

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Факультет Комп'ютерної інженерії та управління  
(повна назва)  
Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Система розумного будинку з керуванням засобами IoT технологій  
(тема)

Виконав:

здобувач 2025 року навчання,  
групи СКСм-23-1

Потопа В,О

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна  
інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Спеціалізовані  
комп'ютерні системи

( повна назва освітньої програми )

Керівник доц. Ларченко Л.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри



(підпис)

Чумаченко С.В.

(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки


Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія  
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Спеціалізовані комп'ютерні системи  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри   
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Потопі Владиславу Олексійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система розумного будинку з керуванням засобами  
IoT технологій

затверджена наказом університету від 08 11 2024 р. № 1189 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 24 01 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Мікроконтролер Arduino

Ethernet Shield 5100W

Датчики MQ-2, DS18B20

Мови програмування C++, PHP, HTML, CSS, JAVASCRIPT

PIR датчик

База даних

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

Аналіз сучасних систем розумного будинку

IoT-технологій у системах розумного будинку

Розробка системи розумного будинку з керуванням засобами IoT технологій

Розробка програмного забезпечення серверної частини

Розробка програмного забезпечення апаратної частини

Створення прототипу системи розумного будинку та її тестування

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_  
19 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.09.2024 – 02.09.2024	
2	Аналіз проблемної галузі, постановка завдання	03.09.2024 – 10.09.2024	
3	Вибір інструментальних засобів та розробка	11.09.2024 – 18.09.2024	
4	Розробка програми для мікроконтролера	19.09.2024 – 10.10.2024	
5	Програмна реалізація веб-сторінки	11.11.2024 – 25.11.2024	
6	Тестування розробленої системи	26.11.2024 – 03.12.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	04.12.2024 – 18.12.2024	
8	Оформлення графічного матеріалу	19.12.2024 – 25.12.2024	
9	Перевірка виконаного проекту керівником	26.12.2024 – 09.01.2025	
10	Захист роботи	24.01.2025	

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 01 вересня 2024 р. \_\_\_\_\_

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ доц., к.т.н. Ларченко Л.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 64 сторінок, 15 рисунків, 2 таблиці, 14 джерел за переліком посилань.

### РОЗУМНИЙ БУДИНОК, СИСТЕМА БЕЗПЕКИ, ETHERNET, БАЗА ДАНИХ, PIR, MQ-2, МІКРОКОНТРОЛЕР ARDUINO

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи керування розумним будинком засобами IoT технологій.

В ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено методи та технології IoT для реалізації систем розумного будинку, які забезпечують автоматизоване керування пристроями і ресурсами. Значну увагу приділено інтеграції датчиків і контролерів, що дозволяє підвищити ефективність використання енергії та комфорту для користувачів. Аналізуються техніки взаємодії між пристроями, а також методи захисту даних, важливих для безпеки користувачів. У результаті визначено основні принципи побудови системи розумного будинку з використанням IoT, враховуючи специфіку умов і налаштувань.

Розроблено програмну реалізацію системи розумного будинку, що містить мікроконтролер Arduino UNO, Ethernet Shield 5100, mq-2, PIR-датчик, DS18B20 датчик температури за допомогою мови програмування C++. Telegram-бот та веб-застосунок розроблено мовами HTML, PHP, JAVASCRIPT, CSS для відображення та керування системою.

## ABSTRACT

The explanatory note contains 64 pages, 15 figures, 2 tables, 14 sources.

SMART HOME, SECURITY SYSTEM, ETHERNET, DATABASE, PIR, MQ-2, ARDUINO MICROCONTROLLER

The purpose of the qualification work is to develop a smart home control system using IoT technologies.

During the qualification work, IoT methods and technologies were investigated for the implementation of smart home systems that provide automated control of household devices and resources. Considerable attention was paid to the integration of sensors and controllers, which allows to increase the efficiency of energy use and comfort for users. Techniques for optimizing interaction between devices are analyzed, as well as methods for protecting data important for user safety. As a result, the basic principles of building a smart home system using IoT are determined, taking into account the specifics of home conditions and settings.

A program for the Arduino UNO microcontroller was developed using the C++ programming language, a telegram bot and a web application in HTML, PHP, JAVASCRIPT, CSS for displaying and controlling the system.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП .....	9
1 ІОТ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	10
1.1 Концепція і основні можливості розумного будинку .....	10
1.2 ІоТ технології та їх роль в побудові систем розумного будинку .....	14
1.3 Переваги автоматизації системи розумного будинку засобами ІоТ....	18
1.4 Огляд ІоТ протоколів та їх взаємодія в системах розумного будинку	19
1.5 Огляд сучасних систем розумного будинку.....	22
1.5.1 Ajax Systems .....	22
1.5.2 Xiaomi smart home.....	24
1.6. Мета та постановка завдання.....	26
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	28
2.1 Мікроконтролер Arduino UNO.....	28
2.2 Плата розширення Arduino W5100 Ethernet Shield.....	31
2.3 Система безпеки .....	33
2.4 Контроль якості повітря.....	36
3 АПАРАТНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ .....	39
3.1 Структурна та функціональна схеми системи управління складовими розумного будинку.....	39
3.2 Вибір середовища розробки для мікроконтролера Arduino.....	42

3.3 Вибір та обґрунтування мови програмування для Web-застосунку та Telegram-бота.....	43
3.4 Налаштування середовища розробки та необхідних бібліотек Arduino IDE.....	44
3.5 Програмна реалізація.....	45
3.6 Програмний код web-застосунку та бази даних.....	46
3.6.1 База даних системи.....	47
3.6.2 Файл головної сторінки.....	48
3.6.3 Файл коду сторінки обробки даних з ARDUINO.....	51
3.6.4 Файл коду сторінки отримання архівних даних.....	53
3.6.5 Створення telegram-бота.....	55
3.6.6 Файл коду серверної обробки даних для Telegram-бота.....	56
3.7 Тестування розробленої системи.....	58
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	63
ДОДАТОК А.....	65
ДОДАТОК Б.....	75

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CSS (Cascading Style Sheets) – мова стилізації для опису зовнішнього вигляду веб-сторінок, написаних на HTML

GND (GROUND) – точка нульового потенціалу мікросхеми

HTML (HyperText Markup Language) – мова розмітки для створення та структурування вмісту на веб-сторінках

ICSP (In-circuit serial programming) – внутрішньосхемне послідовне програмування

IOREF (input output reference) – вивід, що надає платам розширену інформацію по робочій напрузі мікроконтролера Arduino

LPG (Liquefied petroleum gas) – зріджений нафтовий газ

MOS (metal-oxide sensing) – газ типу метал-оксид-напівпровідник

MySQL (Structured Query Language) – одна з найпопулярніших систем керування реляційними базами даних, яка використовує SQL для керування даними

PHP (Hypertext Preprocessor) – скриптова мова програмування, яка переважно використовується для створення динамічних веб-сторінок

SQL (Structured Query Language) – стандартна мова для доступу та маніпуляції базами даних

UART (universal asynchronous receiver/transmitter) – універсальний асинхронний приймач/передавач

VCC (Voltage at the common collector) – вивід позитивної напруги джерела

## ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи, пов'язаної з розробкою системи розумного будинку з керуванням засобами Інтернету речей (IoT) полягає в тому, що система розумного будинку об'єднує в собі набір передових технологій, які дозволяють здійснювати повний контроль над усіма комунікаціями в сучасному будинку відповідно до уподобань і потреб власника житла, маючи можливість слідкувати та контролювати всі простори всередині будинку.

В наші дні все більше набирає популярності та актуальності система розумного будинку, яка дає можливість здійснювати відстеження та контроль за всіма просторами всередині будинку за допомогою технології автоматизації та високотехнологічних підсистем, що являють собою сучасні системи сигналізації, відеоспостереження, пожеаросповіщення та інші системи інтелектуального дому.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи керування розумним будинком засобами IoT технологій на основі мікроконтролера та датчиків, що є складовими системи. Використання IoT технологій у побудові системи розумного будинку відіграє ключову роль в забезпеченні функціональності та інтеграції усіх її компонентів. IoT технології дозволяють з'єднати всі виконавчі пристрої в єдину мережу, що забезпечує можливість віддаленого моніторингу та керування системою через інтернет. Таким чином, тема дослідження та розробки системи розумного будинку з керуванням IoT технології є не лише актуальною, але й необхідною для подальшого розвитку даних систем.

## 1 ІОТ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

У розділі розглянуто концепцію розумного будинку та їх можливості, роль ІОТ технологій в побудові систем розумного будинку та переваги автоматизації даних систем, розглянуто сучасні системи розумних будинків. Сформульовано мету та постановку завдання.

### 1.1 Концепція і основні можливості розумного будинку

Розумний будинок – це сучасний житловий будинок, організований для проживання людей з використанням автоматизації та високотехнологічних пристроїв. Цей термін означає систему, яка забезпечує безпеку та економію ресурсів, включаючи комфорт, для всіх користувачів. Поняття було сформульовано Інститутом інтелектуальної будівлі у Вашингтоні (округ Колумбія), що передбачає дім, який сприяє продуктивному та ефективному використанню робочого простору.

Зі збільшенням обчислювальної здатності гаджетів концепція розумного будинку отримала свій подальший розвиток у вигляді системи «Інтернет речей», що привела до первинної стандартизації та визначенню основних правил і рекомендацій для побудови готового продукту як на рівні системи в цілому, так і окремих компонентів. Незважаючи на відносну новизну, вже зараз існує кілька десятків різних рішень[1].

Розумний будинок повинен вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будівлі, і відповідним чином на них реагувати. Одна з систем може управляти поведінкою інших по заздалегідь виробленим алгоритмам. Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем в єдиний керований комплекс (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Керований комплекс приладів системи розумного будинку

Важливою особливістю і властивістю розумного будинку, яка відрізняє його від інших способів організації життєвого простору, є прогресивна концепція взаємодії людини з простором будинку, яка полягає в тому, що людина однією командою задає бажану обстановку, а вже автоматика відстежує режими роботи всіх інженерних систем та електроприладів [2]. У цьому випадку виключається необхідність користуватися кількома пультами при перегляді телебачення, десятками вимикачів при управлінні освітленням, окремими блоками при управлінні вентиляційними і опалювальними системами, системами відеоспостереження та сигналізації, воротами та іншим. У розумному будинку достатньо одним натисканням на сенсорній панелі або пульті дистанційного керування (ДК) вибрати один зі сценаріїв, і будинок сам налаштує роботу всіх систем, відповідно до побажань господаря, часу доби, погоди, зовнішньої освітленості [3].

Системи розумного будинку пропонують користувачам численні можливості для створення енергоефективного, комфортного та безпечного житла. Загалом, система розумного будинку – це система домашньої автоматизації, яка допомагає зекономити час на управлінні різними інженерними та розважальними системами. Чим більше таких систем у будинку, тим важливішою стає автоматизація всього будинку.

За останнє десятиліття у світі спостерігався сплеск впровадження розумних будинків і на сьогоднішній день досягає 48% (статистика дана на 2023 рік) з майже 64 мільйонами користувачів.

Впровадження систем розумного будинку незмінно займають перші позиції з точки зору зацікавленості користувачів і прогнозованого зростання використання системи розумного будинку, досягнувши 115 мільйонів користувачів у 2028 році буде складати 84% (рис. 1.2),

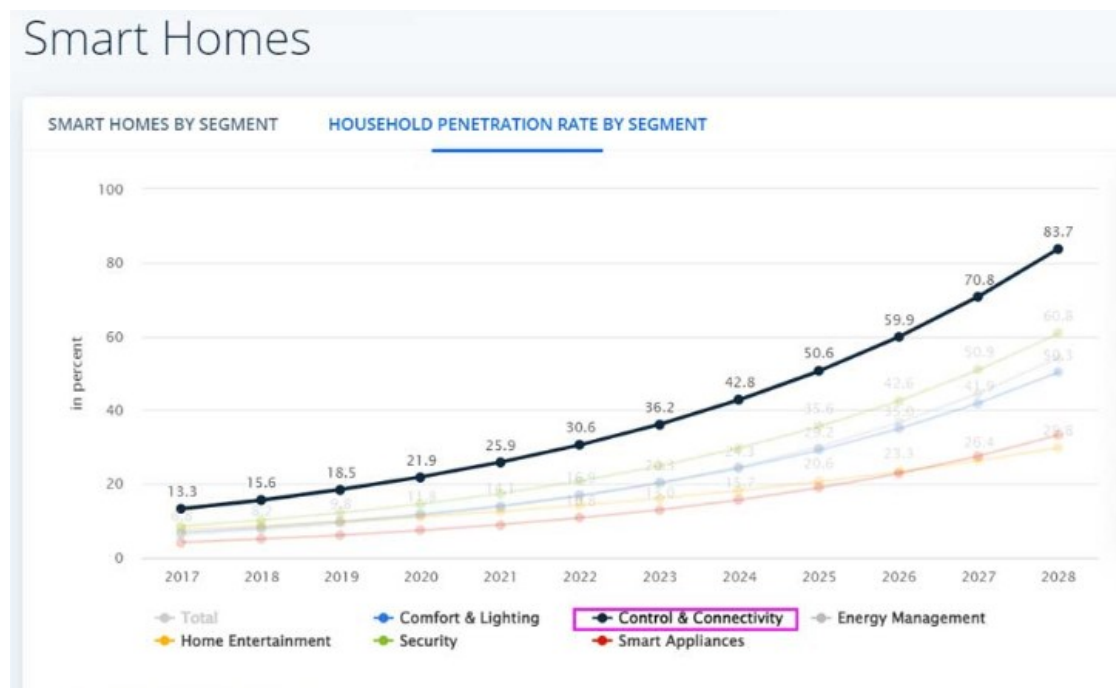


Рисунок 1.2 – Аналітика динаміки рівня впровадження систем розумного будинку

Очікується, що протягом прогнозованого періоду у світі ринок систем розумного будинку зростатиме завдяки підвищенню обізнаності клієнтів, поширенню Інтернету речей, а також стрімкому зростанню наявних доходів і урбанізації.

В системах розумного будинку знаходять застосування бездротові технології та дротові розумні технології. Основну частку технології бездротового розумного дому можна віднести до пропонованих можливостей і функцій, таких як мобільне підключення, підключення незалежно від місця розташування тощо. протоколи, такі як ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth, Z Wave та інші.

На сьогоднішній день є провідні та безпроводні системи розумного будинку. У провідних системах розумного будинку пристрої керування – датчики, вимикачі, кліматичні пристрої та різні панелі керування з'єднані через єдину провідну інформаційну шину, яка передає сигнали до пристроїв.

Переваги провідних систем включають надійність, високу швидкість реагування та довгий термін служби. Вони можуть постійно доповнюватись новими компонентами. Однак, провідні системи потребують професійного монтажу, включаючи прокладку кабелів та дотримання норм безпеки, і їх краще встановлювати на стадії початку ремонту.

Безпроводні системи: основна відмінність цих систем полягає в керуванні через радіосигнал, а не дроти. Це зменшує кількість кабелів і спрощує встановлення компонентів системи. Проте, безпроводні системи мають обмежений функціонал, і створення стабільної системи з багатьма одночасно працюючими компонентами на радіоканалі є складним. Часто такі системи використовуються для контролю освітлення або підлоги з підігрівом. Використання безпроводних систем для датчиків задимлення, руху або витoku газу не рекомендується через можливі затримки в передачі повідомлень[4].

Централізовані системи: ці системи мають єдиний запрограмований логічний модуль, який контролює всі компоненти. Однак, якщо центральний

модуль виходить з ладу, втрачається контроль над усіма компонентами, що робить такі системи менш безпечними порівняно з децентралізованими.

Децентралізовані системи: найбільш надійні системи, особливо у поєднанні з провідними типами. Всі пристрої працюють окремо один від одного та мають енергонезалежну пам'ять. Такі системи мають окремий щит для всіх модулів та дротів, що забезпечує максимальну безпеку. Вони підходять як для зручності керування побутовими функціями, так і для безпеки – з датчиками задимлення, контролю вологості повітря та руху, автоматизації.

Одним із основних розумових блоків встановлення системи розумного будинку є баланс між складністю системи та зручністю використання системи. При плануванні системи важливо враховувати такі фактори як, види компонентів, що є частиною систем домашньої автоматизації; чи є вони елементарними або більш складними як сигналізація чи відеокамера; наскільки інтуїтивно зрозумілою буде система для тих, хто не є користувачем; степінь складності внесення змін в інтерфейс системи.

## 1.2 IoT технології та їх роль в побудові систем розумного будинку

Інтернет речей (IoT) – це система взаємопов'язаних комп'ютерних пристроїв, які можуть збирати та передавати дані через бездротову мережу без участі людини. По суті, будь-який об'єкт, якому можна призначити адресу Інтернет-протоколу (IP) і який може передавати дані через мережу, може бути частиною Інтернету речей.

Домашня автоматизація IoT – це концепція, яка включає в себе інтеграцію інтелектуальних пристроїв, датчиків і приводів для забезпечення контролю, управління та автоматизації різних аспектів будинку та є системою, яка підключає пристрої в домі до центрального концентратора або мережі, дозволяючи користувачам дистанційно контролювати свій дім за допомогою смартфонів, планшетів або голосових команд.

В основі домашньої автоматизації IoT лежить ідея створення зв'язаної екосистеми, де пристрої можуть спілкуватися один з одним, збирати та аналізувати дані та розумно реагувати на сигнали від користувачів. Цей зв'язок та інтелект дозволяють власникам будинків мати бездоганний та персоналізований досвід управління своїми будинками[5].

Система розумного будинку є інтелектуальною системою автоматизації, яка забезпечує комфорт, безпеку та енергоефективність. Архітектура розумного будинку побудованого на основі керування засобами IoT включає в себе декілька основних рівнів реалізації для створення інтелектуальної екосистеми (рис. 1.3). У нижній частині стека архітектури знаходиться рівень пристроїв, який містить усі датчики, виконавчі механізми та гаджети, такі як термостати, сирени та тривожні кнопки.

Мережевий рівень відповідає за передачу даних між пристроями та центральним сервером. Використовуються різні протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee та інші[6].

На рівні обробки дані, зібрані пристроями, обробляються та аналізуються. Це може включати фільтрацію, агрегацію та інші методи обробки даних.

Оброблені на попередньому рівні, передаються до хмарних сервісів, де вони зберігаються та доступні для аналізу та відображення.

На рівні шару застосування користувачі отримують доступ до інформації та можуть управляти пристроями через інтерфейси, такі як мобільні додатки або веб-порти[7].

Така побудова архітектури дозволяє створювати складні системи домашньої автоматизації, які можуть контролювати освітлення, температуру, безпеку та інші аспекти.

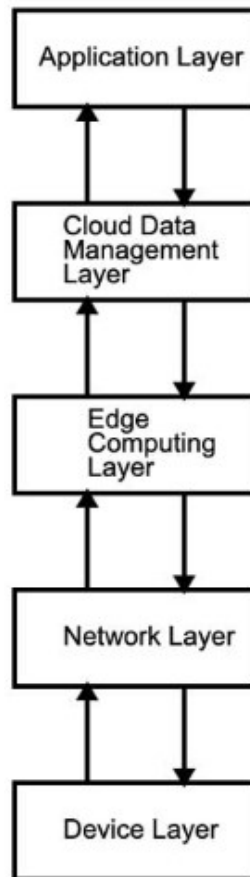


Рисунок 1.3 – Блок-схема впровадження архітектури IoT в системи розумного будинку

Одним із ключових компонентів домашньої автоматизації IoT є використання розумних домашніх пристроїв, зокрема, розумних колонок, термостатів, систем освітлення, камер безпеки, дверних замків, побутової техніки тощо.

Іншим важливим аспектом домашньої автоматизації IoT є використання протоколів зв'язку. Протоколи визначають, яким чином пристрої в домі спілкуються один з одним і з центральним концентратором або мережею. Деякі з широко використовуваних протоколів зв'язку включають Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave і NFC (зв'язок ближнього поля)[8]. Датчики та виконавчі пристрої (актуатори) відіграють вирішальну роль в автоматизації дому IoT. Датчики збирають інформацію про

навколишнє середовище, таку як температура, рух, освітленість і зайнятість. Актуатори, з іншого боку, відповідають за виконання дій на основі даних, отриманих від датчиків. Наприклад, датчик може виявити, що в кімнаті нікого немає, і запустити привід, щоб вимкнути світло для економії енергії.

Домашня автоматизація IoT означає інтеграцію інтелектуальних пристроїв, датчиків і приводів для забезпечення контролю, управління та автоматизації різних аспектів дому. Сюди входить контроль температури, освітлення, систем безпеки, розважальних систем і навіть побутової техніки.

Основна ідея домашньої автоматизації IoT полягає у створенні пов'язаної екосистеми пристроїв, які можуть безперебійно працювати разом для підвищення комфорту, зручності та енергоефективності[9].

Схеми IoT сумісні з багатьма іншими протоколами зв'язку, такими як Zigbee, Bluetooth тощо. Інтернет-злом є основною проблемою схем IoT. Безпека системи та конфіденційність є критичними проблемами для таких схем, заснованих на Інтернеті. Завдяки широкому розповсюдженню смартфонів і планшетних комп'ютерів, їх постійному підключенню до Інтернет означає їх можливість налаштування для керування пристроями розумного дому.

Будучи важливим компонентом Інтернету речей (IoT), розумні будинки ефективно обслуговують користувачів, спілкуючись з різними цифровими пристроями на основі IoT. Технологія розумного дому, заснована на IoT, змінила людське життя, забезпечивши зв'язок для всіх незалежно від часу та місця.

В останні роки системи домашньої автоматизації стають все більш складними і забезпечують інфраструктуру та методи для обміну всіма типами інформації про прилади та послугами. Розумний дім – це область IoT, яка є мережею фізичних пристроїв, які забезпечують підключення до електроніки, датчиків, програмного забезпечення та мережі всередині будинку.

### 1.3 Переваги автоматизації системи розумного будинку засобами IoT

Автоматизація дозволяє пристроям розумного будинку виконувати дії автоматично на основі попередньо визначених правил і тригерів. Власники будинків можуть налаштувати процедури автоматизації, щоб оптимізувати щоденні завдання та створювати персоналізовані сценарії. Наприклад, можна створити процедуру автоматизації, щоб увімкнути світло та налаштувати термостат, коли хтось заходить у будинок, або вимкнути все світло та зачинити двері, коли всі виходять.

Автоматизація може базуватися на конкретних тригерах, таких як час доби, зайнятість або показання датчиків, зокрема, датчик руху в коридорі може автоматично вмикати світло, коли хтось проходить повз, підвищуючи безпеку та зручність. Можливості для сценаріїв автоматизації величезні, залежно від можливостей пристроїв і вподобань домовласників.

Інтеграція із зовнішніми службами та платформами додатково розширює потенціал автоматизації. Інтеграція з погодними службами, наприклад, може дозволити розумному будинку регулювати параметри опалення або охолодження на основі прогнозу погоди. Інтеграція з системами безпеки може запускати такі дії, як замикання дверей і активація камер спостереження, коли виявлено вторгнення.

Розумні системи домашньої безпеки пропонують розширені функції, які підвищують безпеку будинку та душевний спокій. Завдяки інтелектуальним дверним замкам, камерам спостереження та датчикам руху домовласники можуть дистанційно контролювати свої домівки, отримувати миттєві сповіщення на свої смартфони та навіть надавати доступ авторизованим особам.

Інтеграція систем безпеки з автоматизацією дозволяє виконувати такі дії, як замикання дверей, увімкнення світла або активація сигналізації при виявленні підозрілої активності, забезпечуючи додатковий рівень захисту.

Домашня автоматизація IoT покращує доступність, надаючи зручні інтерфейси керування та процедури автоматизації, які обслуговують людей з обмеженими руховими можливостями чи інвалідністю.

Голосові помічники, фізичні панелі керування та програми для смартфонів пропонують альтернативні засоби керування пристроями, усуваючи потребу в ручному керуванні. Процедури автоматизації також можуть спростити повсякденні завдання, полегшуючи людям із проблемами доступності самотійно керувати своїми будинками.

Це лише деякі з багатьох переваг, які домашня автоматизація IoT приносить домовласникам. Гнучкість, зручність, енергоефективність, підвищена безпека та душевний спокій роблять розумні будинки привабливим вибором для окремих осіб і сімей, які прагнуть покращити свій життєвий досвід і створити інтелектуальне життєве середовище, пов'язане з підключенням.

#### 1.4 Огляд IoT протоколів та їх взаємодія в системах розумного будинку

Розумний домашній пристрій буде працювати належним чином завдяки правильному протоколу, який дозволить інтегрувати його в екосистему розумного будинку, інакше є ризик, що апаратне та програмне забезпечення не відповідатимуть очікуванням кінцевих користувачів. Вдалий вибір протоколу може забезпечити довгий термін служби батареї, достатній діапазон сигналу або стабільне з'єднання.

Протокол розумного дому – це набір стандартів, на основі яких визначаються принципи і способи обміну даних пристроїв, що є в екосистемі розумного будинку. Протокол діє як мова пристрою, дозволяючи йому легко взаємодіяти з іншими рішеннями для розумного будинку та обмінюватися інформацією.

Найпоширеніші протоколи розумного будинку включають Z-Wave, ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE), Ethernet, Thread і Matter.

Ethernet – це технологія дротового зв'язку, яка зазвичай використовується для локальних мереж (LAN). Ethernet працює через виту пару та волоконно–оптичні кабелі для передачі даних на високій швидкості. Ethernet відповідає стандарту IEEE 802.3 і підтримує надійну та безпечну передачу даних через мережу.

Ethernet не забезпечує високого рівня безпеки для екосистеми розумного будинку, однак він забезпечує безпечну передачу даних через інші протоколи, які працюють через Ethernet.

Wi-Fi є технологією бездротового зв'язку, яка дозволяє пристроям підключатися до мережі за допомогою радіохвиль і відповідає стандарту IEEE 802.11 та працює в різних частотних діапазонах від 2,4 ГГц до 5 ГГц. Wi-Fi є одним із найпопулярніших бездротових протоколів розумного будинку[10].

Wi-Fi є надзвичайно універсальним і широко підтримується, що робить його придатним для широкого діапазону пристроїв розумного дому. Він забезпечує широке покриття, дозволяючи пристроям підключатися з різних точок в середовищі будинку. Wi-Fi забезпечує пропускну здатність, достатню для пристроїв, які інтенсивно передають дані, наприклад, потокове відео.

Wi-Fi працює на основі протоколів шифрування WPA2 і WPA для захисту даних, що передаються через мережу. Однак безпека мережі Wi-Fi також залежить від таких факторів, як надійність паролей та регулярність оновлення мікропрограми, що усувають уразливості.

Zigbee – це малопотужний протокол бездротового зв'язку для недорогих пристроїв малого радіусу дії. Він працює в діапазоні частот 2,4 ГГц і використовує сітчасту топологію мережі.

За допомогою протоколу Zigbee пристрої діють як вузли, що розширює покриття мережі. Якщо будь–який вузол виходить з ладу, такі сітчасті мережі можуть автоматично переконфігурувати та підтримувати з'єднання з іншими вузлами[11].

Для захисту зв'язку Zigbee покладається на стандарт AES-128. Виробник регулярно покращує уразливості та оновлює прошивку.

Порівняння протоколів IoT приведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння протоколів IoT

<b>Протокол</b>	<b>Переваги</b>	<b>Обмеження</b>	<b>Безпека</b>
Ethernet	Висока пропускну здатність, швидке та надійне з'єднання, виключений ризик перешкод у мережі	Потрібне кабельне підключення	Будь-який протокол через Ethernet забезпечує його безпеку
Wi-Fi	Широка підтримка, широке покриття, ідеально підходить для пристроїв, які інтенсивно обробляють дані	Може створювати перешкоди пристроям, які працюють на різних частотах, пристрої Wi-Fi споживають більше енергії	Шифрування WPA2 і WPA
Bluetooth/BLE	Ідеально підходить для пристроїв розумного дому з живленням від батарейок, ефективною передачею даних, прямого зв'язку між пристроями	Обмежена зона покриття та швидкість передачі даних	Шифрування AES-CCM
Zigbee	Підходить для сітчастої мережі, надійний зв'язок	Обмежений асортимент	Стандарт AES-128

Під час розробки системи вибір правильного протоколу зв'язку має вирішальне значення для ефективної роботи пристрою та його сумісності з системою розумного дому.

## 1.5 Огляд сучасних систем розумного будинку

Для проведення порівняльного аналізу існуючих систем розумного будинку обрано наступні:

- Ajax Systems;
- Xiaomi smart home.

### 1.5.1 Ajax Systems

Ajax Systems – українська технологічна компанія, що спеціалізується на бездротових та дротових системах безпеки з власним виробництвом у Києві, заснована у 2011 році Олександром Конотопським. Головним продуктом компанії є професійна бездротова система безпеки, що на даний час включає 36 пристроїв для захисту від проникнення у дім, пожеж, затоплення та інших подій, а також керування електроживленням.

Зв'язок в системі Ajax Systems забезпечує запатентований радіопротокол Jeweller з дальністю до 2000 метрів, а фото при тривогах передаються через протокол Wings із радіусом дії 1700 метрів.

У стандартний базовий комплект системи (рис.1.2) входить: центральний контролер(хаб), сирена, брелок з функцією пульта, сенсори положення дверей і вікон (відкрито/закрито), розбитого скла, протікання води, руху (розрізняє людей і тварин).



Рисунок 1.4 – Система розумного будинку Ajax StarterKit

Хаб є керівним пристроєм системи – централлю. Він працює від електромережі та оснащений резервним акумулятором, що забезпечує до 16 годин автономної роботи[12]. До хаба за допомогою радіопротоколу Jeweller під'єднуються до 200 будь-яких пристроїв Ajax: охоронні, протипожежні та датчики затоплення, сирени, модулі інтеграції, клавіатури та брелоки, пристрої керування електроживленням.

Пристрої можуть розміщуватися на відстані до 2000 м від хабу й працювати від 2 до 7 років від комплектних батарей. До системи можна під'єднати до 100 камер відеоспостереження чи відеореєстраторів із будь-якою кількістю відеопотоків[13].

Дані про небезпеку користувач отримує в пуш-сповіщеннях у застосунках Ajax, а також в SMS та за дзвінками від хаба. Тривоги та події передаються на пульта охоронної компанії за пропрієтарними протоколами та за протоколами Contact ID або SIA – безпосередньо від хаба через пряме підключення або через хмарний сервер Ajax Cloud (резервний канал зв'язку).

Системою можна керувати через мобільний застосунок Ajax Security System для iOS та Android. Він дозволяє підключати до системи пристрої шляхом зчитування QR-коду, створювати групи охорони, додавати користувачів і керувати їхніми правами, переглядати історію подій, керувати режимами охорони.

Для інженерів монтажу, сервісних компаній та працівників пультів охоронних компаній створено мобільний застосунок Ajax PRO для iOS та Android, що має ті ж можливості та адаптований для адміністрування багатьох систем безпеки інтерфейс.

Програма для ПК Ajax PRO Desktop, яка має функцію моніторингу тривоги та подій, є альтернативою пультам централізованого спостереження (ПЦС) для охоронних компаній і також може використовуватися для налаштування системи. Застосунок Ajax PRO Desktop доступний для Windows та macOS. Пристрої компанії сертифіковано за стандартами EN 50131 та EN 14604. Системі Ajax присуджено Grade 2 – найвищий ступінь надійності для бездротових охоронних систем.

### 1.5.2 Xiaomi smart home

Відома китайська компанія Xiaomi випускає високоякісну електроніку, у тому числі і системи розумного будинку. Її екосистема, не обмежуючись базовим набором, виробляє безліч смарт-пристроїв за доступними цінами, що дозволяє організувати розумний будинок з широким функціоналом.

Система розумного дому Xiaomi Smart Home включає різноманітні пристрої, що дозволяють автоматизувати побутові процеси й забезпечити безпеку. Ключовим елементом є хаб (шлюз), який інтегрує різні компоненти: датчики руху, датчики відкриття дверей і вікон, камери спостереження, освітлення та розетки.

За допомогою мобільного застосунку Mi Home користувач може налаштувати сценарії, як-от автоматичне ввімкнення освітлення при вході

або повідомлення при виявленні руху. Система підтримує інтеграцію з іншими пристроями Xiaomi для створення повноцінної мережі розумного дому.

Шлюз Міїа є багатофункціональним пристроєм для розумного дому, що виконує роль нічника, радіоприймача та центрального хаба. Система інтегрує різноманітні датчики, які реагують на події в реальному часі. Наприклад, при виявленні відкриття дверей або вікон датчики відправляють сигнал власнику та активують камеру, підвищуючи безпеку. Вранці автоматизація створює комфорт: відчинення вікна запускає освіжувач повітря, а мелодія будильника починає грати при відкритті дверей дитячої кімнати. Бездротовий вимикач дозволяє керувати електроприладами, як-то повністю їх відключити, що допомагає заощаджувати енергію.



Рисунок 1.5 – Система розумного дому Xiaomi

Інший важливий елемент системи – розумна розетка. Підключивши її до багатофункціонального шлюзу, використовуючи додаток на смартфоні, можна окремо запрограмувати включення і відключення будь-якого електроустаткування за часом доби. Для цього в застосунку на кожен прилад налаштовуються свої іконки. Датчик руху вмикає світло в передпокої при відкриванні вхідних дверей.

Система розумного дому Xiaomi використовує кілька важливих технологій і протоколів для забезпечення зручності та безпеки. Основний протокол – Zigbee, що забезпечує бездротовий зв'язок на коротких відстанях з низьким споживанням енергії. Це дозволяє з'єднувати до 50 пристроїв, зберігаючи стабільність мережі.

Wi-Fi використовується для підключення пристроїв до Інтернету, що дозволяє віддалене керування через мобільний додаток Mi Home. Також реалізовано підтримку Bluetooth для швидкого з'єднання з пристроями, такими як розумні датчики, актуатори й контролери.

Для автоматизації та сценарного керування система дозволяє користувачам створювати умови, наприклад, автоматичне вмикання освітлення при виявленні руху або встановлення графіка для роботи побутових приладів. Це робить систему Xiaomi гнучкою та адаптивною до потреб користувача.[14]

Пристрої Xiaomi інтегруються з іншими платформами, такими як Google Assistant та Amazon Alexa, що дозволяє керувати ними голосовими командами. Це створює екосистему, в якій всі компоненти працюють разом, забезпечуючи комплексний підхід до управління розумним домом.

## 1.6. Мета та постановка завдання

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження сучасних систем розумного будинку та IoT технологій у забезпеченні інтеграції компонентів систем та розробка системи розумного будинку з керуванням засобами IoT на основі мікроконтролера, датчиків руху, диму, температури, бази даних та web-застосунку з telegram-ботом.

На основі сформульованої мети були визначені наступні задачі роботи:

- аналіз сучасних систем розумних будинків;
- аналіз ролі IoT технологій в побудові систем розумного будинку;

- аналіз існуючих IoT протоколів;
- вибір мікроконтролера та компонентів системи розумного будинку з керуванням засобами IoT технологій;
- розробка структурної та функціональної схем системи;
- аналіз, вибір мов програмування та середовища розробки WEB-сторінки;
- розробка програмного забезпечення web-сторінки;
- розробка telegram-бота;
- розробка програмного забезпечення мікроконтролера;
- створення прототипу системи;
- тестування розробленої системи розумного будинку.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

У розділі дано опис обраних компонентів для системи розумного будинку з керуванням засобами IoT технологій, їх технічні характеристики.

### 2.1 Мікроконтролер Arduino UNO

Розумний будинок є складною системою, що включає різноманітні датчики, виконавчі пристрої та мікроконтролери, які взаємодіють між собою та з зовнішнім світом за допомогою різних IoT-протоколів. Одним з ключових аспектів успішної реалізації такої системи є вибір надійних і сумісних компонентів, здатних ефективно виконувати свої завдання.

Для розробленої системи було обрано мікроконтролер Arduino UNO, плату розширення Ethernet Shield5100, датчик контролю якості повітря mq-2, датчик руху HC-SR501 та датчик температури DS18B20.

Arduino стала популярною платформою для створення розумних будинків завдяки своїй простоті використання, гнучкості та доступності. Вона дозволяє швидко та легко створювати прототипи різних пристроїв та інтегрувати їх у загальну систему автоматизації будинку.

Arduino є відкритою платформою, розробленою для допомоги розробникам у створенні електронних проектів. Ця платформа включає як апаратне, так і програмне забезпечення. Апаратна частина Arduino є програмованою друкованою платою, яка називається мікроконтролером.

Для створення системи було обрано мікроконтролер Arduino UNO (рис. 2.1), так як це зручне середовище програмування. При цьому у ньому попередньо прошитий завантажувач, через що немає необхідності в зовнішньому програматорі, також плюсом є низька вартість та кросплатформеність.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд Arduino Uno

Arduino має універсальний пристрій прийому та передачі даних по дротам, що називається UART. UART дозволяє обмінюватись даними на різних швидкостях. У специфікацію UART не входять аналогові рівні, на яких ведеться спілкування між пристроями, це протокол передачі одиниць і нулів.

ATmega328 дозволяє підключити плату до ПК, як віртуальний COM-порт. Прошивка мікросхеми використовує USBCOM драйвера, тому у встановленні сторонніх драйверів немає необхідності.

В Arduino Uno також є запобіжники, вони необхідні в першу чергу для захисту USB-порту комп'ютера від коротких замикань. Навіть враховуючи той факт, що майже кожен сучасний комп'ютер має власний захист, запобіжники слугують додатковим рівнем захисту.

При споживанні USB-портом струму більше 500 мА, запобіжник автоматично спрацьовує та розриває контакти.

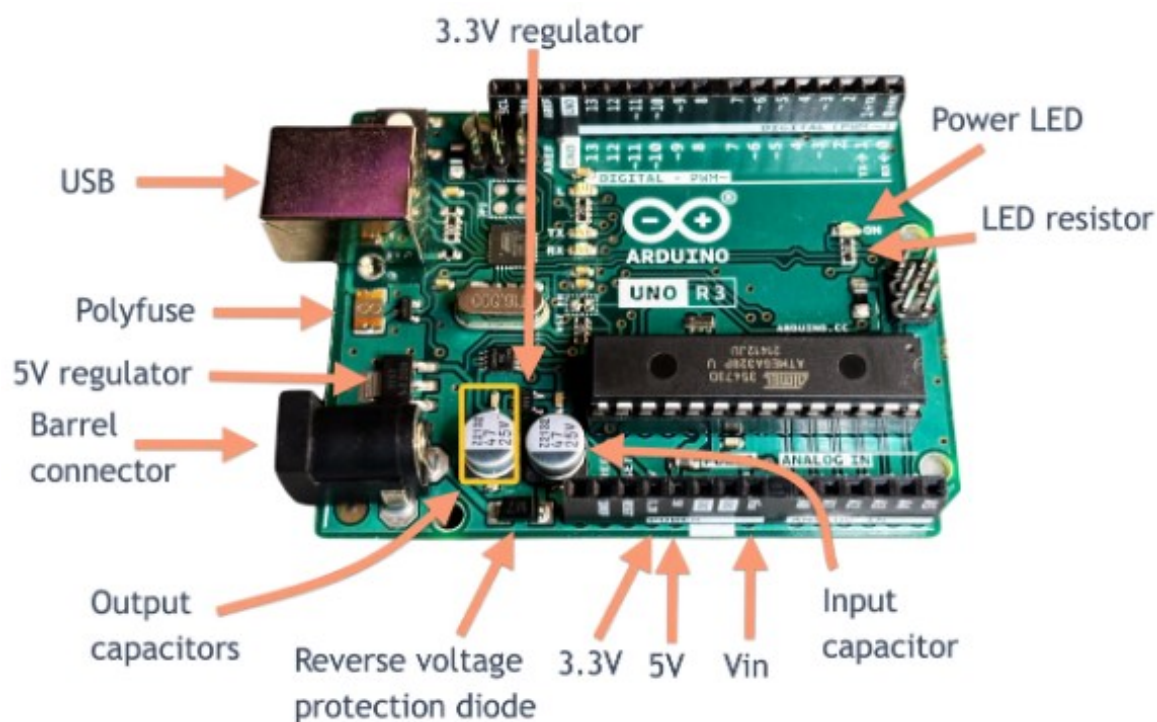


Рисунок 2.2 – Компоненти живлення плати Arduino UNO

Напруга зовнішнього джерела живлення обмежена від 6 до 20 В. Варто зауважити, що при зміні напруги на нижчу за значення 7В, напруга на виводі 5В плати також зменшується, що в свою чергу призводить до нестабільної роботи системи.

Рекомендованим джерелом живлення є джерело з напругою в діапазоні 7–12 В.

На рис. 2.3 приведені технічні характеристики обраного мікроконтролера.

Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендований)	7-12В
Напруга живлення (граничне)	6-20В
Цифрові входи / виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виведення	40мА
Максимальний вихідний струм виводу 3.3V	50мА
Flash-пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16МГц

Рисунок 2.3 – Технічні характеристики мікроконтролеру

## 2.2 Плата розширення Arduino W5100 Ethernet Shield

Модуль зібраний на базі чіпа Wiznet W5100 і дозволяє підключати до локальної мережі або мережі інтернет модулі Arduino UNO/Arduino Mega використовуючи стандартну бібліотеку Ардуїно. Зовнішній вигляд плати розширення приведено на рис. 2.4.

Блок може працювати як сервер, що приймає вхідні з'єднання або як «клієнт», що з'єднується з віддаленим сервером та підтримує до 4-х одночасних з'єднань. Контролери Ардуїно працюють із модулем по шині SPI (на обох платах вивід 10). На платі так само розміщено додатковий роз'єм microSD що дає можливість зберігати файли великого об'єму.

Arduino підключається як з W5100, так і з SD-картою за допомогою шини SPI (через заголовок ICSP). Це на цифрових контактах 10, 11, 12 і 13 на Uno і на контактах 50, 51 і 52 на Mega.

На обох платах контакт 10 використовується для вибору W5100, а контакт 4 для SD-карти. Ці контакти не можна використовувати для загального введення-виведення. На Mega апаратний штифт SS, 53, не використовується для вибору ні W5100, ні SD-карти, але його потрібно зберегти як вихід, інакше інтерфейс SPI не працюватиме.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд плати розширення

Оскільки W5100 і SD-карта спільно використовують шину SPI, одночасно може бути активним лише один. Якщо використовуються обидва периферійні пристрої у програмі, про це мають подбати відповідні бібліотеки.

Щит забезпечує стандартний роз'єм Ethernet RJ45. Кнопка скидання на екрані скидає як W5100, так і плату Arduino.

На екрані розміщено ряд інформаційних світлодіодів:

PWR – вказує на те, що плата та екран живляться;

LINK – вказує на наявність мережевого з'єднання та блимає, коли щит передає або отримує дані;

FULLD – вказує, що мережеве з'єднання є повним дуплексом;

100M – вказує на наявність мережевого підключення зі швидкістю 100 Мбіт/с (на відміну від 10 Мбіт/с);

RX – блимає, коли щит отримує дані;

TX – блимає, коли щит надсилає дані;

COLL – блимає, коли виявлено мережеві конфлікти.

Паяну перемичку з позначкою «INT» можна підключити з метою, щоб дозволити платі Arduino отримувати сповіщення про події, керовані перериваннями, від W5100, але дана опція не підтримується бібліотекою Ethernet. Перемичка з'єднує контакт INT W5100 з цифровим контактом 2 Arduino.

### 2.3 Система безпеки

Безпека є важливою складовою будь-якого розумного дому. Завдяки сучасним технологіям можна створити надійну систему для виявлення небезпечних ситуацій, таких як пожежа, дим, або несанкціонований доступ до приміщення. У даній системі використано різні датчики для забезпечення високого рівня безпеки. Система безпеки може включати такі компоненти, як датчики диму, газу, руху, а також сирену для звукового оповіщення. які підключені до одного контролера Arduino, забезпечать комплексний підхід до безпеки дому.

Основним компонентом, що відповідає за виявлення присутності людей у приміщенні, є датчик руху HC-SR501. Датчик працює на основі інфрачервоного випромінювання та здатний виявляти рух в межах певного радіуса. Датчик має три виходи: живлення (VCC), заземлення (GND) та вихідний сигнал (OUT). Коли датчик виявляє рух, він подає високий сигнал на вихідний контакт, який надсилається на Arduino.

Датчик руху HC-SR501, що зображено на рис. 2.5, дозволяє виявляти рух людини на відстані до 7 метрів (регульована величина). Датчик має два входи живлення (+5В і 0В) та один цифровий вихід, за допомогою якого можна знімати дані. Якщо перешкод немає – на датчику буде високий рівень напруги, близько 3.3В, якщо відмічено рух, то напруга знизиться до 0В.



Рисунок 2.5 – Датчик руху HC–SR501

Якщо перемичка датчика встановлена в положення H, вихідний сигнал буде залишатися у високому рівні весь час, поки датчик фіксуватиме рух. У положенні L (low - перемикання) вихідний сигнал буде змінюватися з високого на низький і назад з періодом приблизно одна секунда. Положення H (high - утримання високого сигналу) зазвичай краще підходить для більшості проєктів, оскільки забезпечує стабільний сигнал під час виявлення руху. Проте, якщо необхідно керувати пристроєм, який реагує на зміну сигналу (фронт), положення L може бути більш підходящим.

Функція автоматичної індукції датчика працює наступним чином: якщо об'єкт потрапляє в діапазон чутливості, вихідний сигнал переходить у високий рівень. Після того як об'єкт залишає діапазон чутливості, вихідний сигнал переходить у низький рівень із затримкою, яка залежить від налаштувань. Ці режими роботи забезпечують гнучкість у використанні датчика в різних типах систем.

Датчик має світлочутливий контроль, який може бути встановлений додатково, – денна або інтенсивність світла без індукції.

Модуль датчика має функцію блокування сигналу після його спрацювання. За замовчуванням час блокування становить 2,5 секунди. Після переходу вихідного сигналу датчика з високого рівня на низький починається встановлений період блокування. Протягом цього часу датчик ігнорує всі нові сигнали, що надходять на вхід. Ця функція дозволяє уникнути повторного спрацювання датчика у межах заданого інтервалу. Час блокування може бути змінений користувачем для налаштування інтервалу між окремими активаціями датчика. Такі налаштування особливо корисні для регулювання чутливості в продуктах із періодичним виявленням об'єктів.

Датчик має широкий діапазон робочої напруги: напруга за замовчуванням 4,5–20В постійного струму.

Мікроенергоспоживання: статичний струм <50 мікроампер, особливо підходить для пристроїв автоматичного керування, що живляться від батареї. Сигнал на виході: легко досягти стикування з різними типами схем.

Загальні характеристики датчику приведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальні характеристики датчику

Напруга	5В – 20В
Споживана потужність	65 мА
Вихід TTL	3,3 В, 0 В
Час блокування	0,2 сек
Методи запуску	L – вимкнути повторний тригер, H увімкнути повторний тригер
Діапазон зондування	менше 120 градусів, в межах 7 метрів
Температура	– 15 ~ +70
Розмір	32*24 мм, відстань між гвинтами 28 мм, M2, розмір лінзи в діаметрі: 23 мм

## 2.4 Контроль якості повітря

Забезпечення чистого та свіжого повітря є важливим аспектом для комфортного проживання в будь-якому домі. За допомогою сучасних технологій можна легко контролювати якість повітря і автоматично реагувати на зміни.

Одним з датчиків структури контролю якості повітря є MQ-2. Він використовується в обладнанні контролю якості повітря для будівель/офісів, придатний для виявлення NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, алкоголю, бензолу, диму, CO<sub>2</sub>.

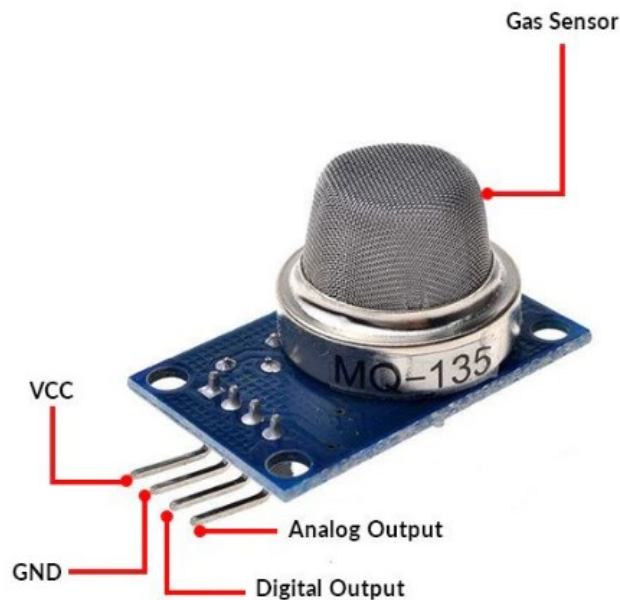


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд датчика MQ-2

Структура та конфігурація датчика газу MQ-2 показана на рис. 2.7 (конфігурація А або В), датчик складається з керамічної трубки з мікрочастинками Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (оксид алюмінію), чутливого шару з діоксиду олова (SnO<sub>2</sub>), вимірювального електрода та нагрівача, які закріплені в корпусі, виготовленому з пластику та покритому сіткою з нержавіючої сталі. Нагрівач забезпечує необхідні температурні умови для коректної роботи чутливих компонентів датчика.

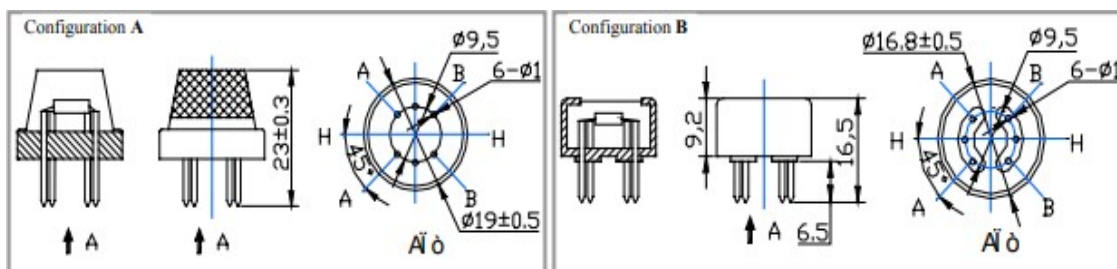


Рисунок 2.7 – Можливі конфігурації датчика MQ-2

Контроль повітря в приміщенні також включає в себе, контроль температури в приміщенні. В системі було використано датчик DS18B20 (рис 2.8).

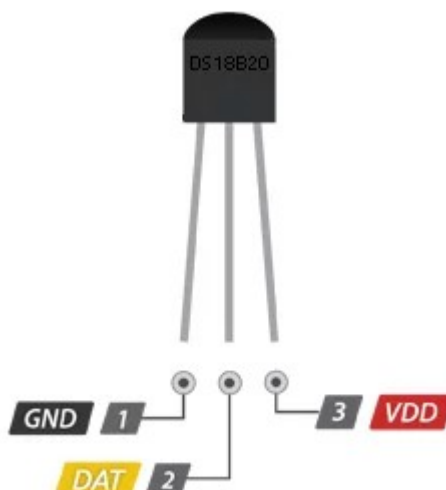


Рисунок 2.8 – датчик DS18B20

Датчик DS18B20 з повністю аналогічними параметрами: діапазон вимірюваних температур від  $-55$  до  $+125$  °C. Зчитуваний з приладу цифровий код є прямим безпосереднім кодом виміряного значення температури і не потребує додаткових перетворень. Програмована користувачем роздільна здатність вбудованого АЦП може бути змінена в діапазоні від 9 до 12 розрядів вихідного коду. Абсолютна похибка перетворення менше  $0.5$  °C в діапазоні контрольованих температур  $-10$  до  $+85$  °C. Максимальний час

повного 12–ти розрядного перетворення  $\sim 750$  мс (при роздільній здатності 12 розрядів). Для підключення потрібно резистор 4.7 кОм.

Внутрішня енергонезалежна пам'ять температурних установок забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої межі установок. Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетної сигналізації в лінію про факт виходу температури за один з обраних порогів. Вузол 1–Wire–інтерфейсу приладу організований таким чином, що існує теоретична можливість адресації необмеженої кількості подібних пристроїв на однопровідній лінії.

Термометр має індивідуальний 64–розрядний реєстраційний номер (груповий код 028H) і забезпечує можливість роботи без зовнішнього джерела живлення, тільки за рахунок паразитного живлення однопровідної лінії. Живлення приладу через окремий зовнішній вивід здійснюється напругою від 3.0В до 5.5В.

### 3 АПАРАТНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

У розділі розглянуто розроблений прототип системи розумного будинку, який містить обрані елементи обладнання. Приведено структурну та функціональну схеми взаємодії компонентів системи розумного будинку, обрано середовище програмування та обґрунтовано вибір мов програмування.

#### 3.1 Структурна та функціональна схеми системи управління складовими розумного будинку

В роботі було розроблено структуру системи розумного будинку з керуванням засобами IoT, що приведена на рис. 3.1. Структура системи в загальному вигляді відображає взаємодію всіх компонентів та складових розробленої системи. В структурі показано компоненти та їх взаємозв'язки, що дає змогу уявити функції та завдання, які мають бути виконані в рамках проєкту, та дає опис, яким чином дані функції пов'язані одна з одною.

Реалізована система є інтегрованим IoT-рішенням, що забезпечує моніторинг і обробку даних, отриманих з датчиків у реальному часі, надаючи зручний веб-інтерфейс і Telegram-бот для сповіщень. Система складається з апаратної, програмної та мережевої складових, які взаємодіють між собою через Ethernet-з'єднання і серверну базу даних.

Апаратна частина включає мікроконтролер Arduino Uno, підключений до Ethernet Shield W5100, який забезпечує зв'язок із локальною мережею. До Arduino підключені кілька датчиків: HC-SR501 для виявлення руху, DS18B20 для вимірювання температури, а також газовий датчик MQ-2 для моніторингу рівня шкідливих газів у повітрі. Дані з датчиків зчитуються мікроконтролером і передаються на сервер через HTTP-запити у форматі GET.

Програмна частина реалізована на веб-сервері, розгорнутому за допомогою XAMPP. Серверна логіка написана на PHP із використанням бази даних MySQL для збереження показників датчиків.

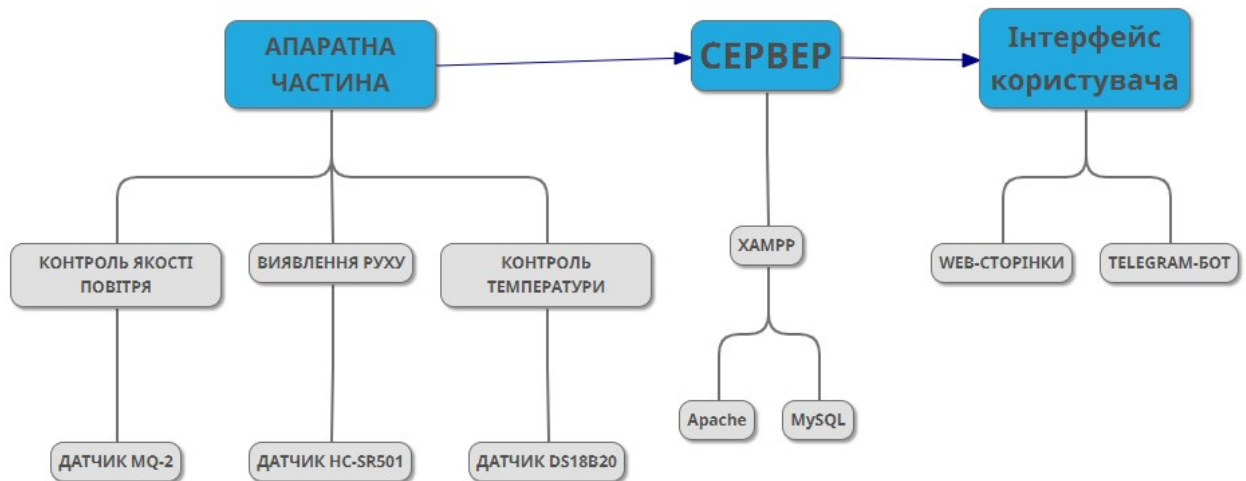


Рисунок 3.1 – Структура системи розумного будинку

Головна веб-сторінка надає користувачеві доступ до даних у реальному часі, дозволяючи переглядати поточний стан температури, рівня газу та руху. Вона також дозволяє вимкнути або ввімкнути фіксацію з датчика руху. Архівна сторінка показує історичні дані за останній тиждень із групуванням показників по днях, включаючи середні значення температури й рівня газу, а також часи максимальних показників і виявлення руху.

Мережеві компоненти системи пов'язані через TCP/IP протокол із використанням HTTP-запитів. Arduino кожну секунду передає дані на сервер, які зберігаються в базі та обробляються для подальшого відображення у веб-інтерфейсі.

Система інтегрує Telegram-бота для сповіщень. Бот, створений через Telegram Bot API, надсилає користувачеві повідомлення в разі перевищення порогового рівня газу або виявлення руху. Повідомлення містять детальну

інформацію, зокрема час події та її характер, що забезпечує зручність і оперативність реагування.

Таким чином, система забезпечує повний цикл збору, обробки, зберігання і передачі даних, а також дає можливість користувачам оперативно реагувати на події через інтерактивний інтерфейс і сповіщення в Telegram.

На рис. 3.2 приведено функціональну схему з'єднання компонентів розробленої системи.

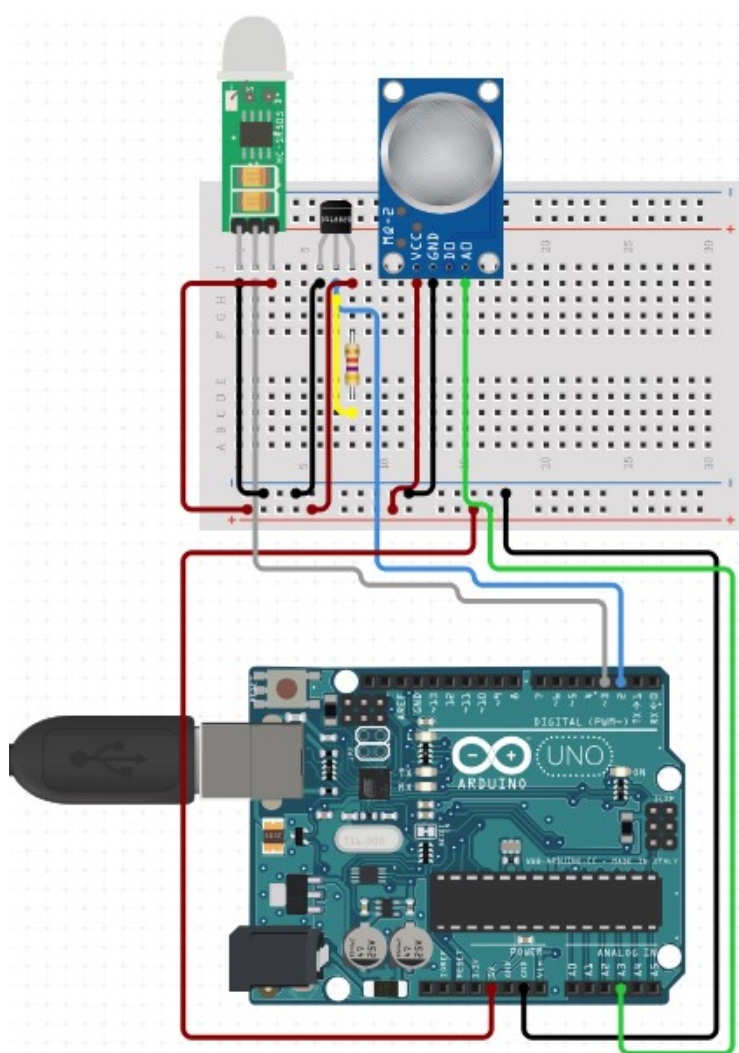


Рисунок 3.2 – Функціональна схема з'єднання компонентів

Для контролю рівня задимленості використовується датчик MQ-2, який підключений до аналогового входу A3 на Arduino. Живлення датчика підключено до 5V, а заземлення до GND на Arduino.

Для виявлення руху в приміщенні використовується PIR датчик руху. Його живлення підключено до 5V, заземлення до GND, а вихідний сигнал до цифрового входу D2 на Arduino.

DS18B20 датчик температури використовується для вимірювання параметрів навколишнього середовища. Його живлення підключено до 5V, заземлення до GND, а вихідний сигнал до цифрового входу D3 на Arduino через 10k $\Omega$  резистор до 5V. Датчик дозволяє отримувати актуальні дані про температуру в приміщенні.

Для передачі даних з Arduino до сервера MySQL на XAMPP використовується Ethernet Shield, який підключається до Arduino Uno через SPI інтерфейс. Таке підключення забезпечує можливість передачі даних з датчиків до сервера для зберігання і подальшої обробки.

### 3.2 Вибір середовища розробки для мікроконтролера Arduino

Для створення та прошивки проекту на Arduino UNO було обрано середовище розробки Arduino IDE.

Arduino IDE – це програмне забезпечення з відкритим кодом, яке забезпечує зручне написання коду та його завантаження на плату. Воно підтримує операційні системи Windows, macOS та Linux і сумісне з усіма платами Arduino.

Arduino IDE має низку переваг у порівнянні з іншими аналогами, зокрема:

- а) підтримка різних платформ;
- б) простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- в) функції збереження, експорту та перевірки скетчів;
- г) можливість розширення завдяки відкритому коду.

Середовище Arduino IDE можна завантажити з офіційного сайту постачальника програмного забезпечення для плат Arduino. Установка програми є простою та потребує лише дотримання базових інструкцій, що з'являються під час інсталяції.

Якщо Arduino IDE завантажується на комп'ютер із Windows, додаткові дії, зазвичай, не потрібні: операційна система автоматично розпізнає та налаштує необхідні драйвери для роботи.

### 3.3 Вибір та обґрунтування мови програмування для Web-застосунку та Telegram-бота

При розробці системи було обрано мови програмування HTML\CSS, JavaScript та PHP. Вибір зроблено спираючись на попередній досвід роботи з вказаними мовами. PHP легко інтегрується з HTML, що дозволяє створювати динамічні веб-сторінки без необхідності вивчення складних фреймворків або бібліотек.

PHP – це одна з найбільш доступних для вивчення та використання мов програмування. Її простий синтаксис дозволяє швидко розпочати роботу, навіть із мінімальним досвідом програмування.

PHP відмінно працює у зв'язці з веб-серверами, такими як Apache і Nginx, які входять до складу XAMPP, також легко реалізується взаємодія з іншими IoT компонентами, такими як Telegram-бот.

Для створення сучасного веб-інтерфейсу використовуються три основні технології: HTML, CSS і JavaScript. Кожна з них має свою чітку роль у проекті та забезпечує ефективну роботу й зручність використання

HTML забезпечує чітку структуру. Використання CSS дозволяє реалізувати адаптивний дизайн, що важливо для підтримки мобільних і настільних пристроїв.

JavaScript додає динамічності веб-сторінці, забезпечуючи інтерактивність. JavaScript підтримується всіма сучасними браузерами, легко

взаємодіє з серверною РНР частиною, використання браузера для виконання JavaScript знижує навантаження на сервер. Обрані мови дозволяють зосередитись на функціоналі проекту, а не на складності інфраструктури.

### 3.4 Налаштування середовища розробки та необхідних бібліотек Arduino IDE

Arduino IDE – це ключовий інструмент для розробки програмного забезпечення для платформи Arduino, який використовується для написання, компіляції та завантаження скетчів на мікроконтролери. Після встановлення програми, її потрібно запустити та переконатися, що підключена Arduino-Uno плата розпізнається комп'ютером. Для цього встановлюються необхідні драйвери, а далі у меню Tools вибираються правильні параметри Arduino Uno та COM-порт, до якого вона підключена.

Наступним кроком є встановлення бібліотек, які необхідні для роботи з підключеними датчиками та модулями. Для Ethernet Shield W5100 використовується бібліотека Ethernet, яка дозволяє підключити пристрій до локальної мережі або Інтернету. Вона встановлюється через Library Manager у меню Sketch, де потрібно знайти бібліотеку Ethernet і натиснути "Install".

Для роботи з температурним датчиком DS18B20 необхідно встановити дві бібліотеки: OneWire для роботи з протоколом OneWire та DallasTemperature для зчитування показників температури. Аналогічно через Library Manager встановлюється бібліотека MQUnifiedsensor, яка спрощує роботу з газовим датчиком MQ-2, забезпечуючи калібрування та обробку даних.

Arduino IDE автоматично забезпечує інтеграцію бібліотек і компіляцію коду, що значно спрощує розробку.

### 3.5 Програмна реалізація

Програмний код для мікроконтролера було написано у файлі “smartHomeSystem.ino” (Додаток Б). Для коректної роботи програмного коду спочатку було підключено усі необхідні для роботи бібліотеки:

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

Окремим блоком виведено значення налаштування інтернет-з'єднання, адреси сервера, створення інтернет-клієнту та визначено піни до яких підключений кожен з датчиків:

```
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; // MAC-адреса
IPAddress ip(192, 168, 1, 94); // IP-адреса Arduino
IPAddress server(192, 168, 1, 35); // IP-адреса сервера
EthernetClient client;
const int motionPin = 3; // Пін для HC-SR501
const int tempPin = 2; // Пін для DS18B20
OneWire oneWire(tempPin);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
const int mq2Pin = A3; // Пін для MQ-2
```

Ініціалізація інтернет-з'єднання та датчиків реалізовано в стандартній функції ініціалізації компонентів Arduino IDE – setup:

```
Ethernet.begin(mac, ip);
Serial.begin(9600);
while (!Serial) {
}
pinMode(motionPin, INPUT);
sensors.begin();
pinMode(mq2Pin, INPUT);
```

Дані з кожного датчику зчитуються та відправляються на сервер GET запитом, при цьому використано постійне з'єднання яке підтримується протоколом HTTP\1.1.

Для оптимізації передачі даних та інтернет з'єднань формат передачі в запиті було скорочено до мінімуму, поєднання Keep-Alive підтримуваної функції з мінімізованою формою запиту зменшує затримки передачі даних та мережеве навантаження (лістинг 3.1)

### Лістинг 3.1 – GET-запит на сервер

```
if (client.connect(server, 80)) {
    client.print("GET /save_data.php?");
    client.print("m=");
    client.print(motionDetected);
    client.print("&t=");
    client.print(temperature);
    client.print("&g=");
    client.print(gasLevel);
    client.println(" HTTP/1.1");
    client.println("Host: 192.168.1.35");
    client.println("Connection: keep-alive");
    client.println();
}
```

### 3.6 Програмний код web-застосунку та бази даних

Програмний код написання Web-застосунку включає в себе 4 файла:

- файл відображення головної сторінки з відображення показників в режимі реального часу “index.php”;
- файл відображення сторінки архівних даних “archive.php”;
- файл обробки даних, що надходять від мікроконтролера “save\_data.php”;
- файл обробки даних та виводу їх на web-застосунок “update\_status.php”;
- файл передачі даних до telegram-бота “send\_telegram.php”;
- файл з'єднання з базою даних “db\_config.php”.

### 3.6.1 База даних системи

За основу розробки та тестування системи було взято локальний Apache Server – це потужний і надійний веб-сервер, який широко використовується для хостингу веб-застосунків та сайтів. Apache є частиною XAMPP – безкоштовного дистрибутиву, який включає також MySQL і PHP. Apache забезпечує стабільну та безпечну передачу даних між сервером і клієнтами, що є критично важливим для роботи розумного будинку. Його популярність і велика підтримка спільноти роблять Apache надійним вибором для даного проєкту.

Загальний вигляд XAMPP панелі зображено на рисунку 3.3.

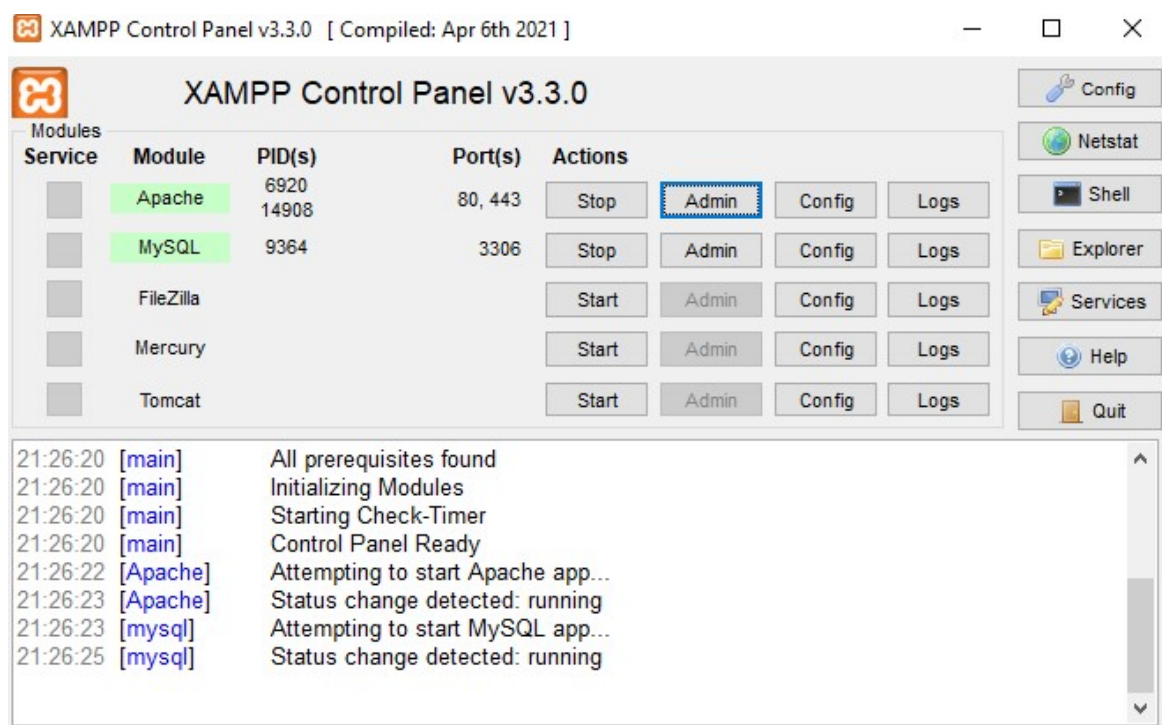


Рисунок 3.3 – Вигляд панелі XAMPP

Для початку роботи необхідно запуснути модулі Apache та MySQL. Потім перейти до phpMyAdmin веб-сторінки взаємодії з базою даних та створити базу даних `sensor_data` (рис. 3.4).

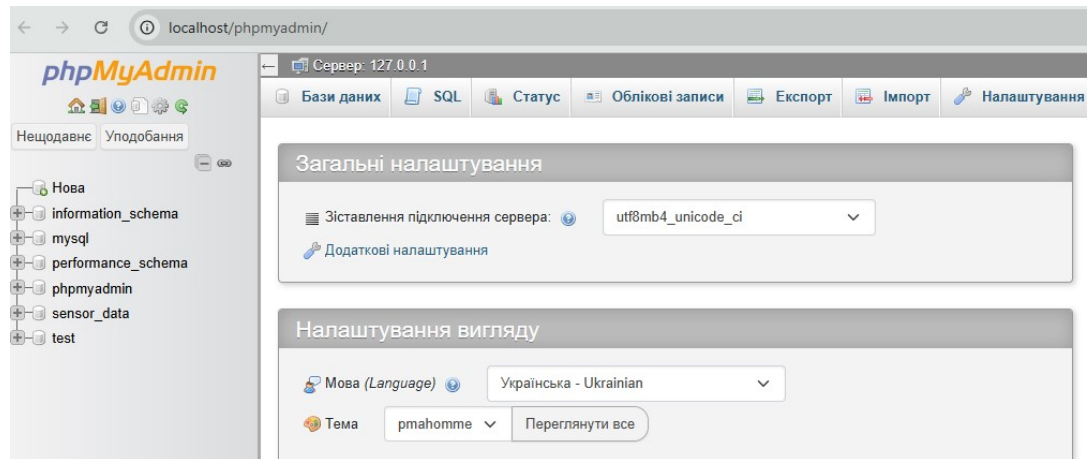


Рисунок 3.4 – Сторінка phpMyAdmin

У створеній базі даних `sensor_data`, створено таблицю `readings`:

```
CREATE TABLE readings (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    timestamp DATETIME NOT NULL,
    motion INT DEFAULT NULL,
    temperature FLOAT DEFAULT NULL,
    gas_level INT DEFAULT NULL,
    is_motion_enabled INT DEFAULT 1
);
```

### 3.6.2 Файл головної сторінки

У файлі головної сторінки реалізовано виведення показників з датчиків в режимі реального часу, а також можливість керування ними.

Перш за все, окремо підключено базу даних та файл роботи з telegram-ботом:

```
include 'db_config.php';
include 'send_telegram.php';
```

Останні записані в базу даних результати з датчиків містить змінна `$data`, для якої методом `fetch_assoc()` перетворено дані отримані SQL-запитом:

```
$dataResult = $conn->query("
    SELECT motion, temperature, gas_level, timestamp
    FROM readings
    ORDER BY timestamp DESC LIMIT 1");
$data = $dataResult->fetch_assoc();
```

У програмному коді файлу змінна `$data` використовується для відображення інформації на головній сторінці:

```
<?php if ($data): ?>
    <?php if ($isMotionEnabled): ?>
        <p><strong>Motion:</strong> <?= $data['motion'] ?
        'Detected' : 'None' ?></p>
    <?php endif; ?>
    <p><strong>Temperature:</strong> <?=
    $data['temperature'] ?>°C</p>
    <p><strong>Gas Level:</strong> <?=
    $data['gas_level'] ?></p>
    <p><strong>Last Updated:</strong> <?=
    $data['timestamp']
    ?></p>
```

В системі реалізовано функцію вимкнення та увімкнення датчику руху, для цього сервер спочатку здійснює перевірку поточного стану роботи датчику руху з бази даних:

```
$statusResult = $conn->query("SELECT is_motion_enabled FROM
readings LIMIT 1");
$isMotionEnabled = $statusResult-
>fetch_assoc()['is_motion_enabled'];
```

Далі JavaScript за допомогою скрипта оброблює інформацію з бази даних через файл “`update_status.php`”, функція скрипта `toggleMotion()` надсилає POST-запит на файл “`update_status.php`” для увімкнення\вимкнення

датчика руху, після виконаного запиту сторінка одразу оновлюється з актуальним статусом:

```
<script>
  function toggleMotion() {
    fetch('update_status.php', { method: 'POST' })
      .then(() => location.reload());
  }
  setInterval(() => location.reload(), 5000);
</script>
```

Тільки у випадку, якщо статус датчика робочий, дані виводяться на головній сторінці та записуються у базу даних:

```
<?php if ($isMotionEnabled): ?>
  <p><strong>Motion:</strong> <?= $data['motion'] ?
  'Detected' : 'None' ?></p>
  <?php endif; ?>
```

На головній сторінці створено кнопку переходу на другу сторінку архівних даних:

```
<a href="archive.php" class="link-button">Go to Archive</a>
```

Окремим блоком у файлі виведено блок HTML розмітки та CSS стилю сторінки (лістинг 3.2).

Лістинг 3.2 – HTML та CSS блок коду головної сторінки

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
<title>Sensor Dashboard</title>
<style>
  body {
    font-family: Arial, sans-serif;
    margin: 0;
```

```

padding: 0;
background-color: #f4f4f9;
color: #333;
}
.container {
max-width: 800px;
margin: auto;
padding: 20px;
text-align: center;
}
h1 {
font-size: 24px;
margin-bottom: 20px;
}
p {
font-size: 18px;
margin: 10px 0;
}
button, .link-button {
display: inline-block;
margin-top: 20px;
padding: 10px 20px;
font-size: 16px;
background-color: #4CAF50;
color: white;
border: none;
cursor: pointer;
text-decoration: none;
border-radius: 5px;
}
button:hover, .link-button:hover {
background-color: #45a049;
}
</style>
</head>

```

### 3.6.3 Файл коду сторінки обробки даних з ARDUINO

У файлі “save\_data.php”(Додаток Б) дані приходять одразу з Arduino, далі обробляються порогові значення оновлень, стани змін датчиків та даних і записуються в базу даних.

Для того, щоб не переповнювати базу даних постійними записами даних, що може критично сказатись на роботоздатності не надто потужних серверних систем, було реалізовано зміну лише при переході порогових

значень, для температури це 1 градус, для датчику газу та якості повітря це 50:

```
const TEMP_CHANGE_THRESHOLD = 1.0;
const GAS_CHANGE_THRESHOLD = 50;
```

Було отримано відповідні значення з датчиків з GET-запиту Arduino та записано до змінних, для подальшої серверної обробки:

```
$motion = isset($_GET['m']) ? intval($_GET['m']) : 0;
$temperature = isset($_GET['t']) ? floatval($_GET['t']) :
0.0;
$gas_level = isset($_GET['g']) ? intval($_GET['g']) : 0;
```

Паралельно з отриманням даних з датчиків, дані також беруть з бази даних, а саме останній записаний результат:

```
$lastResult = $conn->query("
    SELECT motion, temperature, gas_level
    FROM readings
    ORDER BY timestamp DESC LIMIT 1
");
$lastRow = null;
if ($lastResult && $lastResult->num_rows > 0) {
    $lastRow = $lastResult->fetch_assoc();
}
```

Далі у разі визначення змін показників датчиків, дані записуються в базу даних, якщо ж змін не було у порівнянні з останнім записом, база даних лишається незмінною (лістинг 3.3).

### Лістинг 3.3 – Блок порівняння та обробки даних

```
// Ініціалізуємо флаг для перевірки змін
$shouldSave = false;
// Перевіряємо зміни температури
if ($lastRow === null || abs($temperature -
(float)$lastRow['temperature']) >= TEMP_CHANGE_THRESHOLD) {
    $shouldSave = true;
```

```

}
// Перевіряємо зміни рівня газу
if ($lastRow === null || abs($gas_level -
(int)$lastRow['gas_level']) >= GAS_CHANGE_THRESHOLD) {
    $shouldSave = true;
}
// Перевіряємо зміни руху
if ($lastRow === null || $motion !==
(int)$lastRow['motion']) {
$shouldSave = true;
}
// Якщо є зміни, записуємо в базу
if ($shouldSave) {
    $sql = "INSERT INTO readings (motion, temperature,
gas_level, timestamp) VALUES ($motion, $temperature,
$gas_level, NOW())";
    if ($conn->query($sql) === TRUE) {
        echo "Data saved successfully.";
    } else {
        echo "Error: " . $conn->error;
    }
}
}

```

### 3.6.4 Файл коду сторінки отримання архівних даних

У файлі “archive.php” виконується SQL-запит для отримання даних про час, середньодобову температуру, середньодобовий рівень чистоти повітря, максимальний рівень забруднення та його час, а також останній відмічений рух з бази даних. Дані виводяться лише за останній тиждень (лістинг 3.4):

#### Лістинг 3.4 – SQL запит архівної сторінки

```

$sql = "
SELECT
    DATE(timestamp) AS date,
    AVG(temperature) AS avg_temperature,
    AVG(gas_level) AS avg_gas_level,
    MAX(gas_level) AS max_gas_level,
    MAX(timestamp) AS max_gas_time,
    MAX(CASE WHEN motion = 1 THEN timestamp ELSE NULL END)
AS motion_time
FROM readings
WHERE timestamp >= NOW() - INTERVAL 7 DAY
GROUP BY DATE(timestamp)
ORDER BY date DESC
";

```

Результат запиту перезаписується у змінну \$result для подальшого опрацювання в коді:

```
$result = $conn->query($sql);
```

Контент сторінки виведено в таблицю, компоненти містять в собі дату, середню температуру, середній та максимальний рівень забруднення повітря, та час останнього зафіксованого у базі даних руху (лістинг 3.5). Логіка сторінки реалізована у вигляді циклу, цикл проходить по кожному з записів змінної \$result.

### Лістинг 3.5 – Таблиця виведення інформації за тиждень

```
<table>
  <thead>
    <tr>
      <th>Date</th>
      <th>Average Temperature (C)</th>
      <th>Average Gas Level</th>
      <th>Max Gas Level</th>
      <th>Max Gas Time</th>
      <th>Motion Time</th>
    </tr>
  </thead>
  <tbody>
    <?php while ($row = $result->fetch_assoc()): ?>
      <tr>
        <td><?= $row['date'] ?></td>
        <td><?= number_format($row['avg_temperature'],
2) ?></td>
        <td><?= number_format($row['avg_gas_level'], 2)
?></td>
        <td><?= $row['max_gas_level'] ?></td>
        <td><?= $row['max_gas_time'] ?></td>
        <td><?= $row['motion_time'] ?: 'No motion'
?></td>
      </tr>
    <?php endwhile; ?>
  </tbody>
</table>
```

В програмній реалізації враховано можливість повернення на головну сторінку “index.php”:

```
<a href="index.php" class="link-button">Back to Dashboard</a>
```

Таким чином, у файлі реалізовано обчислення на боці SQL бази даних агрегатних функцій, середніх та максимальних значень. Дані виводяться лише за останні 7 днів, групуються за датою додання. Такий формат таблиці є зручним для швидкої аналітики користувача та перегляду історії.

### 3.6.5 Створення telegram-бота

Telegram-бот є альтернативою створення мобільного застосунку, код такого бота легко інтегрується до серверного PHP-коду, працює вже у готовій платформі, що надає кросплатформенність.

Створення саме telegram-бота надає можливість швидкої інтеграції до нових функцій, при цьому користувачі отримують оновлення миттєво. Відсутня залежність від вибору архітектури застосунку, всі дії виконуються в знайомому для користувачів інтерфейсі.

Для створення Telegram-бота необхідно зайти в застосунок з будь-якого пристрою, або веб-сторінки, знайти бота BotFather та почати діалог командою /start, далі необхідно ввести команду для створення нового бота /newbot (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Створення Telegram-бота

Далі бот запропонує обрати ім'я новоствореному боту, ім'я має бути унікальним (рис. 3.6).

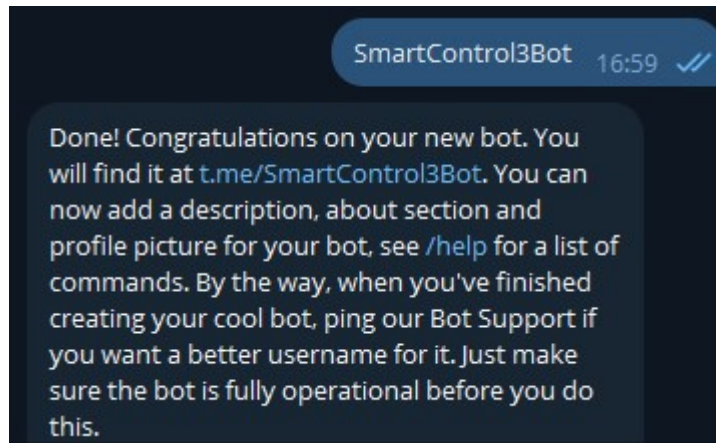


Рисунок 3.6 – Задавання імені боту

Після створення бота з вказаним ім'ям, BotFather надасть токен доступу до нього. Цей токен використовується для взаємодії з API Telegram.

Для того щоб бот міг надсилати повідомлення в особистий чат, або групу, необхідно отримати ID чату з ботом, для цього потрібно використати userinfobot бота, надіславши йому будь-яке повідомлення, після чого в чаті буде надано персональний chat-id.

### 3.6.6 Файл коду серверної обробки даних для Telegram-бота

Наступним кроком є налаштування серверної частини системи. Було створено окремий файл “send\_telegram.php”, в якому першим кроком потрібно вказати токен боту та id чату:

```
$botToken =
"7832270906:AAGg8HYQnUOC44OruJR5G2RRYCEH9yh1IXs";
$chatId = "422113182";
```

Поточні дані отримують з бази даних SQL-запитом:

```
$sql = "
    SELECT motion, gas_level, timestamp
    FROM readings
    ORDER BY timestamp DESC
    LIMIT 1
";
```

Результат виконання запиту записується в змінну `$result` для подальшої обробки даних з бази даних:

```
$result = $conn->query($sql);
```

Далі здійснюється перевірка поточних значень з пороговими для надсилання сповіщень. Якщо поточні значення з датчиків перевищують пороги, то користувачу надсилається відповідне повідомлення (лістинг 3.6):

Лістинг 3.6 – Логіка надсилання сповіщень telegram-ботом

```
if ($result && $result->num_rows > 0) {
    $data = $result->fetch_assoc();
}
if ($data['motion'] == 1) {
    sendTelegramMessage("Motion detected at " .
    $data['timestamp']);
}
if ($data['gas_level'] > 500) {
    sendTelegramMessage("High gas level detected: " .
    $data['gas_level'] . " at " . $data['timestamp']);
}
} else {
    error_log("No data found in the database.");
}
```

### 3.7 Тестування розробленої системи

В роботі було проведено тестування розробленої системи розумного будинку.

Першим кроком необхідно підключити живлення до плати Arduino та Ethernet кабель до плати розширення. Скетч попередньо вже був завантажений на плату.

Головну web-сторінку системи відкрито за шляхом 192.168.1.35/index.php (рис. 3.7).

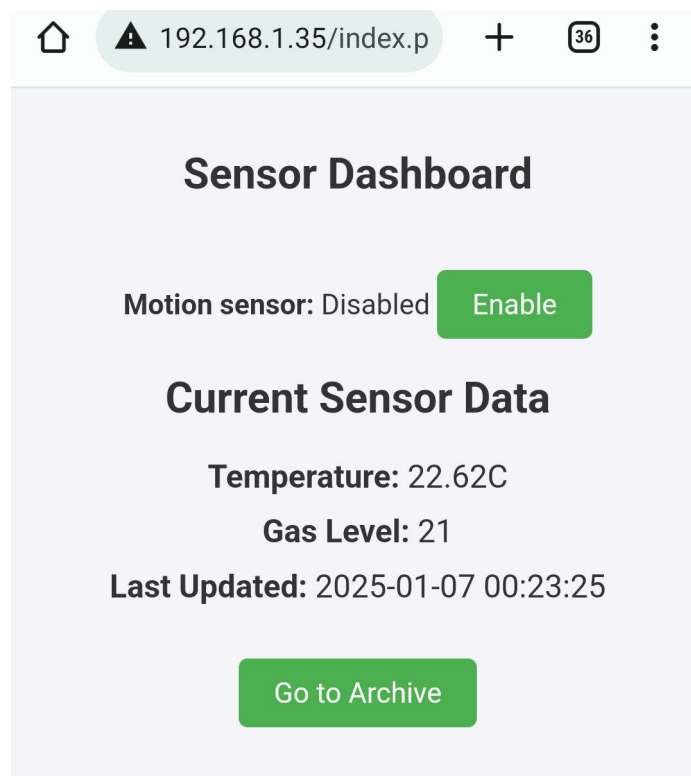


Рисунок 3.7 – Головна сторінка

В даний момент датчик руху вимкнено, про що свідчить напис Disabled в статусі датчика, натиснувши кнопку увімкнення датчику “Enable”. При цьому сторінка автоматично оновлюється та вже видає поточні значення з датчику (рис. 3.8).

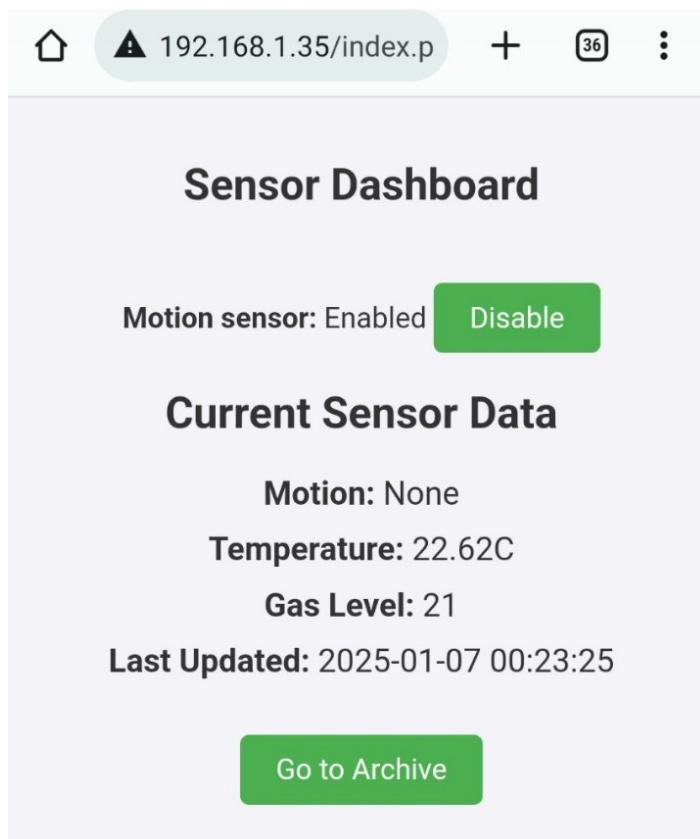


Рисунок 3.8 – Головна сторінка при увімкненому датчику руху

Натиснувши кнопку переходу до сторінки архіву “Go to archive”, здійснюється перехід до відповідної архівної сторінки (рис. 3.9).

На сторінці приведено дані за останній тиждень із групуванням показників по днях, включаючи середні значення температури й рівня газу, а також часи максимальних показників і виявлення руху.

Date	Average Temperature (°C)	Average Gas Level	Max Gas Level	Max Gas Time	Motion Time
2025-01-07	22.18	19.10	22	2025-01-07 00:23:25	2025-01-07 00:23:23
2025-01-06	21.86	36.40	633	2025-01-06 23:59:59	2025-01-06 23:59:42
2025-01-05	25.26	281.27	606	2025-01-05 17:58:13	2025-01-05 17:40:04
2025-01-04	21.10	366.16	424	2025-01-04 18:00:39	2025-01-04 17:59:41

Back to Dashboard

Рисунок 3.9 – Архівна сторінка

Останні зафіксовані дані, що приведені на сторінці архіву так само були надіслані до telegram-бота (рис. 3.10).

На рис. 3.11 приведено повідомлення від telegram-бота про перевищення допустимого рівня якості повітря.

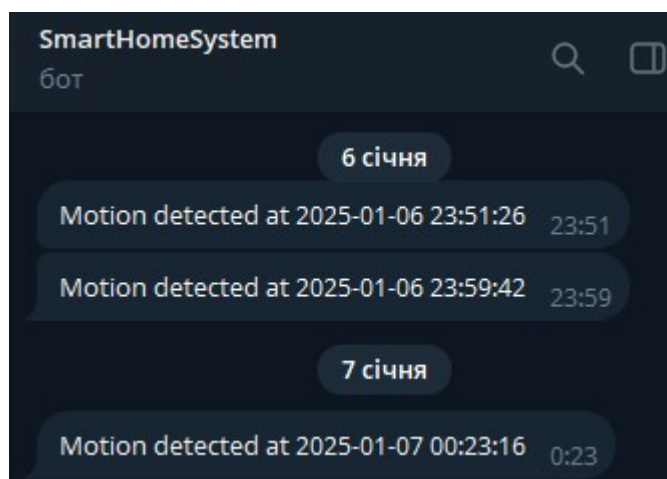


Рисунок 3.10 – Повідомлення від telegram-бота про відмічений рух



Рисунок 3.11 – Повідомлення від telegram-бота про перевищення допустимого рівня якості повітря

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано концепцію розумного будинку, його основні можливості, досліджено роль IoT-технологій у забезпеченні інтеграції сенсорів, виконавчих механізмів та мережевих пристроїв у єдину автоматизовану систему розумного будинку, розроблено систему розумного будинку з керуванням засобами IoT технологій, яка з використанням обраних датчиків та виконавчих пристроїв успішно досягає поставлених цілей. Реалізація системи включає інтеграцію системи безпеки, клімат-контролю та контролю якості повітря, що забезпечує автоматизацію та ефективне управління житлом.

Основою системи розумного будинку став Ethernet-shield в комбінації з мікроконтролером Arduino UNO, що має необхідні для реалізації системи характеристики – Ethernet модуль, який дозволяє мати зв'язок через інтернет з серверною частиною, базою даних, та керуючими сторінками, та мікроконтролер, який має невисоку вартість, і завдяки цьому, зменшує вартість усієї системи в цілому. Перевагою є те, що він має знижене споживання енергії.

У програмній частині роботи розроблено взаємодію між датчиками, мікроконтролером, базою даних, веб-сторінками та telegram-ботом. Використання IoT технологій відіграє вирішальну роль у розробленій системі, забезпечуючи віддалений моніторинг та управління системою через інтернет. Використання XAMPP з MySQL та Apache дозволило створити надійну та масштабовану систему, яка забезпечує досить високу продуктивність та безпеку створеної системи.

Система може бути удосконалена шляхом додання локальної обробки даних безпосередньо на мікроконтролері, при використанні великої кількості централізованих систем з єдиним сервером, що зменшить навантаження на серверну обробку.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Arduino UNO [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/ОМРТ\\_laboratorni.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27992/1/ОМРТ_laboratorni.pdf)
2. Role of IoT in Smart Home [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blog.helpwire.app/iot-smart-home/>.
3. Internet of things [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>.
4. «Smart home» components [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/umnyj-dom-komponenty-sistemy-i-primery-ih-vnedreniya/>
5. Comparative analysis on smart home system to control, monitor and secure home, based on technologies like GSM, IoT, Bluetooth and PIC microcontroller with ZigBee modulation. / V. D., Vaidya, P. A., Vishwakarma // 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET). – 2018.– P. 1–4
6. Leoni, A., et al. Energy harvesting optimization for built-in power replacement of electronic multisensory architecture. / Leoni, A. // AEU - International Journal of Electronics and Communications. 2019. Vol. 107. P. 170–176
7. Smart taxi security system design with internet of things (IoT) / Indrianto, M., Susanti, N. I., Siregar, R. R. A., Putri, P., Purwanto, Y. // TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control. 2019. Vol. 17, no. 3. P. 1250–1255
8. Intelligent vehicle control using wireless embedded system in transportation system based on GSM and GPS technology / Abinaya, M., Devi, R. U. // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2014. Vol. 3, no. 9. P. 244–258
9. Siswipraptini, P. C., Martono, W. H., Hartanti, D. Reducing congestion

with introduce the greedy algorithm on traffic light control/ Siswipraptini, P. C., Martono, W. H., Hartanti, D. / Siswipraptini, P. C., Martono, W. H., Hartanti, D. // J. Phys. Conf. Ser. 2018. Vol. 974, no. 1

10. Kim, J. Y., Lee, H., Son, J., Park, J. Smart home web of objects-based IoT management model and methods for home data mining / Kim, J. Y., Lee, H., Son, J., Park, J. // 2015 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS). 2015. P. 327–331.

11. Ghosh, S. Smart homes: Architectural and engineering design imperatives for smart city building codes / Ghosh, S. // 2018 Tech. for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP). 2018. P. 1–4

12. Paul, D. E., Vijayan, A. Smart energy meter using Android application and GSM network / Paul, D. E., Vijayan, A. // International Journal of Engineering and Computer Science. 2016. Vol. 5, no. 3. P. 16058–16063

13. Lashkari, B., Chen, Y., Musilek, P. Energy management for smart homes-state of the art / Lashkari, B., Chen, Y., Musilek, P. // Applied Sciences (Switzerland). 2019. Vol. 9, no. 17

14. Потопа В.О Використання Cloud-технологій для управління та моніторингу в системах «Розумного будинку» / В.О. Потопа // Матеріали тез 28-го міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» – м. Харків, травень 2024. – С. 48–49.