вода, завдяки автоматизації та оптимізації процесів, включає в себе вбудовані камери, які можна встановити в різних точках будинку, що надають можливість віддалено спостерігати за діяльністю на подвір'ї або в приміщенні, датчики руху, витoku води, диму та вуглекислого газу надають можливість вчасно виявити небезпеку та надіслати сповіщення мешканцям. Це дозволяє уникнути негативних наслідків, таких як пожежі чи затоплення.

Підсистема кондиціонування стала необхідною для забезпечення комфортного клімату в будь-який час року. У сучасних умовах, коли зміни клімату призводять до екстремальних температур та погодних умов, розумне кондиціонування пов'язується з інноваційними технологіями та забезпечує не лише охолодження чи обігрів приміщення, але й ефективність, економію енергії та зручність для мешканців. Вона дозволяє власникам віддалено керувати системою кондиціонування через мобільні додатки або голосових асистентів, використовує енергоефективні технології, такі як інверторні компресори та програмовані режими, що дозволяють зменшити споживання

енергії та знизити витрати на комунальні послуги, може створювати різні температурні зони в різних частинах будинку, забезпечуючи індивідуальний комфорт для кожного приміщення, може бути інтегрована з іншими «розумними» системами будинку, такими як система керування освітленням, система безпеки та інші, для створення єдиної інтелектуальної екосистеми [13].

### 1.6 Огляд існуючих систем «Розумний будинок»

На сьогоднішній день існує ряд систем «Розумного будинку», які випускаються промисловістю. Вони можуть відрізнятися за такими параметрами як:

- функціональність. Існуючі системи розумного будинку можуть мати різну функціональність. Деякі спрямовані на автоматизацію освітлення, опалення та кондиціонування, інші - на системи безпеки, відеоспостереження та доступу. Також вони можуть поєднувати різні функції в єдину інтегровану екосистему;

- виробники та стандарти. Різні виробники пропонують системи розумного будинку зі своїми власними протоколами та стандартами;

- способи управління. Обладнання розумного будинку може керуватись через мобільні додатки, інші - через голосові асистенти, спеціальні контролери або пульт дистанційного керування;

- рівень інтеграції. Деякі системи розумного будинку дозволяють інтегрувати різні пристрої для створення єдиної інтелектуальної екосистеми, тоді як інші можуть бути менш інтегрованими та фокусуватися на окремих аспектах автоматизації;

- ціна та доступність. Вартість обладнання для розумного будинку може значно варіюватися в залежності від обсягу функціональності та виробника. Деякі девайси можуть бути більш доступними для бюджетних проєктів, тоді як інші можуть бути дорожчими та більш розширеними [14].

### 1.6.1 Система Ajax

Виробником системи Ajax є Україна. Дана система автоматизації будинку забезпечує комфорт і зручність в управлінні життєзабезпеченням приміщення та гарантує безпеку житла, контролюючи межі об'єкту на предмет злому, а також електричну, пожежну, газову та інші можливі загрози для дому.

Ajax працює на зашифрованій та захищеній двосторонній системі радіозв'язку Jeweller, має повну автономність від електромережі завдяки резервному живленню, характеризується стильним дизайном всіх своїх пристроїв (рисунок 1.4).

До переваг даної системи можна віднести простий монтаж устаткування, бездротовий канал зв'язку між системними елементами, зону дії сигналу до 2000 метрів, захист від зняття будь-якого з датчиків, розмежування прав доступу для користувачів (повний або частковий), автономна робота від акумулятора до 16 годин, Wi-Fi і GSM-зв'язок, можливість інформування користувача через дзвінок, SMS, або Push-повідомлення, контроль витрати електроенергії, автоматичне відключення при перепадах напруги, можливість управління за допомогою смартфона (iOS, Android), підключення до 100 пристроїв, наявність тривожної кнопки на пульті, невисока вартість комплекту (від 200\$).

Ajax може функціонувати тільки від роботи центрального контролера, тобто відсутня автономність датчиків, відсутня власна камера відеоспостереження, управління можливе тільки через телефон, що є недоліками даного обладнання [15].



Рисунок 1.4 - Система Ajax

### 1.6.2 Система BroadLink

Система BroadLink являє собою комплект сучасних цифрових пристроїв, створених для раціонального управління побутовою технікою, а також освітлювальної, енергетичної, охоронної та іншими системами в будинку. Кожен елемент даного комплексу може працювати як самостійно, так і взаємодіяти один з одним (рисунок 1.5).

Перевагами системи є простота у встановленні та налаштуванні, широкий асортимент датчиків, можливість додавати пристрої, функціонування системи без центрального хаба, бездротова взаємодія пристроїв між собою, своя камера відеоспостереження, може контролюватись з будь-якої точки планети, невисока вартість обладнання (від 200\$).

До недоліків можна віднести невелику дальність дії сигналу, відсутність резервного живлення хаба, пульт управління працює тільки на прийом сигналів. Виробником системи є Китай. За замовчуванням відсутній український інтерфейс, проте його можливо встановити [15].



Рисунок 1.5 - Система BroadLink

### 1.6.3 Система Fibaro

Обладнання Fibaro для «розумного будинку» відноситься до професійного обладнання по забезпеченню автоматизації та безпеки об'єкту з найширшим функціоналом. Однак, на відміну від інших перелічених систем, потребує встановлення та налаштування апаратної частини досвідченими фахівцями (рисунок 1.6).

До переваг слід віднести великий асортимент датчиків та пристроїв, наявність камери відеоспостереження, широкий вибір сценаріїв для користувача, можливість розсилки повідомлень відразу на кілька телефонів, робота на базі протоколу Z-Wave, що дозволяє успішно взаємодіяти з іншим обладнанням, контроль рівня енергоспоживання підключених пристроїв, захист від перепадів напруги в мережі, кожний елемент системи може ретранслювати сигнал, наявне голосове управління через сервіс Google.

Серед недоліків є висока вартість обладнання (від 600\$), складність монтажу та налаштування, обов'язкове підключення центрального контролера Fibaro Home Center до інтернету через LAN-кабель, неможливість функціонування без центрального хаба, відсутність резервного живлення, обмежена дальність сигналу (до 50 метрів), затримка Push-повідомлень, необхідність в обов'язковому встановленні програмного забезпечення на ПК, не досконалий мобільний застосунок. Виробником є Польща. Відсутній український інтерфейс [15].



Рисунок 1.6 - Система Fibaro

#### 1.6.4 Система Orvibo

Система Orvibo являє собою комплект простого в експлуатації обладнання, головне завдання якого полягає в забезпеченні безпеки будинку і може служити базою для організації повноцінної системи «розумний будинок» (рисунок 1.7).

До переваг слід віднести простоту в установці та підключенні, віддалений контроль через додаток на смартфоні, автоматичне виявлення та підключення сенсорів до центрального хабу, широкий вибір пристроїв і можливість масштабування системи (близько 100 датчиків), наявність власної відеокамери, бездротовий протокол взаємодії між контролером і датчиками, автономність деяких пристроїв від центрального хабу, вибір сценаріїв роботи з технікою будинку, Wi-Fi зв'язок з телефоном, обдзвін до 10 номерів, вартість (від 150\$).

Недоліками є невелика зона дії сигналу (до 30 м), малий набір пристроїв в базовій комплектації, відсутність резервного живлення хабу на випадок відключення електроенергії, дротове підключення до Інтернету. Виробником даного обладнання є Китай. Відсутній український інтерфейс [15].



Рисунок 1.7 - Система Orvibo

### 1.6.5 Система Xiaomi

Система Xiaomi відноситься до бюджетного класу обладнання, яке дозволяє зробити управління різними пристроями і побутовою технікою в будинку максимально простим і зручним (рисунок 1.8).

До переваг системи варто віднести повну автономність пристроїв, можливість масштабування, наявність власної камери відеоспостереження, бездротовий протокол ZigBee, зручне управління за допомогою смартфона через Wi-Fi, наявність настроюваних сценаріїв, компактність і стильний дизайн, низьку вартість базового комплекту (від 90\$).

Серед недоліків можливо виділити малу зону дії сигналу (до 10 м), малий набір сенсорів і виконавчих пристроїв в базовому наборі, відсутність резервного живлення хаба.

Виробником є Китай. Відсутній український інтерфейс за замовчуванням, наявна тільки англійська і китайська мови, що несе свої складності в процесі установки і настройки [15].



Рисунок 1.8 - Система Xiaomi

Враховуючи переваги та недоліки в порівнянні з іншими існуючими системами, можна сказати, що Ajax - це одна з найкращих систем «розумного будинку» на ринку. Вона багатофункціональна, надійна, зручна, компактна. Має якісний захист від зломів, гарний дизайн і зрозумілий інтерфейс.

Установка і настройка такого комплексу спрощена до мінімуму і цілком доступна навіть для технічно не підготовлених користувачів. Важливою перевагою є низька ціна на девайс, беручи до уваги його широкий функціонал.

### 1.7 Актуальність роботи та постановка задачі

З актуалізацією розумних технологій і розвитком інтернету речей (IoT), інтелектуальні будинки стають складнішими і більш функціональними. Тому інженери та архітектори повинні приділяти особливу увагу аспектам безпеки під час проектування таких будівель.

Актуальність полягає у розробці та впровадженні інтегрованих підходів до проектування розумних будинків, що об'єднують в собі системи освітлення, кондиціонування повітря та автоматизації. Інтеграція різних систем дозволяє створити «розумний будинок», який працює як єдиний вузол, підвищуючи загальний рівень комфорту та безпеки для мешканців.

Отже, актуальність досліджень безпеки в розумних будинках для проектування полягає у необхідності розробки нових концепцій, стандартів і технологій, що дозволяють інтегрувати високотехнологічні системи безпеки в сучасну архітектурну та інженерну практику проектування розумного житла.

Мета роботи - розробка інформаційної системи на базі Arduino для квартири 40м<sup>2</sup>, яка здатна зчитувати дані про температуру, вологість, рівень CO<sub>2</sub> з датчиків та передавати цю інформацію на локальний веб-сервер через Wi-Fi. Також розробити веб-інтерфейс для перегляду даних і можливості керування виконавчими пристроями через веб-інтерфейс.

Задачі проекту:

- визначити необхідні параметри мікроклімату для людини;
- здійснити вибір, та обґрунтування датчиків та виконавчих механізмів;
- написати програмне забезпечення для зчитування даних з датчиків та їх передачі на локальний веб-сервер;

– розробити веб-інтерфейс, що дозволить користувачам переглядати інформацію про кліматичні параметри через ПК або мобільний пристрій в режимі реального часу;

– розробити можливість віддаленого керування виконавчими пристроями через веб-інтерфейс.

## 2 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

### 2.1 Стейкхолдери та їх зацікавленість в розробці системи

Стейкхолдер – це зацікавлена в проєкті особа або сторона, яка має до нього буд-яке відношення. Зацікавлені сторони важливі, оскільки своїми рішеннями вони можуть позитивно чи негативно впливати на проєкт [17].

У розробці системи розумного будинку на базі Arduino з веб-інтерфейсом задіяні різноманітні стейкхолдери зі своїми власними інтересами та очікуваними характеристиками.

Кінцеві користувачі, власники будинку, прагнуть до зручного управління будинком, зменшення витрат енергії та забезпечення комфортного життя. Для них ключовий є легкий та зрозумілий веб-інтерфейс, а також автоматизована робота системи.

Розробники та інженери цінують можливість реалізації та оптимізації функціоналу, використання передових технологій та стабільність системи. Вони очікують наявності документації для розробки, стабільності системи та можливості легкого розширення функціоналу.

Монтажники та технічні спеціалісти оцінюють легкість установки та обслуговування, а також зручність діагностики проблем. Важливою для них є наявність інструкцій та засобів діагностування.

Виробники обладнання цікавляться інтеграцією свого обладнання в систему та можливістю популяризації своїх продуктів. Вони очікують відкритого API та підтримки стандартів комунікації.

Служби підтримки та обслуговування бажають зменшити кількість викликів на підтримку та надавати ефективні рішення для проблем користувачів. Для них важлива детальна документація та можливість віддаленого діагностування.

Стейкхолдери системи зображені на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Стейкхолдери системи

## 2.2 Визначення необхідних параметрів мікроклімату

Визначення необхідних параметрів мікроклімату для людини в приміщенні включає ряд факторів, що впливають на комфорт, здоров'я та продуктивність. Основні параметри мікроклімату включають температуру, вологість та рівень CO<sub>2</sub>.

Рекомендована температура повітря в приміщенні зазвичай коливається в межах 20-24 градусів Цельсія. Цей діапазон вважається комфортним для більшості людей.

Оптимальний рівень вологості повітря знаходиться у діапазоні 40-60%. Занадто сухе повітря може викликати дискомфорт, сухість шкіри та роздратування слизових оболонок. З іншого боку, занадто вологе повітря може призводити до утворення плісняви та погіршувати якість повітря.

Рівень вуглекислого газу в приміщенні слід підтримувати на безпечному рівні. Зазвичай рекомендована концентрація CO<sub>2</sub> у повітрі повинна бути менше 1000 parts per million (ppm), рекомендовано близько 400-600 ppm.

Занадто високий рівень CO<sub>2</sub> може призводити до втоми, зниження концентрації та загального зниження продуктивності.

Ці рекомендації є загальними та можуть відрізнятися в залежності від індивідуальних особливостей кожної людини [16].

### 2.3 Розробка структури «Розумного будинку»

Розроблювана система «розумного будинку» повинна мати можливість віддаленого моніторингу та регулювання мікрокліматичних показників у квартирі.

Структурна схема проекту буде включати різні компоненти, які взаємодіють між собою для досягнення поставлених цілей:

- мікроконтролер (МК). Забезпечує збір, обробку, передачу інформації та управління всіма компонентами системи.

- блок живлення. Його завдання забезпечити електроживленням всі компоненти системи, включаючи мікроконтролер, датчики та виконавчі пристрої;

- пристрій керування. Слугує для відображення даних з датчиків для користувача в зрозумілому для нього форматі, є методом керування виконавчими пристроями;

- Wi-Fi модуль. Дозволяє системі підключатися до мережі інтернет. Він забезпечує можливість віддаленого керування та моніторингу системи через веб-інтерфейс.

- блок датчиків. До нього входить датчики температури, вологості, рівня CO<sub>2</sub>, які збирають дані про параметри мікроклімату у квартирі.

- блок виконавчих пристроїв. До нього входить кондиціонер, зволожувач, осушувач, вентилятор, які регулюють параметри мікроклімату в квартирі.

Запропонована структура системи «розумного будинку» зображена на рисунку 2.2.

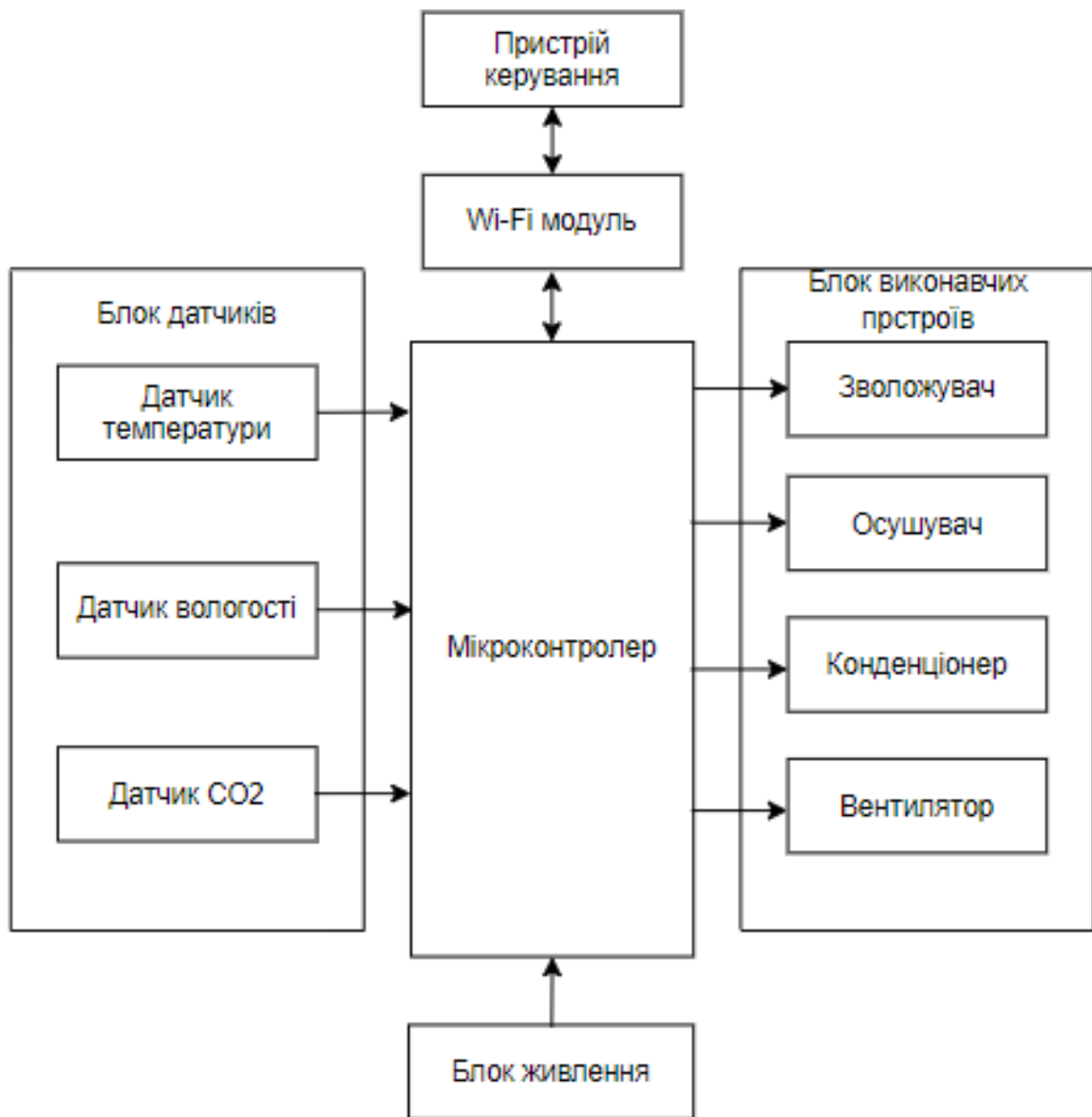


Рисунок 2.2 – Структура системи «розумного будинку»

#### 2.4 Вибір та обґрунтування мікроконтролера

У інформаційних системах МК виконує ключову роль для здійснення управління інформацією, процесами та пристроями в системі. Його функції включають:

- керування правами доступу до інформації та ресурсів системи для користувачів;
- контроль і взаємодія з процесами, що відбуваються в системі, забезпечення оптимального використання ресурсів;

- здійснення обробки отриманої інформації, виконання операцій, аналіз та прийняття рішень на основі отриманих даних;
- керування апаратними пристроями системи, які підключені до неї, такими як датчики, механізми або інші пристрої;
- постійний моніторинг роботи системи та контроль за станом різних процесів, що відбуваються в ній;
- реалізація заходів безпеки для захисту інформації в системі від несанкціонованого доступу та збереження цілісності даних;
- оптимізація використання ресурсів системи, таких як обчислювальна потужність, пам'ять, мережеві ресурси тощо [18].

Для порівняння розглянуто декілька популярних пристроїв керування, побудованих на таких МК, як: ATmega328, ESP8266 та ESP32.

ATmega328 - це МК, який випускається фірмою Microchip Technology (раніше Atmel). Цей мікроконтролер базується на архітектурі AVR і використовується в багатьох проектах електроніки та робототехніки. Має наступні характеристики:

- робоча напруга: 5 V;
- вхідна напруга (рекомендована): 7...12 V;
- цифрових входів/виходів: 14 (з яких 6 можуть бути використані як ШІМ);
- аналогових входів: 6;
- сила струму на входах/виходах: 40 mA;
- пам'ять: 32 Kb з яких 2 Kb використовується бутлоадер;
- SRAM: 2048 b;
- EEPROM: 1024 b;
- тактова частота: 16MHz;
- інтерфейси UART, SPI, I2C [19].

ESP8266 - це МК з вбудованим Wi-Fi модулем, що розроблений компанією Espressif Systems. Цей МК став відомим завдяки своїм

можливостям підключення до мережі Wi-Fi та високій доступності для розробників. Має наступні характеристики:

- напруга живлення: 3,3 V;
- енергоспоживання: 10 мкА ... 170 mA;
- флеш-пам'ять: до 16 Mb максимум (зазвичай 512 Kb);
- процесор: Tensilica L106, 32 bit;
- швидкість процесора: 80 ... 160 MHz;
- ОЗП: 32 Kb + 80 Kb;
- порти введення-виведення загального призначення: 17;
- АЦП: 1 вхід з роздільною здатністю 1024;
- підтримка 802.11: b / g / n / d / e / i / k / r;
- максимальне число підключень TCP: 5 [20].

ESP32 - це МК, розроблений компанією Espressif Systems, який є наступником популярного ESP8266. Він має вбудований Wi-Fi та Bluetooth, а також має більше ресурсів порівняно з ESP8266, що робить його потужнішим і більш універсальним у застосуванні. Має наступні характеристики:

- дво- або одноядерний 32-розрядний процесор Tensilica Xtensa LXb;
- тактова частота - 160 або 240 MHz;
- 520 Kb SRAM;
- максимальний струм споживання 260 mA, в сплячому режимі - 10 mA;
- стандарти бездротового зв'язку
- Wi-Fi: 802.11 b/g/N, Bluetooth: v4.2 BR / EDR and BLE;
- наявність датчиків температури, Хола, тач-сенсорів;
- інфрачервоне дистанційне керування;
- можна підключати двигуни і світлодіоди через ШІМ роз'єм;
- стандарт IEEE 802.11 з підтримкою WPA, WPA / WPA2 і WAPI;
- можливість безпечного завантаження;
- шифрування флеш диска [21].

Виходячи з представлених технічних даних для реалізації технічного завдання краще за все підходять мікроконтролери ESP8266 та ESP32. Розроблюваний проект має обмежений бюджет і не потребує всіх додаткових можливостей, якими володіє ESP32. ESP8266 є кращим вибором через свою простоту та доступність, також він має менший розмір і споживає менше енергії порівняно з ESP32, що робить його вигідним для використання в проектах з обмеженим простором або ж підвищеними вимогами до енергоефективності. Призначення контактів мікроконтролера ESP8266 наведено на рисунку 2.3.

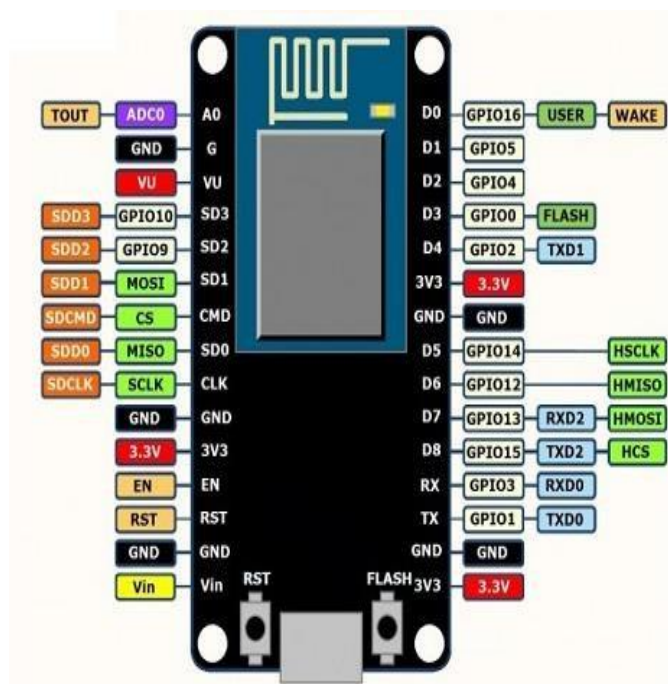


Рисунок 2.3 – Призначення контактів МК ESP8266

## 2.5 Вибір та обґрунтування складових блоку датчиків

### 2.5.1 Вибір та обґрунтування датчика температури

Датчик температури в розумному будинку використовується для контролю та підтримки оптимального рівня температури всередині приміщення.

Існує велика кількість різних типів датчиків температури, кожен з яких має свої особливості щодо точності вимірювань, діапазону робочих

температур, інтерфейсів, призначення, тощо. Серед найбільш поширених є термістори, резистивні датчики, термопари, інфрачервоні та цифрові датчики.

Термістори є типом датчиків температури, які змінюють свій опір в залежності від температури. Їх опір може зменшуватися зі збільшенням температури за рахунок використання матеріалів, що мають від'ємний температурний коефіцієнт опору, або збільшуватися із збільшенням температури. Термістори мають високу чутливість до температурних змін, компактні розміри і можливість лінійної реакції в обмеженому діапазоні. Однак вони проявляють нелінійність на широкому діапазоні, мають обмежений робочий діапазон для окремих типів, відсутність довгострокової стабільності, залежність від напруги та струму, а також меншу стійкість до різких змін температури.

Датчики інфрачервоного випромінювання вимірюють температуру об'єктів без прямого контакту з ними. Вони використовують принцип вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється об'єктом, і перетворюють його на температурні дані. Датчики інфрачервоного випромінювання мають високу ефективність в розпізнаванні теплового випромінювання, широкий спектр застосувань та можливість роботи в різних умовах освітлення. Однак їхня точність може залежати від амбієнтних умов, інтерференція з іншими джерелами тепла може впливати на роботу. Також, датчики інфрачервоного випромінювання можуть бути вразливими до перешкод або загорнутих поверхонь, що впливає на їхню ефективність.

Датчики термопар працюють на основі явища термоелектричної емпірії, де два провідника з різних матеріалів утворюють замкнену петлю і генерують електричний сигнал при різниці температур. Датчики термопар відзначаються високою температурною стійкістю та широким діапазоном вимірювань. Забезпечують надійність у вимірюванні високих температур та в умовах агресивних середовищ. Однак можуть вимагати компенсації для досягнення

високої точності, і для їхнього використання потрібна додаткова електроніка. Також, датчики термопар можуть бути менш ефективними для вимірювань низьких температур порівняно з іншими типами датчиків.

Резистивні датчики в своїй конструкції використовують платину або інші матеріали, що змінюють свій опір зі зміною температури. Вимірювання температури здійснюється шляхом вимірювання зміни опору, яка пропорційна зміні температури. Характеризуються простотою в конструкції, надійністю та відносно низькою вартістю. Вони можуть забезпечувати лінійну відповідь в широкому діапазоні температур і не вимагають додаткових електронних схем для вимірювань. Однак резистивні датчики можуть мати обмежений діапазон вимірювань та меншу точність порівняно з іншими технологіями. Також, їхні вимірювання можуть бути чутливими до змін рівня вологості та старіння матеріалу.

Цифрові датчики температури можуть передавати цифрові дані про температуру напряму до мікроконтролерів або комп'ютерів. Вони є зручними у використанні, мають високу точність і широкий діапазон вимірювань. Вони вирізняються високою точністю та стабільністю вимірювань, забезпечуючи цифрові вихідні дані. Це дозволяє легко інтегрувати їх у цифрові системи та забезпечує меншу схильність до електромагнітних перешкод. Цифрові датчики можуть автоматично компенсувати температурні аномалії та не вимагають зовнішніх компонентів для вимірювань. Однак вони можуть бути вищими за вартістю порівняно з аналоговими аналогами, та їх точність може залежати від роздільної здатності [22].

На сьогоднішній день найбільш популярними фірмами, які випускають цифрові датчики температури є: Maxim Integrated, Texas Instruments, STMicroelectronics, Adafruit та SparkFun. Для порівняльного аналізу було обрано датчики: DS18B20, DS1820, MAX6675, MAX31865, TMP102, TMP112, TMP116, STLM75, STTS22H, STTS751, DHT11, DHT22 (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика датчиків температури

Назва	Розді- льна здат- ність, біт	Час відгуку, мс	Похиб- ка, ±°C	Інтер- фейс	V <sub>CC</sub> , В	I <sub>CC</sub> , мА	T <sub>A</sub> , °C
Maxim Integrated							
DS18B20	12	750	0.5	1-Wire	3.0...5.5	1	-55...+125
DS1820	12	750	0.5...2	1-Wire	3.0...5.5	1	-55...+125
MAX6675	12	0.22	1.5	SPI	3.0...5.5	1.5	-200...+700
MAX31865	15	100	0.25	SPI	3.0...5.5	1.5	-200...+135
Texas Instruments							
TMP102	12	27	0.5	I2C	1.4...3.6	0.01	-40...+125
TMP112	12	15	0.5	I2C	1.4...3.6	0.005	-40...+125
TMP116	13	27	0.1	I2C	1.4...3.6	0.01	-40...+125
STMicroelectronics							
STLM75	9...12	100	2	I2C	2.7...5.5	0.015	-55...+125
STTS22H	12	30	0.5	I2C	1.8...3.6	0.015	-40...+125
STTS751	9...12	100	0.5	I2C	2.7... 5.5	0.015	-55...+125
Adafruit та SparkFun							
DHT11	8	2000	2	1-Wire	3.3...5.5	1.5	0...+50
DHT22	16	2000	0.5	1-Wire	3.3...6	1	-40...+80

Огляд та аналіз датчиків температури показав доцільним в розроблювальній пристрої застосувати датчик типу DHT22. Сенсор має діапазон вимірювань температури від -40°C до +80°C, що є достатнім для проекту, також має вищу точність вимірювань температури, порівняно з іншими моделями, що є важливим для точного контролю кліматичних умов у будинку. Пристрій має цифровий інтерфейс, підтримується багатьма платформами та мікроконтролерами, що дозволяє легко інтегрувати його в систему управління будинком.

### 2.5.2 Вибір та обґрунтування датчика вуглекислого газу

Вимірювання рівня CO<sub>2</sub> дозволяє відстежувати якість повітря у приміщенні. Високий рівень вуглекислого газу може бути індикатором поганої вентиляції або низької якості повітря, що може впливати на здоров'я та комфорт людей, які проживають в квартирі.

Залежно від принципу роботи та використання датчиків вуглекислого газу їх можна поділити на оптичні, електрохімічні, напівпровідникові,

акустичні.

Оптичні датчики вимірюють концентрацію вуглекислого газу у повітрі за допомогою оптичних принципів, що полягають у використанні інфрачервоного світла, яке поглинається молекулами  $\text{CO}_2$ . Датчик має емітер, який випромінює інфрачервоне світло крізь газовий зразок, що містить вуглекислий газ. Молекули  $\text{CO}_2$  у повітрі поглинають це світло на певній довжині хвиль. Потім світло доходить до детектора, який реєструє зміни інтенсивності світла через поглинання  $\text{CO}_2$ . На основі цих змін, датчик аналізує концентрацію вуглекислого газу у повітрі. Переваги оптичних датчиків включають високу точність, довгий термін служби, широкий діапазон вимірювань, швидкість відгуку і меншу потребу в калібруванні з часом. Однак такі датчики можуть бути вартісними, бути чутливими до оточуючого середовища, вимагати енергозабезпечення та бути обмеженими в роботі при екстремальних умовах.

Електрохімічні датчики вимірюють концентрацію за допомогою хімічних реакцій між  $\text{CO}_2$  та спеціальними речовинами на електродах датчика. При контакті з  $\text{CO}_2$ , ці речовини змінюють свої хімічні властивості, що призводить до зміни електричних параметрів електродів. Ця зміна відображається на електричному сигналі, що генерується датчиком. Переваги електрохімічних датчиків включають низьку вартість, енергоефективність та стійкість до забруднень. Однак вони можуть мати меншу точність, обмежений діапазон вимірювань, вимагати періодичного калібрування та бути чутливими до температурних змін.

Напівпровідникові датчики вимірюють рівень газу у повітрі по принципу зміни провідності матеріалу внаслідок взаємодії з  $\text{CO}_2$ . Коли вуглекислий газ контактує з напівпровідниковим матеріалом (частіше за все метал-оксидом), відбувається адсорбція газу, що призводить до зміни електричних властивостей матеріалу (зміну опору або потенціалу). Зміни в електричних параметрах матеріалу вимірюються електронікою датчика і перетворюються на вимірювану концентрацію вуглекислого газу у повітрі.

Переваги напівпровідникових датчиків включають високу чутливість, довгий термін служби і широкий діапазон вимірювань. Однак вони можуть бути залежними від температури, вимагати калібрування та бути вартісними.

Акустичні датчики вимірюють рівень CO<sub>2</sub> у повітрі за допомогою звукових хвиль чи акустичних ефектів. Принцип їхньої роботи полягає в аналізі впливу газу на акустичні параметри, такі як швидкість поширення або частота звукових хвиль. Вуглекислий газу у приміщенні може впливати на акустичні характеристики середовища, спричиняючи зміни у фізичних параметрах звуку. Акустичні датчики виявляють ці зміни та вимірюють їх для визначення концентрації газу в повітрі. Переваги акустичних датчиків включають високу чутливість і можливість працювати без прямого контакту з газовим зразком. Однак існують недоліки, такі як складність виготовлення, залежність від властивостей оточуючого середовища [23].

На ринку існує багато виробників датчиків CO<sub>2</sub>, які пропонують різні моделі з різними функціями та характеристиками. Найбільш відомими з них є Honeywell, Sensirion, Figaro Engineering Inc, Aeroqual, Siemens, Waveshare Winsen.

Для порівняльної характеристики було обрано датчики SCD30 від фірми Sensirion, MH-Z16, MH-Z19B, MH-Z14A від Winsen і MQ135 від Waveshare (Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика датчиків CO<sub>2</sub>

Назва	Діапазон вимірів, ppm	Точність, ppm	V <sub>CC</sub> , В	I <sub>CC</sub> , мА	Інтерфейс	Час відгуку, с
SCD30	0...40000	30ppm ± 3%	3.3...5.5	75	ІРС, UART,PWM	< 2
MH-Z14A	0...10000	±(50+3%)	4.5...5.5	60	Аналоговий, ШИМ, UART	< 2
MH-Z19B	0...5000	±(50+5%)	4.5...5.5	20	Аналоговий, ШИМ, UART	< 2
MH-Z16	0...5000	100 ppm ±6%	4.5...5.5	85	ШИМ, UART	< 3
MQ135	0...5000	30ppm ± 3%	2.5...5	130	I2C, SPI	< 3

В порівнянні з іншими, датчик MQ135 є більш доступним, має широкий діапазон газів та низьку вартість. Однак, SCD30 та MH-Z16 спеціалізуються на вимірюванні рівня CO<sub>2</sub> з високою точністю, що є важливим параметром для систем контролю якості повітря в будинку. Враховуючи цілі проекту, переваги і недоліки датчиків, найкращим варіантом буде датчик MQ135.

### 2.5.3 Вибір та обґрунтування датчика вологості

Вимірювання рівня вологості в будинку є невід'ємним атрибутом системи розумного будинку. Висока вологість може створювати відчуття дискомфорту, сприяти розвитку плісняви, грибка та інших мікроорганізмів. Низька - може призвести до сухості повітря, впливати на дерев'яні поверхні, сприяючи їх зневодненню та появі тріщин. Недостатня або надмірна вологість завдає значної шкоди інтер'єру та здоров'ю людини.

Існує кілька типів датчиків вологості, кожен з яких вимірює вологість за допомогою різних технологій. Найрозповсюдженішими типами є резистивні, ємнісні, оптичні.

Резистивний вимірює вологість у повітрі за принципом зміни електричного опору чутливого матеріалу, який реагує на зміну вологості. Такі датчики використовують полімерні матеріали, які мають здатність поглинати вологу з оточуючого середовища. Чим більше вологи у повітрі, тим більше змінюється опір матеріалу. Переваги резистивних датчиків вологості полягають у їхній простоті конструкції, економічності та високій чутливості до змін вологості у повітрі. Проте, вони можуть бути чутливими до температурних змін, піддаватися можливій деградації полімерних матеріалів від вологості та інших факторів, а також вимагати періодичної калібрування для точних вимірювань.

Ємнісні датчики працюють на основі зміни ємності приладу внаслідок зміни вологості оточуючого середовища, мають два електричні провідники або пластини, розділені діелектриком. Збільшення вологості в

повітрі призводить до зміни діелектричної проникності матеріалу між цими пластинами, що в свою чергу змінює ємнісність системи. Переваги ємнісних датчиків вологості включають високу точність вимірювань, меншу залежність від температури та довговічність. Однак вони можуть мати складнішу конструкцію, бути чутливими до відносної вологості та вищими за вартістю порівняно з іншими типами датчиків вологості.

Оптичні датчики мають конструкцію, де матеріал, чутливий до вологості, може змінювати свою прозорість, поглинати або відбивати світло в залежності від кількості водяної пари у повітрі. Цей матеріал може бути оптичним полімером, гідрогелем або іншими спеціально розробленими компонентами, які реагують на зміни. Переваги оптичних датчиків вологості полягають у високій точності вимірювань, швидкій реакції на зміни вологості та меншій чутливості до температурних змін порівняно з іншими типами датчиків. Однак їхнім недоліком може бути складніше обладнання та обробка сигналу, чутливість до забруднення або поганих умов видимості, а також вища вартість порівняно з альтернативними типами датчиків вологості [24].

Найбільш популярними виробниками датчиків вологості є Sensirion, Honeywell, Amphenol Advanced Sensors, TE Connectivity, E+E Elektronik, Rotronic, Siemens, Aosong та інші.

Для порівняльної характеристики було обрано найбільш поширені датчики SHT30 від фірми Sensirion, HIH-4000 від Honeywell та DHT22, DHT21, DHT11 від Aosong (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика датчиків вологості

Назва	Час відгуку, сек	Похибка, $\pm$ RH %	Інтерфейс	V <sub>CC</sub> , В	I <sub>CC</sub> , мкА	RH, %
SHT30	< 15	3	I2C	2.15...5.5	1	0...100
HIH-4000	< 25	3.5	Аналоговий	5	0.2	0...100
DHT22	< 2	2	I2C	3.3... 5	2.5	0...100
DHT11	< 1	5	I <sup>2</sup> C	3.3...5	2500	20...95
DHT21	< 6	2	I <sup>2</sup> C	3.3...5	2500	0...100

Для проекту найбільш доцільно використати датчик DHT22. Він є більш доступним за ціною в порівнянні з іншими, має достатню точність для вимірювання вологості у приміщенні, може працювати у широкому діапазоні температур та вологості, його легко і швидко інтегрувати у систему розумного будинку, що робить його досить універсальним для застосувань у будь-яких умовах житла.

## 2.6 Вибір та обґрунтування виконавчих пристроїв

### 2.6.1 Вибір та обґрунтування осушувача повітря

Поруч із температурою, вологість повітря є одною із найважливіших чинників, які впливають самопочуття людини. Згідно з дослідженнями, найбільш добре людина почувається в діапазоні вологості між 40% та 60% вологості. Саме коли вологість повітря знаходиться в цих межах, наш організм найбільш ефективно бореться з інфекціями, що переносяться повітряно-краплинним шляхом. У цьому діапазоні активізуються захисні властивості дихальної системи людини, покращується розумова діяльність, серце працює з мінімальними навантаженнями тощо.

Сьогодні на ринку є безліч моделей спеціальних пристроїв, призначенням яких є зниження надмірної вологості повітря до оптимального рівня – це є осушувачі повітря. За принципом дії розрізняють конденсаційні, адсорбційні, асиміляційні.

Конденсаційні осушувачі у своїй конструкції використовують охолоджувальну камеру, де повітря охолоджується до температури, за якої волога утворює конденсат. Волога конденсується у водяну форму й видаляється із системи. Повітря охолоджується до температури нижче його точки роси. Це призводить до утворення конденсату, який потім збирається й видаляється, залишаючи сухе повітря.

Адсорбційні осушувачі у своїй конструкції використовують адсорбенти, такі як силікагель чи молекулярне сито, що утримують вологу у своїй

структурі. Повітря проходить через адсорбент, який поглинає вологу з повітря, утримуючи її у своїй структурі. Після насичення адсорбент потребує регенерації - його нагрівають, щоб вивільнити зібрану вологу.

Асиміляційні осушувачі у своїй конструкції використовують хімічні реакції для видалення води з повітря. Хімічні реагенти, такі як літій хлорид чи кальцієвий хлорид, асимілюють вологу, утворюючи гідрати. Повітря проходить через матеріал, який асимілює вологу, утворюючи гідрати. Ці гідрати потім збирають або піддаються нагріванню для регенерації, відновлюючи хімічні реагенти до початкового стану

Конденсаційні осушувачі є найбільш популярними для використання у побуті. Це ефективний та недорогий спосіб осушення повітря в порівнянні з іншими методами [25].

Побутові осушувачі повітря випускають фірми Aircond, Maxton, Aircond, Cooper & Hunter, Ballu, Celsius, Trotec, Meaco, тощо (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Порівняльна характеристика осушувачів повітря

Назва	Вологозабір, літр/добу	Макс. площа, м2	Макс. потужність, Вт	Повітряний потік, м3/г	Рівень шуму, дБ	Діапазон вологості, %
Electrolux EDH-25L	25	50	420	190	48	30...90
TROTEC TTK 68 E	20	45	450	130	43	30...80
GREE GDN12AH	12	50	260	170	50	30...95
Celsius OL-20	20	40	380	150	30	40...80
NeoClima SBN-030	30	70	550	191	50	40...80
TROTEC TTK 38 E	18	40	420	135	46	30...70
Celsius OL-10	13	45	250	145	56	50...30

Для проекту найбільш доцільним буде обрати осушувач Celsius OL-20, що являє собою побутовий кліматичний прилад, який може ефективно підтримувати потрібний рівень вологості в приміщеннях квадратурою до 40

м<sup>2</sup>, витягаючи з повітря до 20 літрів конденсату за добу. Також має низький рівень споживання електроенергії (380 Вт/год), тихо працює під час інтенсивного осушення повітря.

## 2.6.2 Вибір та обґрунтування зволожувача повітря

Недостатня вологість повітря в приміщенні може негативно впливати на організм людини. В результаті низької вологості в людини підвищується схильність до інфекції та різних респіраторних захворювань. В приміщеннях з пониженою вологістю повітря в людей шкіра на руках та обличчі стає загрубілою, починає лущитися. Це характерно особливо взимку, в період опалювального сезону, коли вологість в приміщеннях є значно нижчою від норми. Також деякі вологолюбні рослини доводиться щоденно обприскувати, накривати вологою марлею і ставити неподалік від них ємності з водою. Все це є достатньо клопітким заняттям і не завжди ефективним. Для вирішення цих та багатьох інших проблем були створені зволожувачі повітря.

На даний час розроблені та випускаються 3 типи зволожувачів повітря: традиційні, парові, ультразвукові.

Традиційні зволожувачі повітря працюють за принципом «холодного» випаровування. Спеціальна сітка випаровувача повністю заповнюється вологою. Вбудований вентилятор засмоктує сухе повітря з приміщення та пропускає його через вологу сітку.

Парові зволожувачі у своїй роботі використовують принцип «гарячого» випаровування. Вони з допомогою нагріваючого елемента перетворюють воду на пару. Парові зволожувачі відрізняються високою виробничою здатністю і для їх найбільш економічної експлуатації рекомендовано регулювати швидкість зволоження.

Ультразвукові зволожувачі використовують більш ефективну технологію зволоження. В них вбудований п'єзоелектричний елемент, який завдяки високо-частотним коливанням перетворює воду в мікроскопічні краплі (туман) [26].

Високоякісні зволожувачі випускають компанії Deerma, Xiaomi, Philips, WetAir, та інші.

Для порівняльної характеристики було обрано зволожувачі DEM-F500, Smart Humidifier 2 Lite, HU2510/10, DEM-F628W, MH-204W, Smart Humidifier 2, NanoCloud HU3918/10 (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Порівняльні характеристики зволожувачів повітря

Назва	Площа обслуговування, м <sup>2</sup>	Продуктивність, мл/год	Ємність резервуара для води, л	Споживана потужність, Вт	Рівень шуму, дБ
Deerma DEM-F500	30	300	5	25	36
Xiaomi Smart Humidifier 2 Lite	30	250	4	23	38
Philips HU2510/10	31	190	2	11	22.5
Deerma DEM-F628W	30	350	5	25	36
WetAir MH-204W	35	300	2.3	25	25
Xiaomi Smart Humidifier 2	30	350	4.5	28	38
Philips NanoCloud HU3918/10	45	300	3	25	33

Для цілей проекту найбільш доречно взяти зволожувач NanoCloud HU3918/10 від компанії Philips. Конструкція зволожувача забезпечує подачу повітря в радіусі 360°, завдяки чому волога поширюється рівномірно, не залишаючи вологих плям на підлозі та поверхнях. Він також має низкий рівень шуму та є ергономічним.

### 2.6.3 Вибір та обґрунтування кондиціонера

На сьогоднішній день складно уявити комфортні умови в будинку і влітку, і взимку без використання кондиціонера. Залежно від конструкцій, всі побутові кондиціонери бувають моноблочні або спліт-системи.

Моноблочні кондиціонери є компактними, в яких всі компоненти, такі як компресор, конденсатор, випарник і вентилятор, розташовані в одному

блоку, розміщеному всередині приміщення або зовні на стіні. Вони зазвичай використовуються для охолодження або обігріву одного конкретного приміщення, так як їх потужність зазвичай обмежена.

Спліт-системи - це кондиціонери, які складаються з двох основних блоків: внутрішнього блоку, розташованого всередині будинку, і зовнішнього блоку, розташованого зовні. Внутрішній блок відповідає за охолодження або обігрів повітря всередині приміщення, тоді як зовнішній блок містить компресор і конденсатор відводить тепло на вулицю. Спліт-системи зазвичай можуть обслуговувати більшу площу, ніж моноблочні кондиціонери, і дозволяють зберігати внутрішні приміщення більш комфортними [27].

На ринку існує кілька відомих виробників побутових кондиціонерів, які відомі своєю якістю та різноманітністю моделей, таких як Daikin, Mitsubishi Electric, LG, Samsung, Panasonic, Fujitsu та інші. Для порівняння було обрано наступні моделі: SRK20ZSPR-S, SRK35ZSPR-S, MSZ-LN35VG2W, Heavy SRK25ZSPR-S PC18SQ, PM15SPNSJR0 (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Порівняльна характеристика кондиціонерів

Назва	Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Охолодження, кВт	Теплопродуктивність, кВт	Споживана потужність обігрів/охолодження, кВт	Рівень шуму, дБ
Mitsubishi					
SRK20ZSPR-S	20	2	2.7	0.79/0.54	23
SRK35ZSPR-S	35	3.2	3.6	0.99/0.99	23
MSZ-LN35VG2W	35	0.8	0.9	0.82/0.82	20
Heavy SRK25ZSPR-S	27	2.5	2.8	0.99/0.54	45
LG					
PC18SQ	50	5	5.8	1.8/1.5	31
PM15SPNSJR0	45	5.4	4.2	1.2/1.3	23

Огляд та аналіз побутових кондиціонерів показав доцільним в розроблювальному пристрої застосувати кондиціонер PM15SPNSJR0 від фірми LG Electronics.

#### 2.6.4 Вибір вентиляції

Вентиляційна система дозволяє подавати свіже повітря зовні до приміщення та видаляти використане повітря. Це запобігає накопиченню шкідливих речовин, алергенів в приміщенні.

Системи вентиляції за своїм призначенням бувають витяжні та припливні, та каналні і безканалні за конструктивними особливостями.

Витяжна вентиляція відводить використане повітря з приміщення, видаляючи забруднення, вологість та запахи. В своїй конструкції використовує вентилятори для видалення повітря з приміщення через спеціальні вентиляційні отвори або канали. Принцип роботи ґрунтується на створенні перепад тиску, що забезпечує відведення повітря з приміщення на вулицю.

Припливна вентиляція подає свіже повітря зовні до приміщення для покращення якості повітря всередині будівлі. В своїй конструкції використовує вентиляційні отвори або вентилятори для подачі свіжого повітря в приміщення. Принцип роботи ґрунтується на створенні перепад тиску, що дозволяє свіжому повітрю зовні проникати в будівлю та замінювати використане повітря всередині.

Канальна система вентиляції використовує систему каналів для транспортування повітря з одного місця до іншого. Повітря циркулює через спеціально розроблену систему каналів, що може бути розташована у стінах, підлозі чи стелі будівлі.

Безканална система вентиляції може бути безпосередньо підключена до вентиляційного пристрою без використання каналів. Використовується для відведення чи подачі повітря без довгих каналів, наприклад, за допомогою локальних вентиляційних систем [28].

Системи вентиляції випускаються багатьма фірмами, такими як: Breezart, Royal Clima, Shuft, VentMachine, Dantex, Mitsubishi Electric, Electrolux, Domekt, Турбовент, тощо. Для порівняльної характеристики було обрано вентиляцію від фірми Турбовент (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 – Порівняльні характеристики систем вентиляції

Модель	Частота обертів, об/хв	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Споживана потужність, Вт	Напруга живлення, В	Тиск, Па	Рівень шуму, дБ
WB-V 100	2600	170	18	220	60	40
WB – V 150	2600	480	37	220	120	45
WB – V 200	2600	714	48	220	160	52
WB – V 250	2600	980	98	220	200	57

Квартира має розміри 40 м<sup>2</sup>. Огляд та аналіз побутової вентиляції показав доцільним в розроблювальному пристрої застосувати вентилятор WB-V 100 від фірми Турбовент, головними перевагами якого є: низький рівень шуму, незначне споживання електроенергії, легкість у монтажі та підключенні.

## 2.7 Вибір засобів зв'язку мікроконтролера та пристрою керування

В системі розумного будинку керування буде здійснюватися за допомогою МК ESP8266, обраного у п. 2.3. Тому важливо обрати засоби зв'язку між МК, датчиками та виконавчими пристроями. Для забезпечення цієї взаємодії розглядаються чотири можливі технології зв'язку (п. 1.4).

Wi-Fi використовується для створення бездротового з'єднання з великою швидкістю передачі даних та широким радіусом покриття. Проте його високе споживання енергії може впливати на термін служби батарей.

Bluetooth працює на принципі короткодіючого бездротового з'єднання, що є кращим варіантом для енергоефективних батарейних пристроїв, хоча з обмеженою дальністю передачі даних.

Zigbee використовує мережу малої енергії, забезпечуючи низьке споживання енергії та можливість підключення великої кількості пристроїв. Проте вимагає додаткового обладнання та контролера.

Z-Wave використовує топологію "mesh" для створення мережі, де кожен пристрій може підсилувати сигнал. Має високу швидкість та низьке

споживання енергії, але може бути обмеженим вибором пристроїв та дорожчим у порівнянні з іншими протоколами.

Wi-Fi є кращим вибором для системи розумного будинку з приводу кількох ключових технічних переваг. Його висока швидкість передачі даних сприяє ефективній взаємодії між мікроконтролером ESP8266, який має вже вбудований Wi-Fi модуль, датчиками та виконавчими пристроями в режимі реального часу, важливо для швидкого реагування на події та виконання команд.

Додатково, Wi-Fi має широкий радіус покриття, що гарантує надійне з'єднання між пристроями у всьому будинку. Це є ключовим для ефективної роботи системи в різних частинах приміщення.

Також стандартність та сумісність Wi-Fi полегшує інтеграцію з іншими пристроями та забезпечує взаємодію з різними платформами. Висока швидкість та широкий радіус покриття також дозволять розширювати мережу за необхідності.

Загалом, Wi-Fi є доступним, надійним та швидким рішенням, яке найкраще підходить для системи розумного будинку, враховуючи технічні характеристики та потреби проекту.

## 2.8 Підключення ESP8266 NodeMCU до локального веб-сервера

Всі датчики та виконавчі пристрої підключаються до відповідних портів мікроконтролера, який зчитує показники та передає їх на сервер.

Для створення локального веб-сервера, який взаємодіє з іншими пристроями, використовується ESP8266 NodeMCU та Arduino IDE.

Передача даних на сервер відбувається за допомогою HTTP-запитів та форматується у JSON. Отримання відповіді від сервера містить інформацію про статус передачі.

Для керування пристроями використовується веб-інтерфейс та Ajax-запити через мобільний браузер. Користувач може взаємодіяти з ESP8266

NodeMCU через веб-інтерфейс для управління пристроями.

Загальний опис процедури підключення виглядає наступним чином:

- розробка програми для ESP8266 NodeMCU, яка створює локальний веб-сервер та обробляє запити від клієнта через Wi-Fi;
- створення веб-інтерфейсу для відображення на мобільному браузері з елементами управління;
- обробка запитів на ESP8266 NodeMCU для керування пристроями за допомогою HTTP-запитів від клієнта.

Цей підхід дозволяє використовувати мобільний браузер для віддаленого керування пристроями у розумному будинку через локальну Wi-Fi мережу.

Схема підключення обраних елементів наведена на рисунку 2.4.

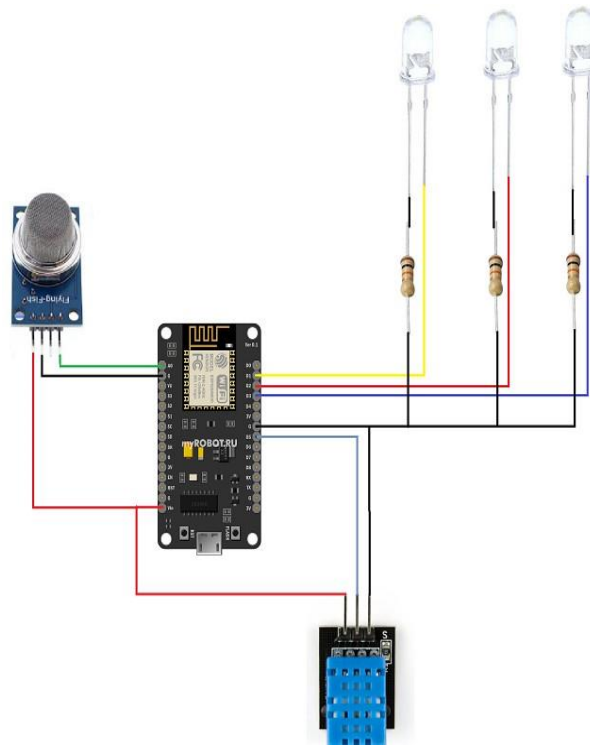


Рисунок 2.4 - Схема підключення обраних елементів

## 3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

У цьому розділі буде розглянуто розробку програмного забезпечення для МК ESP8266 з використанням мови програмування Arduino та бібліотек ESP8266WebServer. Код реалізує пристрій для вимірювання температури, вологості та рівня CO<sub>2</sub>, а також керування трьома світлодіодами через веб-інтерфейс, котрі будуть імітувати роботу виконавчих пристроїв. Код програми можна розділити на сім частин.

### 3.1 Підключення бібліотек та визначення констант

У цій частині включаються необхідні бібліотеки та оголошуються константи.

Лістинг фрагменту коду програми:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include "DHT.h"
#define PinD5 14
#define PinA0 A0
#define Led1Pin 5
#define Led2Pin 4
#define Led3Pin 0
```

У ньому використовуються такі бібліотеки:

`#include <ESP8266WiFi.h>` - включає бібліотеку ESP8266WiFi, яка надає функції для роботи з Wi-Fi на мікроконтролері ESP8266.

`#include <ESP8266WebServer.h>` - включає бібліотеку ESP8266WebServer, яка дозволяє створювати веб-сервери на ESP8266 для обробки HTTP-запитів.

`#include "DHT.h"` - включає бібліотеку DHT, яка використовується для роботи з датчиками вологості і температури DHT.

Ці бібліотеки дозволяють програмі взаємодіяти з Wi-Fi, створювати веб-сервер і отримувати дані від датчика DHT, що дозволяє відстежувати температуру та вологість у реальному часі через веб-інтерфейс.

Змінні:

`PinD5` - використовується для підключення датчика температури та вологості DHT11.

PinA0 - використовується для підключення аналогового датчика рівня CO2.

Led1Pin, Led2Pin, Led3Pin: Використовуються для підключення трьох світлодіодів, які можна включати та виключати через веб-інтерфейс.

Блок-схема частини коду програми підключення бібліотек та визначення констант представлена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Блок-схема підключення бібліотек та визначення констант

### 3.2 Ініціалізація об'єктів

У цій частині коду відбувається ініціалізація датчика DHT для вимірювання температури та вологості об'єкта ESP8266WebServer для роботи з веб-сервером. Також визначені змінні для зберігання даних сенсорів та стану світлодіодів.

Фрагмент лістингу коду програми цієї частини:

```

DHT dht(PinD5, DHTTYPE);

float Temperature;
float Humidity;
int CO2Level;

bool led1State = false;
bool led2State = false;
bool led3State = false;

ESP8266WebServer wifi_server(80);
  
```

Цей фрагмент коду виконує ініціалізацію об'єктів та змінних, які будуть використовуватися для взаємодії з датчиками та веб-сервером. У ньому:

DHT dht(PinD5, DHTTYPE); - створюється об'єкт dht типу DHT, який використовується для взаємодії з датчиком температури та вологості DHT11. Об'єкт ініціалізується з двома параметрами: PinD5 - пін, до якого підключений датчик, і DHTTYPE - тип датчика, в даному випадку DHT11;

Для зберігання вимірних значень температури та вологості від датчика DHT11 оголошуються змінні Temperature та Humidity відповідно.

Для зберігання виміряного рівня CO<sub>2</sub>, зчитаного з аналогового піну PinA0int буде використовуватися змінна CO2Level.

Стани трьох світлодіодів відслідковуються у змінних led1State = false;, bool led2State = false;, bool led3State = false. Вони ініціалізуються значенням false, що вказує на те, що світлодіоди спочатку вимкнені.

Для прослуховування порту 80, що є стандартним портом для HTTP-запитів створюється об'єкту wifi\_server типу ESP8266WebServer для роботи з веб-сервером

Блок-схема фрагменту коду програми ініціалізації об'єктів зображена на рисунку 3.2.

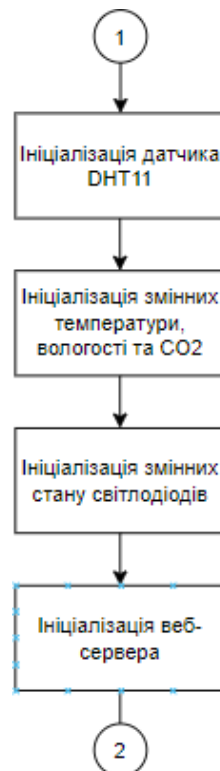


Рисунок 3.2 – Блок-схема ініціалізації об'єктів

### 3.3 Підключення до Wi-Fi

У фрагменті лістингу коду відбувається підключення ESP8266 до бездротової мережі Wi-Fi:

```
Serial.print("Connecting to Wi-Fi: ");  
Serial.println(WiFi_id);  
  
WiFi.begin(WiFi_id, WiFi_password);  
  
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    delay(1000);  
    Serial.print(".");  
}  
  
Serial.println("");  
Serial.println("Successful connection");
```

У ньому командою `WiFi.begin(WiFi_id, WiFi_password)`; запускає процес підключення до Wi-Fi мережі з використанням вказаного ім'я мережі (`WiFi_id`) та пароля (`WiFi_password`).

За допомогою циклу `while` відбувається встановлення з'єднання з Wi-Fi мережею. Цей цикл продовжується доки ESP8266 не встановить з'єднання.

Після закінчення циклу відбувається затримка на 1 секунду. Вона необхідна для того, щоб не перевантажувати мережевий стек ESP8266

Після успішного з'єднання з Wi-Fi мережею командою `Serial.println("Successful connection");` виводиться повідомлення "Successful connection" про успішне встановлення з'єднання.

Блок-схема фрагменту представленої частини коду програми представлена на рисунку 3.3.

### 3.4 Визначення функції відправки даних датчиків

У цій частині коду описується функція `sendSensorData`, яка отримує дані від датчиків і стану світлодіодів, а потім формує рядок у форматі JSON і відправляє його через веб-сервер.

Лістинг функції `sendSensorData`:

```

void sendSensorData() {
  Temperature = dht.readTemperature();
  Humidity = dht.readHumidity();
  CO2Level = analogRead(PinA0);

  String jsonData = "{";
  jsonData += "\"Temperature\":" + String(Temperature) + ",";
  jsonData += "\"Humidity\":" + String(Humidity) + ",";
  jsonData += "\"CO2Level\":" + String(CO2Level) + ",";
  jsonData += "\"led1State\":" + String(led1State) + ",";
  jsonData += "\"led2State\":" + String(led2State) + ",";
  jsonData += "\"led3State\":" + String(led3State);
  jsonData += "}";

  wifi_server.send(200, "application/json", jsonData);
}

```

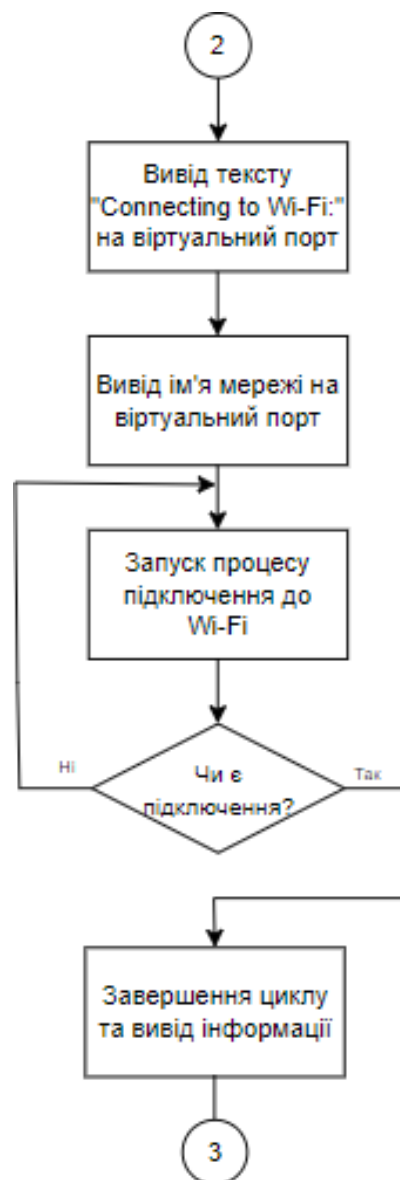


Рисунок – 3.3 - Блок-схема підключення до Wi-Fi

У функції забезпечено отримання даних від датчиків та їх зберігання у відповідних змінних. Далі створюється рядок у форматі JSON, який містить значення температури (Temperature), вологості (Humidity), рівня CO2 (CO2Level) та стан трьох світлодіодів (led1State, led2State, led3State). Ці дані вкладаються у рядок таким чином: {"Temperature": 25.5, "Humidity": 60.0, "CO2Level": 400, "led1State": true, "led2State": false, "led3State": true}.

Після цього відбувається відправлення даних через веб-сервер. Для цього звертаємось до об'єкта веб-сервера (wifi\_server) та викликаємо метод send. Передаємо HTTP-код відповіді (200, що означає успіх). Вказуємо, що ми відправляємо дані у форматі JSON, встановлюючи заголовок "application/json". Передаємо рядок JSON як вміст відповіді.

Блок-схема роботи функції sendSensorData зображена на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Блок-схема роботи функції sendSensorData

### 3.5 Налаштування веб-сервера та обробка запитів

У цій частині коду здійснюється налаштування веб-сервера для обробки різних запитів, таких як відображення головної сторінки, управління світлодіодами та відправлення даних сенсорів.

Лістинг коду для налаштування веб-сервера для обробки запитів:

```
wifi_server.on("/", HTTP_GET, handle_OnConnect);
wifi_server.on("/led1", HTTP_GET, handle_Led1);
wifi_server.on("/led2", HTTP_GET, handle_Led2);
wifi_server.on("/led3", HTTP_GET, handle_Led3);
wifi_server.on("/data", HTTP_GET, sendSensorData);
wifi_server.onNotFound(handle_NotFound);
wifi_server.begin();
```

Тут на URL-шлях ("/") та тип HTTP-запиту GET встановлює обробник, який викликає функцію `handle_OnConnect`. Це призначено для обробки запиту на головну сторінку.

Далі аналогічно встановлюються обробники для `"/led1"`, `"/led2"` та `"/led3"` для управління світлодіодами 1, 2 та 3, для `"/data"`, який викликає функцію `sendSensorData` для відправлення даних сенсорів, для випадку, коли запитаний URL не знайдено (HTTP 404 Not Found). В останньому випадку викликається функція `handle_NotFound`. Функція `wifi_server.begin()`; розпочинає роботу веб-сервера, роблячи його готовим до обробки вхідних запитів.

Блок-схема налаштування веб-сервера та обробка запитів зображена на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 - Блок-схема налаштування веб-сервера та обробка запитів

### 3.6 Основний цикл програми

Функція `void loop()` є основним циклом виконання програми. Ця функція викликає метод `handleClient()` об'єкта `wifi_server`. Метод `handleClient()` служить для обробки клієнтів веб-сервера, тобто він слухає та відповідає на HTTP-запити, які надходять від клієнтів (наприклад, веб-браузерів).

Лістинг основного циклу програми:

```

void loop() {
    wifi_server.handleClient();
}

void handle_OnConnect() {
    Temperature = dht.readTemperature();
    Humidity = dht.readHumidity();
    CO2Level = analogRead(PinA0);

    Serial.print("Температура: "); Serial.print(Temperature); Serial.print(" °C; ");
    Serial.print("Влажність: "); Serial.print(Humidity); Serial.print(" %; ");
    Serial.print("Уровень CO2: "); Serial.println(CO2Level);

    wifi_server.send(200, "text/html", SendHTML(Temperature, Humidity, CO2Level));
}

void handle_Led1() {
    led1State = !led1State;
    digitalWrite(Led1Pin, led1State);
    wifi_server.send(200, "text/plain", String(led1State));
}

void handle_Led2() {
    led2State = !led2State;
    digitalWrite(Led2Pin, led2State);
    wifi_server.send(200, "text/plain", String(led2State));
}

```

Отже, коли ESP8266 працює, ця функція утримує веб-сервер, слухає запити і відповідає на них. Коли відбувається запит, який відповідає обробникам, вказаним в коді (`handle_OnConnect`, `handle_Led1`, `handle_Led2`, `handle_Led3`, `sendSensorData`, `handle_NotFound`), відповідний обробник викликається для виконання певних дій.

Блок схема функції `void loop()` зображена на рисунку 3.6.

### 3.7 Візуалізація веб-сторінки сервера

Функція `SendHTML` відповідає за створення рядка HTML-коду, який буде відправлений клієнту при доступі до головної сторінки сервера.

Тут створюється рядок, який включає теги `<!DOCTYPE html>` і `<html>` для визначення типу документа та початку HTML-документа відповідно і додаються метатеги для налаштування відображення та стилі для HTML-елементів.

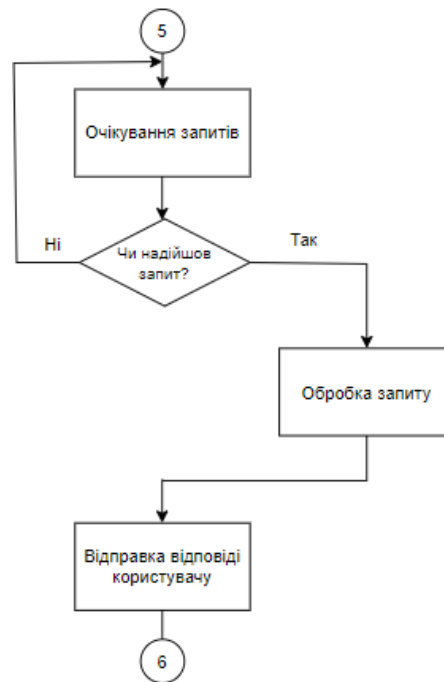


Рисунок 3.6 - Блок схема функції void loop()

Лістинг фрагменту коду програми ініціалізації рядка HTML, метатег та стилів:

```

String ptr = "<!DOCTYPE html> <html>\n";
ptr += "<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width, initial-scale=1.0, user-scalable=no\">\n";
ptr += "<meta charset=\"UTF-8\">\n";
ptr += "<title>ESP8266 Weather Report</title>\n";
ptr += "<style>html { font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;\n";
ptr += " display: inline-block; margin-top: 0px auto; text-align: center;}\n";
ptr += "body { margin-top: 50px; background-color: #f4f4f4; }\n";
ptr += "h1 { color: #444444; margin: 50px auto 30px; }\n";
ptr += "p { font-size: 24px; color: #444444; margin-bottom: 10px; }\n";
ptr += "button { font-size: 16px; padding: 10px; border: none; border-radius: 5px; margin: 5px; cursor: pointer; }\n";
ptr += ".led-on { background-color: #4CAF50 !important; color: white; }\n";
ptr += ".led-off { background-color: #ff5454 !important; color: white; }\n";
ptr += "</style>\n";
  
```

Скрипт для оновлення даних:

```

ptr += "<script>\n";
ptr += "function updateData() {\n";
ptr += "  var xhttp = new XMLHttpRequest();\n";
ptr += "  xhttp.onreadystatechange = function() {\n";
ptr += "    if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {\n";
ptr += "      var data = JSON.parse(this.responseText);\n";
ptr += "      document.getElementById('temperature').innerHTML = 'Температура: ' + data.Temperature + ' °C';\n";
ptr += "      document.getElementById('humidity').innerHTML = 'Влажность: ' + data.Humidity + ' %';\n";
ptr += "      document.getElementById('co2level').innerHTML = 'Рівень CO2: ' + data.CO2Level + ' ppm';\n";
ptr += "    }\n";
ptr += "  };\n";
ptr += "  xhttp.open(\"GET\", \"/data\", true);\n";
ptr += "  xhttp.send();\n";
ptr += "}\n";
ptr += "setInterval(updateData, 1000); // Обновление данных каждую секунду\n";
ptr += "updateData(); // Вызов первоначального обновления данных\n";
ptr += "</script>\n";
  
```

Він використовує XMLHttpRequest для асинхронного отримання даних з сервера кожну секунду. Отримані дані (температура, вологість, рівень CO<sub>2</sub>) виводяться на веб-сторінці.

Тіло документа у якому вставляються дані температури, вологості та рівня CO<sub>2</sub>, а також кнопки для управління станом LED-світлодіодів представлено у наступному скрипті:

```
ptr += "</head>\n";
ptr += "<body>\n";
ptr += "<div id=\"webpage\">\n";
ptr += "<h1>АПСм-22-1 Кожухар Серій</h1>\n";

ptr += "<p id=\"temperature\">Температура: " + String(Temperature_val) + " °C</p>";
ptr += "<p id=\"humidity\">Влажность: " + String(Humidity_val) + " %</p>";
ptr += "<p id=\"co2level\">Рівень CO2: " + String(CO2Level_val) + " ppm</p>";

ptr += "<button id=\"led1\" type=\"button\" onclick=\"led(1)\" class=\"\"";
ptr += led1State ? "led-on" : "led-off"; ptr += ">Вентилятор</button>\n";

ptr += "<button id=\"led2\" type=\"button\" onclick=\"led(2)\" class=\"\"";
ptr += led2State ? "led-on" : "led-off"; ptr += ">Зволожувач</button>\n";

ptr += "<button id=\"led3\" type=\"button\" onclick=\"led(3)\" class=\"\"";
ptr += led3State ? "led-on" : "led-off"; ptr += ">Осушувач</button>\n";
```

Скрипт для відправлення запитів на сервер про зміну стану LED-світлодіодів та оновлення їхнього стану на веб-сторінці:

```
ptr += "<script>\n";
ptr += "function led(ledNumber) {\n";
ptr += "  var xhttp = new XMLHttpRequest();\n";
ptr += "  xhttp.onreadystatechange = function() {\n";
ptr += "    if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {\n";
ptr += "      updateButtonColor(ledNumber, this.responseText);\n";
ptr += "    }\n";
ptr += "  };\n";
ptr += "  xhttp.open(\"GET\", \"/led\" + ledNumber, true);\n";
ptr += "  xhttp.send();\n";
ptr += "}\n";

ptr += "function updateButtonColor(ledNumber, state) {\n";
ptr += "  var button = document.getElementById('led' + ledNumber);\n";
ptr += "  button.className = state === '1' ? 'led-on' : 'led-off';\n";
ptr += "}\n";
ptr += "</script>\n";
```

Закриття тіла HTML-документу та тег </html>, який завершає формування HTML-коду:

```
ptr += "</div>\n";  
ptr += "</body>\n";  
ptr += "</html>\n";  
return ptr;
```

Повна програма, написана з використанням мови програмування Arduino, представлена у додатку А.

Результати роботи спроектованої системи представлено зображено на рисунку 3.7.

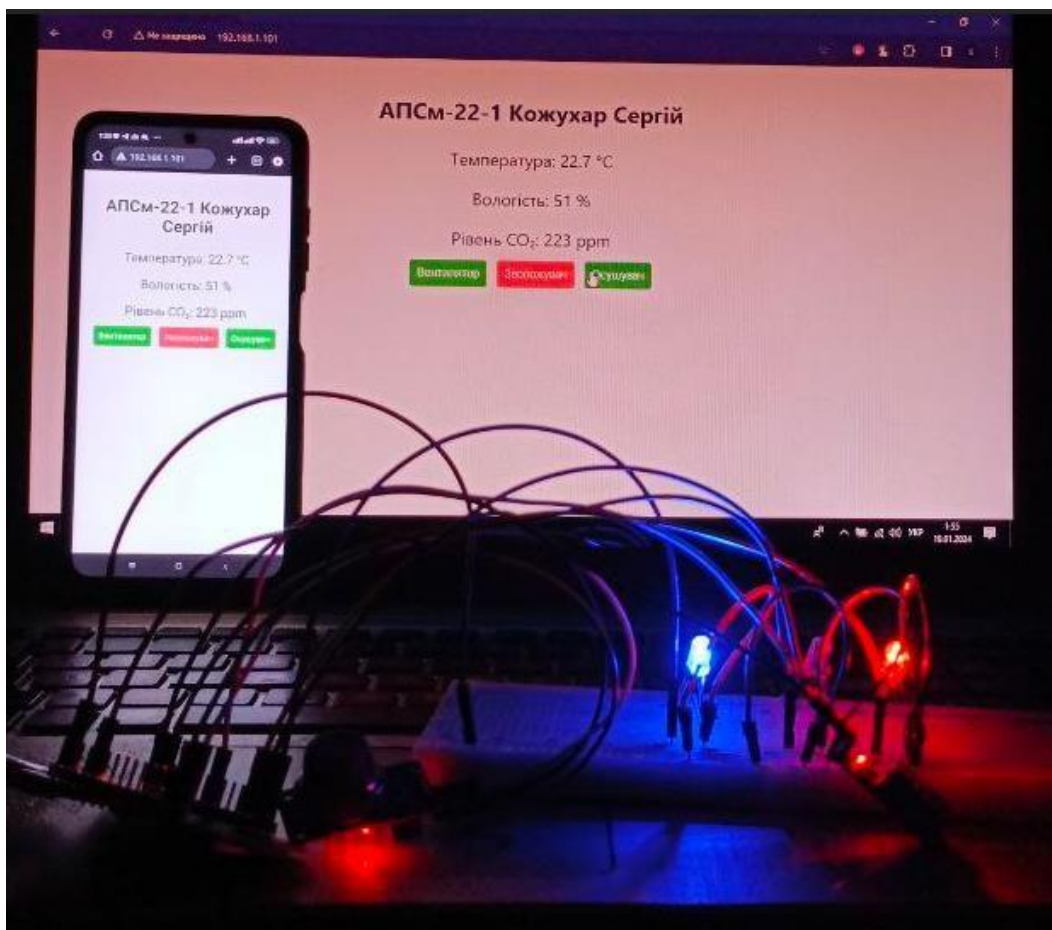


Рисунок 3.7 - Фото роботи пристрою

## ВИСНОВКИ

Мета роботи кваліфікаційної роботи магістра полягала у дослідженні можливості реалізації інформаційної системи на базі Arduino для квартири 40м<sup>2</sup>, яка здатна зчитувати дані про температуру, вологість, рівень CO<sub>2</sub> з датчиків та передавати цю інформацію на локальний веб-сервер через Wi-Fi. Також розробили веб-інтерфейсу для перегляду даних і можливості керування виконавчими пристроями через веб-інтерфейс.

Для досягнення поставленої мети в роботі були вирішені наступні задачі:

- визначено необхідні параметри мікроклімату для людини;
- здійснено вибір датчиків та виконавчих механізмів;
- створено програмне забезпечення для зчитування даних з датчиків та їх подальшу передачу на локальний веб-сервер;
- реалізовано веб-інтерфейс, що дозволить користувачам переглядати інформацію про кліматичні параметри через ПК або мобільний пристрій в режимі реального часу;
- реалізовано можливість віддаленого керування виконавчими пристроями через веб-інтерфейс.

Отже, усі задачі для досягнення поставленої мети було виконано в повному обсязі.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. «Розумний будинок» - примха багатих чи необхідність для якісного життя? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stb.sumy.ua/neruxomist/rozumnij-budinok-primxa-bagatix-chi-neobxidnist-dlya-yakisnogo-zhittya.html> (дата звернення: 19.05.22).
2. Проектування інформаційних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33651/1/PIS\\_KL.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/33651/1/PIS_KL.pdf) (дата звернення: 19.05.22).
3. Системи автоматизації житлового приміщення [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/22930/1/Dyplom141\\_Lutsko\\_Bila.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/22930/1/Dyplom141_Lutsko_Bila.pdf) (дата звернення: 19.05.22).
4. Поняття розумного будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/fksa\\_2018\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/fksa_2018_netpub.pdf) (дата звернення: 19.05.22).
5. Методи управління розумним будинком [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0da6beaa-f146-4949-8e81-e083339f344f/content> (дата звернення: 19.05.22).
6. Способи керування розумним будинком [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://homesmart.com.ua/domashniaia-avtomatyzatsyia-10-sposobov-upravlenyia-umnym-domom/> (дата звернення: 19.05.22).
7. Стандарти бездротових мереж [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mokosmart.com/uk/short-range-wireless-communication-technology-vs-long-range-wireless-communication-technology/> (дата звернення: 19.05.22).
8. Стандарт Wi-Fi [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gsmhub.com.ua/glossary/80211> (дата звернення: 19.05.22).
9. Стандарт Bluetooth [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mokoblue.com/ru/bluetooth-versions-5-0/> (дата звернення: 19.05.22).

10. Стандарт ZigBee [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/zigbee.html> (дата звернення: 19.05.22).
11. Стандарт Z-Wave [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://zwave-kiev.com.ua/obzor\\_protokola\\_z-wave.html](https://zwave-kiev.com.ua/obzor_protokola_z-wave.html) (дата звернення: 19.05.22).
12. Солодов В. Д. Порівняння послідовних протоколів зв'язку, що використовуються у вбудованих системах / В. Д. Солодов, Д. М. Харченко, Л. Ф. Сайківська // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: матеріали 24-й Міжнар. молодіж. форуму, 7-9 квітня 2020 р. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Т. 3. – С. 192–193.
13. Можливості розумного будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/vozmozhnosti-umnogo-doma-obzor-sistem> (дата звернення: 19.05.22).
14. Що таке розумний будинок та які можливості він надає [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakarpattyia.net.ua/News/216485-ShCHO-take-rozumnyi-budynok-ta-iaki-mozhlyvosti-vin-nadaie-Perevahy-i-nedoliky> (дата звернення: 19.05.22).
15. Кращі системи "Розумний будинок" по виробниках 2024 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/rejting-sistem-umnyu-dom-ro-proizvoditelyam> (дата звернення: 19.05.22).
16. Санітарні норми мікроклімату [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 19.05.22).
17. Хто такі стейкхолдери [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wizeclub.education/blog/stejkholderi-proyektu-hto-taki-ta-chomu-vazhlyvonalagoditi-z-nimi-komunikatsiyu/> (дата звернення: 19.05.22).
18. Мікропроцесорні пристрої [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36841/1/Mikropotsesorni\\_prystroji\\_NP.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36841/1/Mikropotsesorni_prystroji_NP.pdf) (дата звернення: 19.05.22).
19. Мікроконтролер ATMEGA328 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://diylab.com.ua/p64493856-mikrokontroler-atmega328.html> (дата звернення: 19.05.22).

20. Мікроконтролер esp8266 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/arduino/wi-fi-module-esp8266-version-esp-12e> (дата звернення: 19.05.22).
21. Мікроконтролер esp32 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/esp32-s-modul> (дата звернення: 19.05.22).
22. Як вибрати датчики температури [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ao-tera.com/ua/technology/types-of-temperature-sensors> (дата звернення: 19.05.22).
23. Фізичні основи сенсорики [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42035/1/Koval-V\\_Osnovy\\_sensoryku\\_posibnyk\\_konspect.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42035/1/Koval-V_Osnovy_sensoryku_posibnyk_konspect.pdf) (дата звернення: 19.05.22).
24. Датчики вологості [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?14777.html> (дата звернення: 03.10.23).
25. Принцип роботи осушувачів повітря [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://osushiteli.ua/uk/article/pryncyp-roboty-osushuvacha-povitrya> (дата звернення: 12.10.23).
26. Правила вибору зволожувачі повітря [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cleanairlove.com/pidbiraiemo-zvolozhuvach-povitrya-vidi-ta-osoblivosti/> (дата звернення: 10.10.23).
27. Кондиціонування в квартирі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.boss-climate.com.ua/pro-mahazyn> (дата звернення: 11.09.23).
28. Типи та види вентиляцій приміщень [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rivnekomfort.rv.ua/vidi-ventilyacij.php> (дата звернення: 19.09.23).
29. Кожухар С. І. Універсальний пристрій для контролю доступу у приміщення / С. І. Кожухар, Л. Ф. Сайківька // The 12 th International scientific and practical conference “Science, innovations and education: problems and prospects” (June 28-30, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. 7. – pp. 243-247.