

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

Шифр КвРКІ 022022.22.03.07 ПЗ

Виконав здобувач IV курсу, група K12-22-3


Підпис

Владислав ДУБЧАК

Ініціали, прізвище

Керівник

д.т.н., професор

Науковий ступінь, учене звання


Підпис

Олег САВЕНКО

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

канд.фіз.-мат.наук, доц.

Науковий ступінь, учене звання


Підпис

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
завідувач кафедри КІС
«01» червня 2026 р.


Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти ПЕРШИЙ (БАКАЛАВРСЬКИЙ)

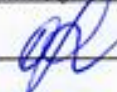
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри КІС

 Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дубчак Владислав Валерійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій

Керівник проекту (роботи) Савенко Олег Станіславович, д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру 01.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Роль ІОТ-інструментів у розбудові smart home систем

IoT-технологій у системах розумного будинку

Технічне проектування та програмне забезпечення системи

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

Схема підключення всіх компонентів до Arduino UNO

Архітектура Веб-застосунку та Телграм-бота

Архітектура комплексу смарт-будинку

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2026	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2026	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2026	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування системи розумного будинку	01.04.2026	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи адаптивного застосування елементів розумного дому	29.04.2026	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2026	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2026	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2026 року	

Здобувач



Підпис

Владислав ДУБЧАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи



Підпис

Олег САВЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій».

Автор роботи: Владислав ДУБЧАК.

Керівник роботи: Олег САВЕНКО.

Пояснювальна записка: 67 с., 25 рис., 2 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

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

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.






Підпис здобувача

30.05.2026

Дата

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Роль ІОТ-інструментів у розбудові smart home систем.....	5
1.1 Поняття розумного будинку та його основні функціональні можливості..	5
1.2 Можливості ІоТ для автоматизації домашнього затишку	11
1.3 Переваги впровадження автоматизації розумного будинку з використанням ІоТ-технологій	15
1.4 Огляд ІоТ-протоколів та особливостей їх взаємодії в системах розумного будинку.....	16
1.5 Аналіз сучасних рішень у сфері систем розумного будинку та їхніх основних особливостей.....	20
1.5.1 Ajax Systems сучасна бездротова система безпеки та автоматизації	21
1.5.2 Xiaomi smart home	23
1.6. Ціль дослідження та основні кроки для її досягнення	26
2 Технологічна основа для створення системи «розумного будинку».....	28
2.1 Апаратна платформа Arduino UNO	28
2.2 Модуль мережевого зв'язку Ethernet Shield W5100	35
2.3 Інструменти гарантування безпеки в ІоТ-системі	37
2.4 Модулі контролю газового середовища	40

					КвРКІ.022022.22.03.07ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Система розумного будинку з керуванням засобами на основі ІоТ технологій	Літ.	Арк.	Акрушіє
Виконав		Владислав ДУБЧАН		01.06			2	67
Перевір.		Олег САВЕНКО		01.06		ХНУ, КІ2-22-3		
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ		01.06				
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		01.06				

3 Технічне проектування та програмне забезпечення системи.....	51
3.1 Схеми побудови та принципи роботи модулів системи	51
3.2 Вибір IDE для роботи з мікроконтролерами Arduino.....	54
3.3 Обґрунтування вибору технологічного стека для веб-застосунку та Telegram-бота.....	54
3.4 Конфігурація середовища розробки та інсталяція програмних бібліотек в Arduino IDE	55
3.5 Реалізація системи.....	56
3.6 Складові веб-інтерфейсу та серверної частини	58
3.6.1 Інформаційне сховище та серверне середовище	58
3.6.2 Розробка головної сторінки інтерфейсу	61
3.6.3 Обробник даних від мікроконтролера	62
3.6.4 Аналіз архівних показників	63
3.6.5 Інтеграція Telegram-інформування	64
3.6.6 Реалізація серверної логіки для Telegram-інформування.....	65
3.7 Апробація та перевірка працездатності	67
3.8 Що в результаті вийшло зробити	70
Висновки	72
Перелік джерел посилання	73
Додаток А Схеми підключення всіх компонентів до Arduino UNO	79
Додаток Б Архітектура Веб-застосунку та Телеграм-бота	80
Додаток В Архітектура комплексу смарт-будинку	81

ВСТУП

Актуальність цієї дипломної роботи, яка присвячена створенню розумного будинку на базі технологій інтернет-речей (IoT), пов'язана зі швидким розвитком IT-сфери та постійним зростанням попиту на автоматизацію житла. Така система об'єднує різні сучасні рішення, щоб зручно керувати всією технікою та комунікаціями з одного місця під потреби власника. Це дозволяє повністю контролювати ситуацію в приміщеннях, підвищує комфорт, безпеку та допомагає ефективніше витратити ресурси.

Сьогодні розумний дім стає все більш звичним і корисним на практиці. Завдяки таким системам можна автоматизувати роботу багатьох компонентів, наприклад, охоронної та пожежної сигналізації, відеоспостереження, освітлення чи опалення. У результаті користувач може швидко дізнатися про будь-які події в домі та керувати обладнанням як на місці, так і на відстані.

Метою роботи є розробка системи керування розумним будинком, яка побудована на IoT-рішеннях із використанням мікроконтролера та набору датчиків для збору й передачі даних. Саме технології інтернет-речей дозволяють об'єднати всі пристрої в одну мережу, щоб вони взаємодіяли між собою, а користувач міг дистанційно моніторити дім і керувати ним через інтернет. Тому дослідження та створення такої системи є сучасним і перспективним напрямком, який має велике значення для розвитку автоматизації житла.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЛЬ ІОТ-ІНСТРУМЕНТІВ У РОЗБУДОВІ SMAR HOME СИСТЕМ

Цей розділ присвячений архітектурі автоматизованого будинку та огляду його головних сервісів. Тут розглядається роль інтернет-речей (IoT) у створенні та поєднанні елементів таких систем, а також визначено основні плюси від автоматизації керування житлом. Особливу увагу приділено аналізу сучасних рішень, які зараз використовуються у сфері розумних будинків. Спираючись на цей аналіз, визначено мету дипломної роботи та сформульовано головні завдання, які потрібно виконати для її реалізації.

1.1 Поняття розумного будинку та його основні функціональні можливості

Розумний будинок є сучасним варіантом житла, де всі головні побутові процеси та інженерні мережі працюють автоматично завдяки програмам і технологічному обладнанню. Така система створює комфортні умови для життя, робить дім безпечнішим і допомагає розумно витратити світло, воду чи газ. Головна суть тут у тому, щоб людина могла з одного місця контролювати роботу різноманітних пристроїв у будинку.

Саме поняття розумного будинку стало популярним через розвиток інформаційних технологій та систем автоматизації. Велику роль у формуванні цієї ідеї відіграв Intelligent Building Institute, який описав інтелектуальну будівлю як простір, [16] де максимально ефективно використовуються площа, технічні ресурси та системи управління.

Сучасні технології дозволяють налаштувати роботу техніки так, щоб вона повністю підлаштовувалася під щоденні звички мешканців. Наприклад, датчики температури можуть самостійно вимикати опалення, коли в кімнаті стає занадто тепло, або знижувати його потужність, коли вдома нікого немає. Так само працює і система освітлення, яка реагує на рух або рівень природного світла з

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

вікна, що дозволяє помітно зменшити комунальні витрати без жодних зусиль з боку людини.

Важливою частиною такого житла є безпека, яка тепер будується на постійному моніторингу простору. Спеціальні пристрої здатні вчасно помітити витік газу чи води, зафіксувати задимлення або виявити рух у кімнаті під час відсутності господарів. У разі виникнення будь-якої підозрілої ситуації система негайно надсилає сповіщення на телефон користувача, завдяки чому можна швидко зреагувати на проблему і зберегти майно.

Сьогодні управління всіма цими процесами стає ще простішим завдяки використанню мобільних додатків та чат-ботів у месенджерах. Замість складних пультів чи багатьох окремих програм, користувач отримує єдине зрозуміле меню у своєму смартфоні. Це дозволяє перевіряти показники датчиків, переглядати архівні дані за минулі дні або змінювати налаштування приладів з будь-якої точки, де є доступ до інтернету.

Окрім автоматизації побутових завдань та підвищення рівня безпеки, такі системи відкривають великі можливості для збору та аналізу корисної інформації про стан житла. Всі показники з датчиків температури, задимленості чи руху не просто відображаються в реальному часі, а й зберігаються у спеціальних базах даних. Це дозволяє користувачеві у будь-який момент переглянути архівні відомості, наприклад, дізнатися середню температуру в кімнатах за тиждень або відстежити пікові моменти підвищення рівня газу. Такий підхід допомагає краще розуміти, як саме функціонує простір, де виникають перевищення норм і як оптимізувати роботу обладнання для створення ще більш сприятливого мікроклімату в приміщеннях.

Наступний крок у розвитку відбувся завдяки появі інтернет-речей (IoT). Коли обчислювальна потужність електроніки зросла, а мережеві технології стали доступнішими, з'явилася можливість об'єднати купу датчиків, контролерів і виконавчих пристроїв в один організм. Це допомогло зробити підходи до створення розумних будинків більш стандартними та привело до появи багатьох готових рішень для приватного житла й комерційної нерухомості [1].

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Система розумного будинку має аналізувати все, що відбувається в кімнатах, і самостійно реагувати за налаштованими правилами. Вона може сама вмикати світло, якщо хтось зайшов у кімнату, [17] підлаштовувати температуру під погоду на вулиці або відправляти повідомлення на телефон, якщо сталося щось надзвичайне. При цьому одні частини системи можуть керувати іншими, щоб усе обладнання працювало злагоджено.

Основна фішка інтелектуального будинку полягає в об'єднанні окремих мереж освітлення, опалення, вентиляції, охорони, відеокамер та пожежної безпеки в єдину структуру. Це дозволяє зручно, безпечно та ефективно керувати всіма процесами у приміщенні (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Комплекс пристроїв, що входять до системи керування розумним будинком [41]

Головна особливість розумного будинку, яка відрізняє його від звичайного житла, полягає в абсолютно новому способі взаємодії людини з простором навколо. Суть тут у тому, що людина задає потрібні параметри роботи всього однією командою, а автоматика вже сама координує роботу всіх інженерних мереж та побутових приладів [2]. Через це більше не треба тримати купу різних пультів, клацати безліч вимикачів чи окремо налаштовувати вентиляцію, опалення, камери, сигналізацію та ворота. У розумному будинку досить просто вибрати готовий сценарій на сенсорній панелі або пульті, і система сама підлаштує всі компоненти під побажання власника, враховуючи час доби, погоду надворі та рівень світла за вікном [3].

Такі системи дають багато можливостей для створення комфортного, економічного та безпечного житла. Загалом це комплекс домашньої автоматизації, який спрощує управління технікою та мультимедіа, допомагаючи витратити значно менше часу на їх налаштування. Коли пристроїв у домі стає все більше, роль автоматизації тільки зростає, адже вона дозволяє зібрати окремі гаджети в одну злагоджену екосистему.

За останнє десятиліття популярність розумних будинків у світі помітно зростає. На 2023 рік рівень їх впровадження склав близько 48 %, а кількість користувачів перевищила 64 мільйони людей [18], [19]. Людей приваблює не лише комфорт, а й можливість суттєво економити. Сучасні розумні рішення допомагають зменшити витрати на світло та тепло на 15–30 %, оскільки чіткі алгоритми керують освітленням і кліматом залежно від того, чи є хтось у кімнаті.

Важливим напрямком розвитку стало використання штучного інтелекту та машинного навчання. Зараз розумний будинок може не просто виконувати шаблони, а й вивчати звички господарів, підлаштовуючи роботу техніки під їхній розклад дня. З'являється ефект непомітного помічника, який сам готує дім до прокидання мешканців або їхнього повернення з роботи [20].

З технічної сторони архітектура таких систем стає все більш децентралізованою та надійною. Завдяки бездротовим протоколам на кшталт Zigbee, Z-Wave або стандарту Matter можна легко розширювати систему,

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаючи нові датчики та пристрої без проведення складних ремонтів [21]. Це дозволяє автоматизувати не лише нове житло на етапі будівництва, а й уже готові будинки, перетворюючи їх на технологічний простір.

Безпека в таких системах теж змінилася і перетворилася зі звичайної локальної сигналізації на комплексний захист. Поєднання датчиків руху, протікання газу, задимлення та розумних камер дозволяє власнику отримувати повідомлення про будь-які проблеми прямо на смартфон у будь-якій точці планети. Розумний будинок перестав бути просто ознакою розкоші, перетворившись на базовий стандарт безпечного та відповідального життя в сучасному цифровому світі [22].

Системи розумного будинку впевнено тримаються серед технологій, які найбільше цікавлять людей і швидко розвиваються. Очікується, що до 2028 року кількість користувачів таких систем збільшиться до 115 мільйонів, а рівень їх поширення дойде до 84 % (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Аналіз тенденцій впровадження систем розумного будинку та їх розвитку з плином часу

Очікується, що найближчими роками світовий ринок систем розумного будинку стабільно зростатиме. Головними причинами цього є те, що люди починають краще розбиратися в сучасних технологіях, активно розвивається інтернет-речей (IoT), збільшуються доходи населення, а міста швидко розростаються.

У розумних будинках використовують як кабелі, так і бездротовий зв'язок. Варіанти без проводів стали дуже популярними, бо ними можна керувати на відстані через телефон з будь-якої точки світу. Для зв'язку між приладами використовуються різні протоколи, наприклад, Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave та інші схожі технології.

Зараз усі системи розумного будинку можна розділити на дві великі групи: дротові та бездротові. У дротових системах усі датчики, вимикачі, кондиціонери та пульти з'єднуються між собою одним інформаційним кабелем (шиною), по якому йдуть команди до техніки. Головні плюси тут — висока надійність, миттєва реакція на команди та довгий термін служби. До того ж сюди завжди можна підключити нові пристрої. Але для такої системи потрібен професійний монтаж, прокладання купи кабелів і чітке дотримання правил безпеки, тому проектувати її варто ще під час будівництва або капітального ремонту [23], [24].

У бездротових варіантах команди передаються по радіоканалу, що дозволяє обійтися без свердління стін і сильно спрощує встановлення. Проте такі рішення можуть працювати менш стабільно, особливо якщо підключити забагато пристроїв одночасно. Зазвичай їх ставлять для керування світлом або теплою підлогою. А от для серйозних завдань безпеки, як-от фіксація диму, руху чи протікання газу, радіосигнал підходить не завжди, бо через перешкоди чи завантаженість частот можливі затримки у передачі тривоги [4].

За принципом управління системи бувають централізованими та децентралізованими. У першому випадку всім заправляє один головний блок. Мінус тут очевидний: якщо цей контролер зламається або зависне, то перестане працювати взагалі все автоматизоване житло.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Децентралізовані системи набагато надійніші, особливо якщо вони зроблені на дротах. Тут кожен пристрій має свій "мозок" та автономну пам'ять, тому працює незалежно від інших. Для підключення всієї електроніки ставиться окремий щит, що робить роботу безпечною і стабільною. Такі рішення чудово підходять як для щоденного комфорту, так і для безпеки контролю задимлення, затоплення, руху та інших важливих речей.

Коли проектуєш розумний дім, найважливіше знайти баланс між складною начинкою та простотою використання. Під час розробки треба чітко розуміти, які саме пристрої будуть у домі, наскільки вони складні, чи буде інтерфейс зрозумілим для звичайної людини і чи зможе користувач сам швидко змінити налаштування чи переписати сценарії під себе.

1.2 Можливості IoT для автоматизації домашнього затишку

Головна суть IoT полягає в тому, що техніка працює сама по собі. Гаджети об'єднуються в єдину мережу, обмінюються даними через інтернет і виконують свої завдання без постійних нагадувань від людини. По суті, будь-який прилад, який має власну IP-адресу і може передавати інформацію по мережі, можна спокійно інтегрувати в загальну систему інтернет-речей [25], [26].

Домашня автоматизація на базі IoT це підхід, коли розумні пристрої, датчики та виконавчі механізми працюють разом, щоб контролювати й автоматизувати різні процеси в оселі. Така система дозволяє зв'язати всі прилади між собою або підключити їх до одного головного вузла керування. У результаті користувач може на відстані стежити за домом і керувати ним через телефон, планшет чи просто голосом [27].

В основі такої автоматизації лежить створення спільної екосистеми, де пристрої можуть спілкуватися один з одним, збирати й аналізувати інформацію, а також самі реагувати на команди чи зміни навколо. Завдяки цьому власник отримує зручний інструмент, який можна налаштувати під себе для управління всіма головними функціями житла [5] [28].

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розумний будинок є інтелектуальною системою автоматичного керування, яка робить життя комфортнішим, безпечнішим та допомагає ефективно витратити світло й газ. Архітектура такого будинку на технологіях IoT складається з кількох основних рівнів, які разом створюють єдину розумну систему (рис. 1.3).

Найнижчим є рівень пристроїв. Сюди входять різноманітні датчики, виконавчі механізми та прилади на кшталт термостатів, сирен чи тривожних кнопок. Вони збирають дані про те, що коїться навколо, і виконують команди системи.

На мережевому рівні відбувається "спілкування" гаджетів із головним хабом чи сервером. Щоб вони розуміли один одного, використовують різні стандарти зв'язку від звичного Wi-Fi та Bluetooth до спеціалізованих Zigbee чи схожих рішень [6].

На рівні обробки аналізуються всі отримані дані. Тут інформація може фільтруватися чи групуватися, щоб система могла прийняти правильне рішення для подальших дій.

Після цього дані йдуть у хмарні сервіси. Там вони зберігаються, і їх можна використовувати для аналізу, перегляду графіків чи створення резервних копій.

На прикладному рівні з системою взаємодіє вже безпосередньо людина. Користувач бачить усі дані та може керувати пристроями через інтерфейс мобільного додатка або телеграм-бота [7].

Така багат шарова структура дозволяє створювати складні рішення для автоматизації дому, які допомагають повністю контролювати світло, температуру, системи безпеки та інші важливі параметри житла [29].

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

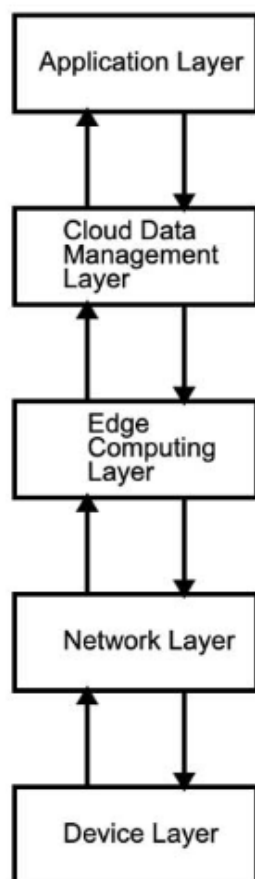


Рисунок 1.3 – Блок-схема реалізації архітектури IoT у системах розумного будинку

Однією з головних частин систем домашньої автоматизації на базі IoT є розумні пристрої. Сюди можна віднести голосові помічники, термостати, розумне світло, камери відеоспостереження, електронні замки та сучасну побутову техніку. Вони допомагають автоматизувати щоденні побутові справи та роблять керування житлом зручним і простим.

Ще одним важливим елементом є протоколи зв'язку. Вони визначають, яким саме чином пристрої спілкуються між собою, з головним контролером чи з мережею загалом. Найчастіше для цього використовуються Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave та NFC [8].

Велику роль в автоматизації відіграють датчики та виконавчі механізми, які ще називають актуаторами. Датчики потрібні для того, щоб збирати інформацію про умови навколо наприклад, фіксувати температуру, рівень світла, рух чи присутність людей у кімнаті. Виконавчі механізми виконують конкретні

дії, спираючись на ці дані. Якщо датчик показує, що в кімнаті нікого немає, система може сама вимкнути світло, щоб даремно не витратити електроенергію.

Автоматизація дому за допомогою інтернет-речей об'єднує розумні гаджети, датчики та актуатори для контролю різних процесів у житлі. Це дозволяє управляти кліматом, освітленням, охороною, мультимедіа та побутовою технікою.

Головна ідея тут полягає у створенні спільної взаємопов'язаної екосистеми пристроїв, які постійно працюють у зв'язці один з одним, щоб зробити життя комфортнішим, зручнішим та економнішим [9].

Системи IoT без проблем підтримують багато сучасних протоколів зв'язку, завдяки чому систему можна гнучко налаштовувати та легко розширювати новими пристроями. Проте однією з основних проблем залишається захист від хакерських атак через інтернет. Питання кібербезпеки та збереження конфіденційних даних є дуже критичними для систем, що працюють через мережу [30], [31], [32].

Оскільки зараз майже у кожного є смартфон чи планшет із постійним доступом до інтернету, з'явилася можливість використовувати їх як універсальні пульти для розумного будинку. Користувачі можуть змінювати налаштування та перевіряти стан пристроїв коли завгодно і з будь-якого місця.

Являючись важливою частиною IoT, розумні будинки допомагають людині ефективно взаємодіяти з різною цифровою технікою. Технології інтернет-речей повністю змінили підхід до облаштування житла, поєднавши всі компоненти системи постійним зв'язком.

За останні роки системи домашньої автоматизації стали набагато складнішими та отримали більше функцій, що дозволяє пристроям і сервісам спокійно обмінюватися між собою різними типами даних. У підсумку розумний будинок став однією з ключових сфер застосування IoT. Він являє собою мережу з фізичних пристроїв, які мають власну електроніку, датчики, програми та модулі зв'язку для роботи в межах одного житлового простору.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Переваги впровадження автоматизації розумного будинку з використанням IoT-технологій

Завдяки автоматизації пристрої в розумному будинку можуть самі реагувати на різні події, виконуючи потрібні дії за заздалегідь налаштованими правилами. Власники житла можуть створювати власні сценарії, щоб спростити щоденні побутові справи та підлаштувати роботу техніки під себе. Наприклад, можна зробити так, щоб при поверненні людини додому автоматично вмикалося світло та налаштовувався клімат, або навпаки коли всі йдуть з дому, гасло все світло, а двері зачинялися на замки.

Сама автоматизація може спрацьовувати від різних тригерів: часу на годиннику, присутності людей у кімнаті чи сигналів від датчиків. Наприклад, датчик руху в коридорі може сам вмикати світло, коли хтось проходить повз, що дуже зручно та безпечно вночі. Варіантів для таких сценаріїв безліч, і все обмежується лише можливостями купленої техніки та фантазією користувача [33].

Зв'язок із зовнішніми сервісами та платформами дає системі ще більше можливостей. Наприклад, якщо підключити розумний дім до прогнозу погоди, він зможе сам коригувати роботу опалення чи кондиціонера, підлаштовуючись під зміни температури на вулиці. А інтеграція з охоронними системами дозволяє автоматично блокувати замки, запускати запис із камер та вмикати сирену, якщо помічено щось підозріле [34].

Сучасні системи безпеки для розумного будинку мають серйозний функціонал, який добре захищає житло та додає спокою власникам. Використовуючи розумні замки, відеокамери та датчики руху, можна на відстані перевіряти стан дому, миттєво отримувати тривожні повідомлення на телефон і дистанційно впускати всередину тих, кому довіряєш [35].

Поєднання безпекових систем з автоматикою дозволяє створювати захисні сценарії. Якщо виникає якась загроза, система сама замикає двері, вмикає

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

прожектори або запускає сигналізацію. Це значно підвищує рівень захисту і дозволяє обладнанню миттєво зреагувати на будь-які аварії чи проникнення.

Домашня автоматизація на базі IoT робить керування технікою дуже доступним завдяки простим інтерфейсам. Голосові асистенти, додатки на телефоні або настінні панелі дозволяють кожному вибрати найзручніший для себе варіант. До того ж готові автоматичні сценарії сильно полегшують побут, що стає величезним плюсом для людей з обмеженими фізичними можливостями [36].

Загалом, використання інтернет-речей для автоматизації дає гнучкість, комфорт, безпеку та допомагає економити ресурси. Це робить розумний будинок чудовим рішенням для створення сучасного та технологічного житла.

1.4 Огляд IoT-протоколів та особливостей їх взаємодії в системах розумного будинку

Розумний пристрій для дому працюватиме ефективно лише тоді, коли для нього правильно підібрано протокол зв'язку. Це дозволяє без проблем інтегрувати його в загальну систему. Інакше є ризик, що залізо та програми просто не виправдають очікувань користувача. Вдалий вибір технології зв'язку забезпечує тривалу роботу пристроїв від батарейок, стабільне з'єднання та гарний радіус дії [37].

Протокол розумного будинку це набір стандартів, які визначають правила та способи обміну даними між пристроями в системі. Він працює як універсальна «мова», завдяки якій різні компоненти можуть спілкуватися між собою та ділитися інформацією.

Серед найпопулярніших стандартів, які сьогодні використовуються в смарт-будинках, варто виділити Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE) та Ethernet. Також активно застосовуються спеціальні рішення, такі як Zigbee, Z-Wave, Thread та новий протокол Matter.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Ethernet це класична технологія дротового зв'язку, яка вважається базовим стандартом для створення локальних мереж (LAN). Вона працює на основі специфікацій сімейства IEEE 802.3, які керують фізичним рівнем та передачею даних. Використання звичайної мідної витої пари або оптоволокна дозволяє отримати величезну швидкість обміну інформацією. При цьому забезпечується чудова стабільність і мінімальні затримки в передачі сигналу, що дуже важливо для систем, які мають реагувати миттєво [38].

В архітектурі розумного будинку Ethernet виступає надійним і міцним фундаментом. Хоча сам по собі він не є якимось спеціальним безпековим протоколом, він створює стабільний транспортний рівень для роботи інших програм і сервісів. Завдяки високій пропускній здатності Ethernet спокійно справляється з великими потоками даних від камер відеоспостереження високої чіткості, головних хабів та мультимедійних серверів. Бездротові мережі в таких сценаріях часто починають тупити через радіоперешкоди або забитий ефір.

Ще одним великим плюсом використання Ethernet в автоматизації є підтримка технології Power over Ethernet (PoE). Вона дозволяє передавати живлення прямо по мережевому кабелю разом із даними. Це значно спрощує монтаж датчиків, IP-камер та панелей керування, адже більше не потрібно тягнути окремі силові проводи чи ставити розетки біля кожного пристрою [39].

Також варто відзначити високу фізичну безпеку дротів. На відміну від Wi-Fi, кабельну мережу неможливо зламати чи перехопити з вулиці без прямого підключення до самого дроту. Саме тому Ethernet вибирають для підключення охоронної сигналізації та важливих точок контролю доступу. Використання сучасних кабелів типу Cat 6 або Cat 6a гарантує захист від будь-яких електромагнітних завад, тому система працюватиме без збоїв навіть у будинку, де повно іншої техніки [40].

У підсумку, інтеграція Ethernet у розумне житло не просто дає високу швидкість, а й створює масштабовану платформу. Вона буде повністю готова до майбутнього розширення системи та впровадження важких сервісів, наприклад, онлайн-відео в 4K або хмарних систем зі штучним інтелектом.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Wi-Fi це бездротова технологія, яка підключає пристрої до мережі за допомогою радіосигналів. Вона базується на стандарті IEEE 802.11 і працює на частотах 2,4 ГГц та 5 ГГц. На сьогодні Wi-Fi є одним із найпопулярніших протоколів у системах розумного будинку [10].

Така популярність зумовлена тим, що користувачам максимально легко взаємодіяти з обладнанням через знайому технологію. Практично будь-яка людина може самостійно підключити такий пристрій до своєї домашньої мережі без виклику спеціалістів.

Головна перевага Wi-Fi це його універсальність і те, що його підтримує майже будь-який гаджет. Він дає гарне покриття та дозволяє швидко передавати великі обсяги інформації, що ідеально підходить для пристроїв із відеопотоком. Для захисту даних у таких мережах використовується шифрування WPA та WPA2. Проте реальна безпека все одно сильно залежить від складності паролів і регулярного оновлення прошивок для закриття вразливостей.

Оскільки Wi-Fi є практично в кожному домі, для підключення нових пристроїв не потрібно купувати спеціальні додаткові шлюзи чи хаби. Це значно здешевлює первинне налаштування системи, адже всі розумні розетки чи лампочки можна зв'язати напряму зі звичайним домашнім роутером.

Zigbee є дуже економним бездротовим протоколом, створеним для пристроїв, які працюють на невеликій відстані. Він функціонує на частоті 2,4 ГГц і використовує коміркову (mesh) топологію мережі. За такої архітектури кожен пристрій працює як ретранслятор, допомагаючи передавати сигнал далі та збільшуючи зону покриття. Якщо якийсь один датчик вийде з ладу, система сама миттєво перебудує маршрут в обхід нього, і мережа продовжить працювати [11].

Ця технологія ідеально підходить для розумного дому, бо датчики можуть роками працювати від однієї маленької батарейки. При цьому мережа виходить дуже гнучкою, адже чим більше пристроїв ти додаєш у дім, тим стабільнішим і ширшим стає покриття. Система сама керує всіма зв'язками, тому користувачу не треба вручну налаштовувати маршрути для кожного нового гаджета.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Для захисту інформації в Zigbee застосовується надійне шифрування AES-128. Крім того, розробники постійно випускають свіжі оновлення програмного забезпечення, щоб вчасно виправляти знайдені дірки в безпеці. Це дозволяє суттєво знизити ризики перехоплення даних чи стороннього втручання в роботу пристроїв. Завдяки такому підходу протокол гарантує стабільний захист обміну інформацією між усіма компонентами системи навіть при спробах мережових атак.

Порівняння IoT-протоколів подано в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика IoT-протоколів

Протокол	Переваги	Обмеження	Безпека
Ethernet	Висока швидкість передачі даних, стабільне та надійне з'єднання, а також мінімальна ймовірність виникнення мережових перешкод.	Потребує використання дротового (кабельного) підключення.	Використання будь-якого протоколу поверх Ethernet сприяє підвищенню рівня безпеки передавання даних.
Wi-Fi	Широка сумісність, значна зона покриття та оптимальне використання для пристроїв із високим навантаженням на обробку даних.	Може спричиняти перешкоди для пристроїв, що працюють на інших частотах, а також характеризується підвищеним енергоспоживанням у Wi-Fi пристроїв.	Шифрування за стандартами WPA та WPA2.

Кінець таблиці 1.1

Bluetooth/BLE	Найкраще підходить для пристроїв «розумного будинку», що працюють від батарейок, забезпечує енергоефективну передачу даних і підтримує прямий зв'язок між пристроями.	Обмежений радіус дії та невисока швидкість передавання даних.	Захист даних за допомогою алгоритму AES-CCM.
Zigbee	Чудово справляється зі створенням mesh-мереж і гарантує стабільний контакт між усіма гаджетами.	Обмежений вибір пристроїв та сумісного обладнання	Використання стандарту шифрування AES-128.

Коли створюєш таку систему, дуже важливо правильно вибрати протокол зв'язку. Саме від цього вибору буде залежати, наскільки стабільно працюватимуть пристрої, яка у них буде швидкість і чи зможуть вони взагалі нормально з'єднатися з іншою технікою в розумному домі.

1.5 Аналіз сучасних рішень у сфері систем розумного будинку та їхніх основних особливостей.

Щоб провести порівняльний аналіз існуючих систем розумного будинку, були вибрані такі рішення.

Ajax Systems є сучасною бездротовою системою безпеки та автоматизації, яка працює на власному захищеному радіопротоколі. Вона дозволяє

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

підключати датчики руху, відкриття дверей, диму, затоплення, а також дає можливість керувати всім через мобільний додаток із дистанційним моніторингом та надсиланням сповіщень.

Xiaomi Smart Home представляє собою велику екосистему розумного будинку, яка збирає до купи багато доступних IoT пристроїв, наприклад датчики, розумні розетки, лампи, камери та побутову техніку. Ця система працює в основному через Wi-Fi та Zigbee, дозволяючи централізовано налаштовувати всі елементи через мобільний додаток Mi Home.

1.5.1 Ajax Systems - сучасна бездротова система безпеки та автоматизації

Ajax Systems це українська компанія, яка спеціалізується на створенні та виробництві як дротових, так і бездротових систем безпеки. Основні виробничі потужності підприємства знаходяться в місті Київ. Олександр Конотопський створив цю компанію ще у 2011 році. Головним продуктом є комплексна система безпеки, яка включає широкий набір пристроїв для виявлення несанкціонованого доступу, пожежної небезпеки, затоплення, а також для керування електроживленням. Загалом екосистема налічує десятки різних пристроїв, що працюють як єдине ціле.

Обмін даними між компонентами системи Ajax Systems здійснюється через фірмовий радіопротокол Jeweller, який забезпечує стабільний зв'язок на відстані до 2000 метрів у відкритому просторі. Для передавання фотопідтверджень тривожних подій використовується додатковий протокол Wings, що дозволяє передавати зображення на відстань до 1700 метрів.

Базова конфігурація системи (рис. 1.4) зазвичай містить центральний хаб, сирену, брелок для дистанційного керування, датчики відкриття дверей і вікон, сенсор розбиття скла, датчик протікання води та датчик руху, який має функцію розпізнавання людей і домашніх тварин, що зменшує кількість хибних спрацювань.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 1.4 – Система розумного будинку Ajax StarterKit [42]

Ajax Systems хаб є центральним керуючим елементом системи, який виконує функції основного контролера. Він живиться від електромережі та має вбудований резервний акумулятор, що забезпечує автономну роботу до 16 годин [12].

До центрального хаба через радіопротокол Jeweller можна підключати до 200 пристроїв екосистеми Ajax Systems, серед яких охоронні датчики, пожежні сповіщувачі, сенсори протікання води, сирени, модулі інтеграції, клавіатури, брелоки та пристрої керування живленням.

Такі пристрої можуть встановлюватися на відстані до 2000 метрів від хаба та функціонують від стандартних батарей, середній термін роботи яких становить приблизно від 2 до 7 років.

Також система підтримує підключення до 100 камер відеоспостереження або відеореєстраторів з необмеженою кількістю відеопотоків [13].

Інформація про події та загрози надходить користувачу через push сповіщення у мобільному застосунку Ajax, а також у вигляді SMS або телефонних дзвінків від хаба. Передавання тривожних сповіщень до пультів охоронних служб виконується за допомогою фірмових протоколів, а також через

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

стандарти Contact ID або SIA як безпосередньо з хаба, так і через хмарну платформу Ajax Cloud, яка може виступати резервним каналом зв'язку.

Взаємодія з системою можна через програму Ajax Security System, яка працює на смартфонах з Android чи iOS. Вона дає змогу додавати пристрої шляхом сканування QR кодів, створювати групи охорони, керувати користувачами та їхніми правами доступу, переглядати журнал подій і налаштовувати різні режими роботи системи.

Для інсталяторів, сервісних компаній та операторів охоронних пультів розроблено застосунок Ajax PRO для iOS та Android, який має розширені можливості адміністрування великої кількості систем і пристроїв.

Також передбачено використання десктопного застосунку Ajax PRO Desktop для операційних систем Windows і macOS. Він може виступати альтернативою пультам централізованого моніторингу та дає змогу відстежувати події, реагувати на тривоги, а також виконувати налаштування системи.

Пристрої компанії сертифіковані відповідно до стандартів EN 50131 та EN 14604. Системі Ajax Systems присвоєно Grade 2, що відповідає високому рівню надійності для бездротових систем безпеки.

1.5.2 Xiaomi smart home

Xiaomi це відома китайська технологічна компанія, яка виробляє широкий спектр електроніки, зокрема пристрої для систем розумного будинку. Її екосистема відзначається великою кількістю сумісних пристроїв та доступною вартістю, що дозволяє користувачам створювати масштабовані рішення для автоматизації житла.

Система Xiaomi Smart Home охоплює широкий спектр пристроїв, які дозволяють автоматизувати повсякденні побутові процеси та підвищити рівень безпеки житлового приміщення. Основним елементом системи є центральний хаб або шлюз, який об'єднує датчики руху, сенсори відкриття дверей і вікон,

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери відеоспостереження, освітлювальні пристрої та розумні розетки в єдину мережу.

Керування системою здійснюється через мобільний застосунок Mi Home, який дозволяє користувачам налаштовувати сценарії автоматизації. Наприклад, можна запрограмувати автоматичне ввімкнення освітлення при вході в приміщення або отримання сповіщень у разі виявлення руху. Система також підтримує інтеграцію між пристроями Xiaomi, що забезпечує створення комплексної та гнучкої домашньої екосистеми.

Шлюз Miija виконує роль центрального елемента керування та водночас може працювати як додатковий функціональний пристрій, зокрема нічник або радіоприймач. У даній системі застосовуються різноманітні датчики, що забезпечують реагування на події в режимі реального часу. Наприклад, при відкритті дверей або вікон система надсилає сповіщення користувачу та може автоматично активувати камери спостереження, що підвищує рівень безпеки.

Додатково можливі сценарії автоматизації, які підвищують комфорт користування, коли відчинення вікна може запускати систему вентиляції або освіжувач повітря, а відкриття дверей у дитячу кімнату може активувати звукові сигнали або музику. Також бездротові вимикачі дозволяють керувати електроприладами та повністю вимикати живлення окремих пристроїв, що сприяє зниженню енергоспоживання.



Рисунок 1.5 – Екосистема розумного дому Xiaomi [43]

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Розумна розетка Xiaomi вважається одним із головних елементів цієї домашньої автоматизації. Після підключення до головного шлюзу та налаштування через додаток на телефоні з'являється можливість створювати графіки роботи для різної побутової техніки. У самій програмі під кожен прилад можна вибрати окрему іконку для зручності. Наприклад, датчик руху здатний автоматично запускати світло в коридорі, як тільки людина відчиняє входні двері.

Для стабільного з'єднання та збереження заряду батарейок обладнання Xiaomi використовує кілька технологій. Роль головного протоколу виконує Zigbee, який чудово підходить для бездротового обміну даними на невеликій відстані та майже не витрачає енергію. Завдяки цьому можна зібрати до 50 різних датчиків в одну надійну мережу.

Щоб власник міг керувати всім домом дистанційно через додаток Mi Home з будь-якої точки світу, шлюз підключається до інтернету по Wi-Fi. Також у системі є підтримка Bluetooth, яка потрібна для швидкого першого підключення нових датчиків або локального контролю над деякими пультами та перемикачами.

Така архітектура дозволяє гнучко підлаштовувати простір під власні потреби, наприклад, запускати світло по датчику або вмикати прилади чітко за розкладом. Це забезпечує хорошу адаптивність системи під потреби конкретного користувача [14].

Проте, попри очевидні переваги та високу популярність техніки Xiaomi, використання готових комерційних рішень має свої приховані мінуси та обмеження, з якими часто стикаються користувачі. Головна проблема полягає в закритій екосистемі та жорсткій прив'язці до фірмових хмарних серверів. Якщо зникає інтернет або виникають технічні збої на стороні компанії (що іноді трапляється з європейськими та китайськими серверами), автоматизація починає працювати із затримками або взагалі стає недоступною. Крім того, додавання пристроїв від інших виробників до загальної мережі часто перетворюється на складне завдання через несумісність протоколів.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Також варто згадати питання конфіденційності, адже всі дані про стан будинку, графік перебування господарів та показання датчиків проходять через сторонні сервери, на які користувач ніяк не впливає. Подібні системи важко назвати гнучкими, якщо виникає потреба створити унікальний алгоритм роботи або підключити специфічний нестандартний датчик, якого просто немає в лінійці бренду.

Саме через ці обмеження виникає потреба в розробці альтернативних, повністю автономних систем на базі відкритих платформ, таких як Arduino. Створення власного комплексу дозволяє повністю контролювати потік даних, зберігати всю інформацію локально у своїй базі даних і налаштувати сповіщення через звичний месенджер без потреби встановлювати важкі фірмові додатки. Це дає розробнику повну свободу дій у виборі деталей та логіці роботи розумного будинку.

1.6. Ціль дослідження та основні кроки для її досягнення

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій концепція автоматизації житлового простору перетворюється з елемента підвищеного комфорту на базову потребу для забезпечення безпеки та енергоефективності. Завдяки доступності мікроконтролерної техніки та розширенню мережевої інфраструктури, з'явилася можливість створювати гнучкі та автономні комплекси моніторингу, які здатні в реальному часі відстежувати параметри навколишнього середовища і миттєво реагувати на будь-які позаштатні ситуації.

Впровадження подібних рішень дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з побутовими аваріями, витокami газів чи несанкціонованим проникненням на об'єкт, забезпечуючи при цьому зручний і надійний зв'язок між користувачем та обладнанням через звичні цифрові канали. Ця робота присвячена вивченню сучасних смарт систем та ролі IoT у їхній роботі. Основна ціль полягає у створенні власного комплексу для автоматизації дому, що базується на технологіях інтернету речей. В основі проекту лежить мікроконтролер, набір

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

сенсорів для фіксації диму, руху та температури, а також база даних. Для зручного дистанційного керування та отримання сповіщень використовується Telegram бот. Відповідно до сформульованої мети визначено такі основні задачі роботи:

- проаналізувати наявні на ринку рішення для інтелектуального житла;
- визначити роль концепції інтернету речей у створенні комплексів для автоматизації оселі;
- провести аналіз основних існуючих IoT протоколів зв'язку;
- обґрунтувати та вибрати мікроконтролер і апаратні компоненти системи розумного будинку на основі IoT;
- спроектувати структуру та описати логіку роботи майбутньої системи;
- обґрунтувати вибір програмного стеку;
- створити та налаштувати Telegram бота як основного каналу зв'язку з користувачем;
- написати код для керування мікроконтролером та зчитування даних;
- створити працюючий прототип розробленої системи;
- провести повне тестування створеної системи розумного будинку.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

У цьому блоці наведено перелік деталей, обраних для створення смарт системи на базі IoT, а також детально розписано їхні технічні параметри.

2.1 Апаратна платформа Arduino UNO

Теперішній розумний будинок збирає в одну мережу купу різних сенсорів і приладів, які спілкуються один з одним через інтернет. Щоб усе це працювало стабільно і без постійних глюків, треба брати надійні деталі, які добре сумісні між собою на рівні сигналів та напруги.

Для свого проекту я вирішив взяти такий комплект, куди увійшли плата Arduino UNO разом із мережевою платою Ethernet Shield для виходу в мережу, а також датчики MQ2 для контролю газу чи диму, HC SR501 для фіксації руху і DS18B20 для вимірювання температури. Кожен із цих компонентів має свої особливості підключення. Наприклад, температурний датчик працює за спеціальним протоколом, де кілька таких пристроїв можна повісити всього на один цифровий провід, що сильно економить вільні контакти на головній платі. Датчик газу видає звичайний аналоговий сигнал, рівень напруги якого змінюється залежно від чистоти повітря в кімнаті, а сенсор руху просто сигналізує одиницею або нулем, коли помічає якесь переміщення в полі свого зору.

Платформа Arduino взагалі класно підходить, коли треба швидко зібрати і перевірити якусь ідею в залізі. Там і сама плата, і проста програма для комп'ютера зроблені так, що розбереться будь-хто. Версію UNO (рис. 2.1) я вибрав, бо вона максимально практична, коштує копійки, прошивається напряду без додаткових прибуд і її можна легко налаштувати під будь-які свої потреби. На платі встановлено досить популярний чіп, для якого в інтернеті є тисячі готових бібліотек. Це дозволяє не писати складний код для опитування датчиків

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

з нуля, а просто брати перевірені функції та швидко адаптувати їх під свою логіку роботи. Крім того, розташування роз'ємів на платі дозволяє легко з'єднувати деталі звичайними проводами-перемичками під час макетування без необхідності одразу брати в руки паяльник.

Для забезпечення безперебійного моніторингу в реальному часі вся зібрана інформація з датчиків не просто обробляється всередині контролера, а відразу передається через мережеву плату на сервер. Це дозволяє власнику будинку бачити актуальний стан кімнат у будь-який момент, навіть перебуваючи далеко за межами своєї домашньої мережі. Програма на Arduino налаштована так, щоб постійно порівнювати отримані значення з безпечними лімітами, які прописані в пам'яті для кожного типу сенсорів. Якщо показники тримаються в межах норми, система працює у звичайному фоновому режимі, періодично оновлюючи дані на екрані або в базі даних.

Особлива увага при налаштуванні цієї зв'язки пристроїв приділяється швидкості обробки тривожних сигналів, оскільки від цього залежить безпека житла. Наприклад, коли датчик руху фіксує переміщення за умови, що нікого не повинно бути вдома, або сенсор газу помічає перші ознаки задимлення, плата Arduino UNO миттєво перериває звичний цикл опитування і формує спеціальний терміновий пакет даних. Цей пакет через Ethernet Shield відправляється прямо на сервери месенджера Telegram, який виступає головним інтерфейсом для взаємодії з користувачем. Власник отримує чітке текстове сповіщення про небезпеку на свій мобільний телефон буквально за секунду після того, як датчик зняв аварійне показання.

Використання Telegram-бота як основного засобу зв'язку дозволило повністю відмовитися від розробки важких і складних мобільних додатків чи громіздких веб-сторінок, які часто довго вантажаться на смартфонах із поганим інтернетом. Месенджер забезпечує надійний двосторонній канал зв'язку, тому користувач може не тільки отримувати тривожні повідомлення від розумного будинку, але й сам надсилати прості текстові команди для перевірки стану системи чи відключення певних приладів. Крім того, такий підхід повністю

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

вирішує проблему сумісності з різними операційними системами, адже бот однаково добре працює і на комп'ютері, і на будь-якому сучасному телефоні без додаткових налаштувань.

У перспективі побудована архітектура дозволяє легко масштабувати проект без кардинальної зміни вже готового заліза та написаного коду. Якщо в майбутньому виникне потреба додати контроль протікання води, датчики освітленості або модулі для керування реле, їх можна буде підключити до вільних пінів Arduino UNO або об'єднати на спільних шинах зв'язку з іншими сенсорами. Гнучкість платформи дає розробнику повну свободу дій, перетворюючи базовий набір мікросхем на надійний та автономний комплекс захисту, який повністю підлаштований під специфічні потреби конкретного приміщення.

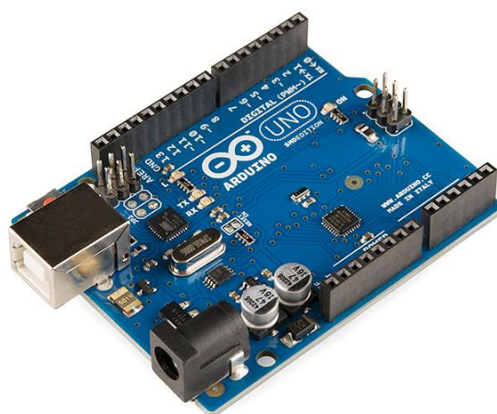


Рисунок 2.1 – Плата Arduino Uno [44]

Обмін даними з іншими модулями в Arduino організовано через універсальний асинхронний приймач передавач UART. Цей інтерфейс вважається базовим для передачі інформації і дозволяє гнучко підбирати швидкість цифрового сигналу, яка зазвичай вимірюється в бодах, наприклад дев'ять тисяч шістьсот або сто чотирнадцять тисяч двісті бод. Швидкість з обох сторін має бути однаковою, інакше замість зрозумілих даних у моніторі порту з'являться звичайні ієрогліфи чи випадкові символи. Завдяки такому інтерфейсу мікроконтролер може працювати з великою кількістю різного обладнання,

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

починаючи від простих GPS приймачів і закінчуючи складними бездротовими модулями чи навіть іншими платами. Порт UART задіює два контакти, а саме RX для приймання та TX для відправки, що забезпечує повнодуплексний режим, коли прийом і передача даних відбуваються одночасно. Важливо пам'ятати, що при підключенні іншого пристрою контакти треба перехрещувати, тобто вихід TX однієї плати з'єднувати з входом RX іншої, і обов'язково об'єднувати їхні лінії заземлення, щоб у сигналів був спільний рівень відліку напруги.

Для спрощення розробки плату можна підключити до комп'ютера звичайним USB кабелем, який одночасно служить і для прошивки, і для живлення всього макета під час налаштування. Оскільки на ній встановлена спеціальна мікросхема конвертер, операційна система розпізнає підключення як віртуальний послідовний COM порт. Це суттєво полегшує написання коду та пошук помилок, адже система працює одразу на стандартних драйверах без складних налаштувань. За допомогою вбудованого інструменту в середовищі розробки можна в реальному часі виводити текстові повідомлення чи значення з датчиків прямо на екран монітора. Корисною властивістю такої схеми є функція автоматичного скидання, тому під час відкриття порту на комп'ютері контролер перезапускається сам, що дозволяє завантажувати нову прошивку без натискання фізичної кнопки на платі. Це економить час, коли код доводиться переписувати і тестувати десятки разів підряд.

Питання безпеки при розробці Arduino також врахували, оскільки плата створена для експериментів, де часто трапляються помилки. Щоб випадково не зіпсувати комп'ютер чи саму плату, на ній розпаяні спеціальні багаторазові полізапобіжники. Вони захищають USB порт комп'ютера від надмірного струму або випадкових замикань у зібраній схемі. Коли споживання струму перевищує безпечну межу п'ятсот міліампер, такий запобіжник сильно нагрівається і різко збільшує свій опір, що фактично розмикає ланцюг. Після того як користувач знайде помилку в схемі і відключить живлення, запобіжник остигає і сам відновлює роботу. Це допомагає зберегти дорогу техніку цілою при випадкових

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

помилках під час монтажу проводів або при підключенні занадто потужних приладів, які намагаються взяти більше енергії, ніж може дати комп'ютер.

Окрім захисту від високого струму, елементи живлення мають діоди для захисту від переполювання полярності, коли плюс випадково підключають до мінуса. Це дуже важливо, коли проект працює в автономному режимі від зовнішніх акумуляторів, батарейок типу крона або блоків живлення через кругле гніздо DC. Наявність інтегрованого лінійного стабілізатора дозволяє подавати на плату напругу в досить широких межах від 7 до 12 В. Стабілізатор самостійно вирівнює цю напругу до чітких 5 В або 3.3 В, які необхідні для живлення внутрішніх мікросхем та підключених датчиків. При цьому треба враховувати, що вся зайва напруга перетворюється на тепло, тому при подачі максимальних 12 В і підключенні багатьох датчиків стабілізатор може сильно грітися, і для довгої роботи краще тримати вхідну напругу в районі 9 В.

Така продумана побудова плати робить її надійною основою для створення прототипів розумного будинку. Навіть у масштабних проектах із багатьма виконавчими пристроями апаратна частина Arduino надійно захищає центральний процесор від перешкод і стрибків напруги, які зазвичай виникають під час роботи реле або електродвигунів.

На додачу до цього, на платі розпаяні спеціальні фільтруючі електролітичні та керамічні конденсатори, які згладжують дрібні коливання і шуми в лініях живлення. Вони працюють як маленькі тимчасові резервуари з енергією, що віддають свій заряд у моменти, коли підключені модулі чи датчики різко збільшують споживання струму, наприклад, під час активної передачі пакетів через мережеву плату. Це допомагає уникнути раптових просідань напруги, через які мікроконтролер міг би просто перезавантажитися або зависнути в самий невідповідний момент. Завдяки такій подвійній системі, що поєднує стабілізацію та фільтрацію, плата забезпечує ідеальну якість живлення для всієї підключеної периферії, що гарантує цілодобову і безперебійну роботу системи моніторингу за будь-яких умов.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

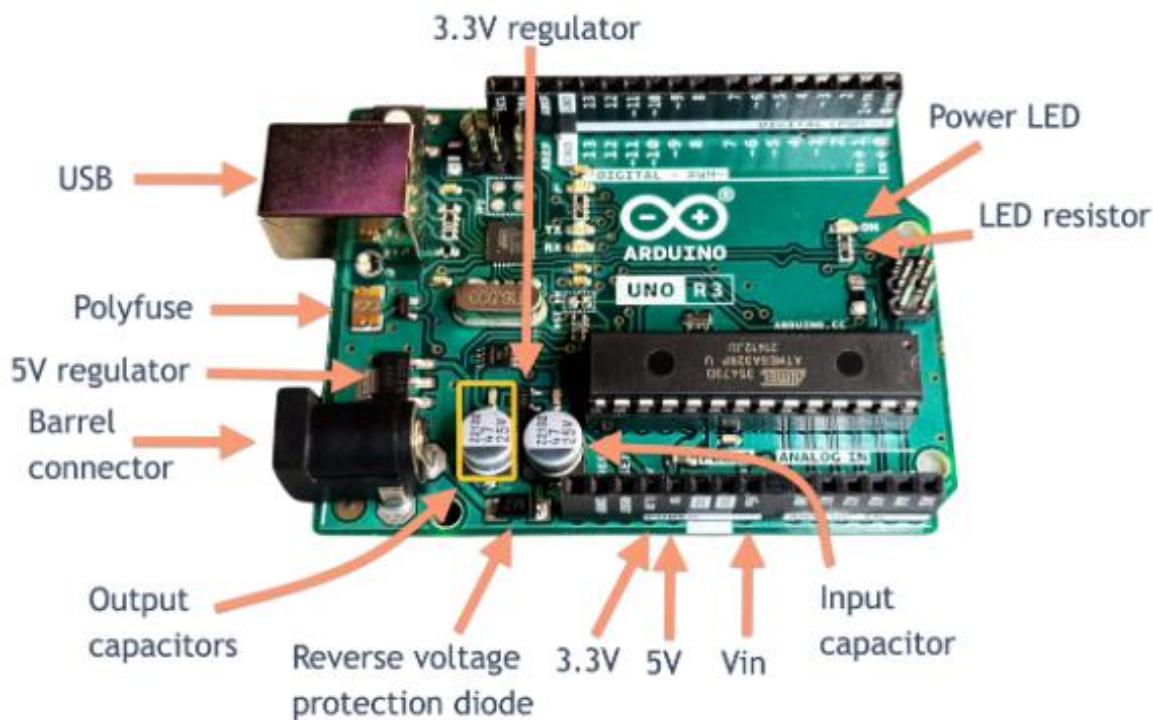


Рисунок 2.2 – Елементи живлення мікроконтролера Arduino Uno [45]

Допустимі межі напруги для підключення зовнішнього джерела становлять від 6 до 20 В. Проте варто мати на увазі, що коли вхідна напруга падає нижче 7 В, стабілізатор на п'ятивольтовому виводі плати теж видає менше, а це може викликати помилки та нестабільну роботу пристрою, оскільки чутливі цифрові мікросхеми та підключені сенсори не зможуть правильно розпізнавати логічні рівні сигналів. З іншого боку, якщо подати напругу вище 12 В, інтегрований лінійний регулятор почне сильно перегріватися, намагаючись скинути зайву потужність у вигляді тепла, що може призвести до його теплового пробою та повного виходу з ладу всієї плати.

Щоб уся система працювала надійно і без збоїв, краще використовувати блоки живлення в діапазоні від 7 до 12 В, що є золотою серединою для безпечного та ефективного розподілу енергії всередині макета. Усі головні технічні параметри цього контролера можна подивитися у зведеній таблиці характеристик на рисунку 2.3. При виборі джерела живлення також важливо дивитися на максимальний струм, який воно здатне видати, адже крім самої плати Arduino UNO енергію споживають мережевий модуль та численні датчики.

Для нашого комплексу звичайного китайського телефонного зарядного пристрою може не вистачити, тому ідеальним варіантом є використання стабілізованого імпульсного блока живлення на 9 В із запасом по струму хоча б в один або два амperi.

При розробці автономних вузлів розумного будинку, які встановлюються у важкодоступних місцях, часто постає питання використання акумуляторних батарей або звичайних збірок з елементів типу вісімнадцять шістьдесят п'ять. Підключення такого живлення здійснюється через спеціальний круглий роз'єм на платі або через виводи з позначками Vin та заземлення. Наявність кількох варіантів подачі енергії робить плату дуже універсальною для побудови портативних приладів. Головне при монтажі своїми руками випадково не переплутати проводи та не подати високу напругу в обхід вбудованого стабілізатора прямо на контакти 5 В або 3.3 В, оскільки це миттєво спалить центральний процесор без можливості його відновлення. Також корисно передбачити встановлення окремого механічного вимикача на лінії живлення від акумуляторів, щоб можна було швидко знеструмити весь комплекс для безпечного оновлення деталей або перевірки контактів. Це суттєво спрощує обслуговування системи у зборі, оскільки розробнику не доведеться щоразу витягувати дроти з роз'ємів чи розбирати захисний корпус пристрою під час поточних налаштувань.

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 специфікації та експлуатаційні параметри контролера

2.2 Модуль мережевого зв'язку Ethernet Shield W5100

Цей модуль побудований на базі чіпа Wiznet W5100 і дозволяє підключати плати Arduino UNO або Mega до локальної мережі та інтернету, використовуючи стандартні бібліотеки із середовища розробки. Зовнішній вигляд цієї плати розширення показано на рисунку 2.4. Пристрій може працювати як сервер або як клієнт, при цьому він здатний підтримувати до чотирьох одночасних з'єднань через протоколи TCP або UDP. Обмін даними з головним контролером іде через інтерфейс SPI. Також на платі є слот під карту microSD, що дає можливість зберігати та обробляти великі обсяги інформації, наприклад, записувати туди текстові логи роботи або зберігати файли для простої веб-сторінки. Головна перевага цього чіпа полягає в тому, що весь мережевий стек, включаючи обробку IP-адрес, пакетів та підтверджень, зашитий прямо всередині самої мікросхеми. Це дозволяє сильно звільнити оперативну пам'ять головного контролера Arduino, якої в моделі UNO і так не дуже багато.

Для зв'язку з мікросхемою W5100 та картою пам'яті використовується шина SPI, яка підключається через апаратний роз'єм ICSP. На платі Uno під це діло задіюються контакти 10, 11, 12 та 13, а на платі Mega потрібні пини 50, 51 і 52. Треба пам'ятати, що вивід 10 завжди зайнятий під керування мережевим чіпом, а вивід 4 відповідає за роботу з картою пам'яті, тому чіпати їх для інших цілей не можна. Крім того, на Arduino Mega контакт 53 обов'язково треба перевести в режим виходу, щоб уся шина SPI працювала правильно. На самому модулі також розпаяно цілу групу світлодіодних індикаторів, які допомагають візуально зрозуміти, що зараз відбувається з мережею. Вони показують наявність живлення, стан підключення кабелю, мигають під час передачі чи прийому пакетів, а також сигналізують про швидкість роботи мережі, яка для цього чіпа становить десять або сто мегабіт за секунду.

Під час практичної збірки цей модуль просто вставляється зверху на плату Arduino UNO за принципом бутерброда, що дозволяє обійтися без зайвих дротів. При цьому важливо стежити за живленням всієї конструкції, оскільки мережевий

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

чіп споживає досить багато струму, особливо під час активної передачі даних через кабель. Якщо підключити плату тільки від слабкого USB-порту старого ноутбука, то модуль може почати перезавантажуватися або втрачати мережеві пакети. Для стабільної роботи краще відразу подавати додаткове живлення через круглий роз'єм DC від блоку на дев'ять вольт, щоб вбудований стабілізатор міг видати потрібний струм для обох плат і підключених датчиків. Вбудований трансформаторний вузол усередині цього роз'єму захищає чутливі цифрові ланцюги мікроконтролера від можливих стрибків напруги в мережевому кабелі. Перед початком роботи в коді програми обов'язково потрібно прописати унікальну фізичну MAC-адресу та правильну IP-адресу, яка не зайнята іншими пристроями в домашній мережі. Зазвичай для цього використовують функцію автоматичного отримання налаштувань через протокол DHCP, що дозволяє платі самостійно забрати потрібні параметри у роутера одразу після включення живлення.



Рисунок 2.4 – Візуальна будова та архітектура Ethernet Shield [46]

Оскільки мікросхема W5100 та карта пам'яті підключені до однієї шини SPI, одночасно працювати вони не можуть і активним у конкретний момент часу буває лише один пристрій. Правильно ділити доступ між ними допомагають готові програмні бібліотеки у самому коді.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

На платі встановлено звичайний мережевий порт Ethernet стандарту RJ45. Кнопка Reset, яка є на модулі, при натисканні одночасно перезапускає як сам мережевий щит, так і головну плату Arduino.

Для контролю за роботою пристрою на ньому є набір світлодіодів:

- PWR показує, що на плату приходить живлення;
- LINK загоряється, коли є стабільне підключення до мережі та йде активність;
- FULLD світиться при роботі у повнодуплексному режимі;
- 100M підтверджує, що швидкість з'єднання становить 100 Мбіт на секунду;
- RX та TX моргають, коли пристрій приймає або відправляє пакети з даними;
- COLL попереджає про появу колізій під час передачі інформації.

Якщо потрібно налаштувати складніші варіанти роботи, на платі є спеціальні контакти INT. Вони дозволяють кидати сигнали переривань від чіпа W5100 на другий цифровий пін Arduino. Щоправда, стандартна бібліотека Ethernet цю фішку зазвичай ігнорує і працює без неї.

2.3 Інструменти гарантування безпеки в IoT-системі

Питання безпеки вважається однією з найголовніших функцій для сучасної розумної оселі. Створена система дає можливість автоматично стежити за кімнатами, щоб вчасно помітити пожежу чи появу сторонніх людей. Спільне використання датчиків диму, газу та руху разом із сиреною дозволяє повністю контролювати ситуацію за допомогою платформи Arduino.

Щоб фіксувати появу людей у приміщенні, я додав до проекту інфрачервоний визначник HC SR501. Він вловлює теплове випромінювання від людського тіла та одразу відправляє сигнал на головну плату контролера. Підключається цей модуль дуже просто за допомогою трьох звичайних контактів.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Як можна побачити на рисунку 2.5, у цього сенсора можна вручну підкручувати дальність роботи приблизно до 7 метрів. Працює він від напруги 5 В, а інформацію видає по цифровому каналу. Сама логіка роботи побудована на перемиканні напруги, де стабільні 3.3 В у режимі очікування падають до нульового рівня 0 В, як тільки датчик помічає рух.



Рисунок 2.5 – Інфрачервоний детектор присутності моделі HC–SR501 [47]

Класною перевагою цього модуля є те, що він має два основні режими роботи, які можна перемикати за допомогою спеціального джампера. Якщо поставити його в положення Н, тобто в режим повторного спрацювання, то високий рівень напруги на виході буде триматися весь час, поки в кімнаті хтось рухається. Це дуже зручно для автоматичного керування світлом або коли потрібно довго записувати відео. У положенні L, що означає одиночне спрацювання, датчик видасть імпульс лише один раз при виявленні людини, а потім сигнал одразу впаде до нуля, навіть якщо рух продовжується. Такий варіант краще підходить для лічильників проходу або систем, які реагують суто на сам момент появи об'єкта.

Підлаштувати модуль під свої потреби можна за допомогою двох маленьких регуляторів, які знаходяться на зворотному боці плати. Першим потенціометром можна виставити відстань виявлення в межах від 3 до 7 метрів, щоб датчик чітко працював під розміри конкретної кімнати. Другий регулятор відповідає за час, протягом якого сигнал залишатиметься високим після того, як

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рух повністю припинився, і цей інтервал можна налаштувати від кількох секунд до кількох хвилин.

Сама функція автоматичного виявлення працює за простим правилом: як тільки людина заходить у зону видимості, на виході миттєво з'являється високий рівень. Коли об'єкт іде геть, сигнал падає до нуля, але з урахуванням тієї затримки, яку виставили регулятором. Крім того, на платі є готові контакти, куди можна припаяти фоторезистор для контролю освітленості. Тоді датчик почне вмикатися тільки в темряві, що допоможе непогано економити електрику.

Також варто згадати про функцію блокування сигналу, її ще називають часом очікування. За замовчуванням після кожного спрацювання датчик бере паузу приблизно на 2.5 секунди. Протягом цього короткого часу він взагалі не реагує на жодні рухи навколо. Це зроблено для того, щоб прибрати випадкові помилкові спрацювання через завади чи стрибки напруги, які виникають при увімкненні інших приладів, наприклад, тих самих реле. Якщо проект складний, цей час можна змінити, але для цього доведеться перепаювати дрібні деталі біля головної мікросхеми.

Пристрій дуже економно витрачає енергію. Оскільки в режимі спокою він споживає зовсім мало струму, десь до 50 мікроампер, його можна спокійно ставити в автономні прилади, які живляться від звичайних батарейок. Датчик може працювати від напруги в широких межах від 4.5 до 20 В, тому він підходить для більшості саморобних пристроїв. Сигнал на виході має амплітуду 3.3 В, завдяки чому його можна підключати до вхідних контактів Arduino напряму без будь яких додаткових перехідників чи резисторів.

До того ж у модулі є вбудована схема компенсації температури. Оскільки сенсор працює за рахунок інфрачервоного тепла, зміна погоди чи температури в кімнаті може впливати на його чутливість. Спеціальні внутрішні механізми коригують роботу пристрою, тому дальність виявлення залишається стабільною навіть при коливаннях тепла навколо.

Усі основні технічні дані про можливості цього сенсора зібрані нижче в таблиці 2.1.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технічні параметри модуля HC–SR501

Напруга живлення	від 4.5 до 20 В
Струм споживання	менше 50 мкА
Вихідний сигнал	3.3 В
Дистанція виявлення	від 3 до 7 метрів
Кут огляду сенсора	менше 120–140 градусів
Час затримки сигналу	від 5 до 300 секунд
Час блокування	2.5 секунди
Робоча температура	від -15 до +70 градусів

2.4 Модулі контролю газового середовища

Підтримання здорового та безпечного мікроклімату в кімнатах є однією з головних задач для сучасної автоматизації. Завдяки підключенню розумних сенсорів можна не просто постійно стежити за складом повітря, а й забезпечити швидку реакцію всієї системи на появу шкідливих домішок, що сильно підвищує безпеку для людей.

Головним елементом для аналізу повітря у цьому проекті є напівпровідниковий датчик моделі MQ2. Такий модуль часто беруть для систем моніторингу екології в будинках та офісах. Його універсальність у тому, що він уміє розпізнавати багато різних речовин, серед яких є аміак NH₃, оксиди азоту NO_x, спиртові пари, бензол, а також вуглекислий газ і різні типи диму.

Сама робота датчика побудована на використанні спеціального чутливого шару з діоксиду олова SnO₂. Коли навколо чисте повітря, цей матеріал має погану провідність, але як тільки з'являються гази відновники, опір сенсора починає пропорційно змінюватися залежно від кількості домішок. Така фішка дозволяє забирати дані у двох варіантах: по цифровому каналу, де видається

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

логічний сигнал при перевищенні встановленої межі, та по аналоговому, який дає точне значення напруги для подальшого розрахунку концентрації.

Обов'язковою частиною конструкції MQ2 є внутрішній нагрівач. Він потрібен для того, щоб розігріти чутливий шар до робочої температури, при якій усі хімічні реакції йдуть максимально правильно. Саме через це після увімкнення живлення датчику треба трохи часу, щоб його показання стабілізувалися. На самій платі модуля зазвичай стоїть маленький регулятор, яким можна вручну підлаштувати чутливість під конкретні умови в приміщенні.

Завдяки швидкій реакції на появу газів та великому терміну служби, модуль MQ2 є хорошим рішенням для автоматичного запуску витяжки або увімкнення сирени при задимленні чи витокі газу. Його дуже просто підключити до плати Arduino, бо він споживає небагато енергії та працює від звичної напруги 5 В.



Рисунок 2.6 – Інтерфейси та форм-фактор модуля MQ-2 [48]

Внутрішня структура та компоненти сенсора MQ2 Побудова датчика, яка показана на рисунку 2.7 у варіантах конфігурації А або В, базується на поєднанні хімічних та термічних елементів. Основою цього пристрою є порожниста

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керамічна трубка, зроблена з якісного оксиду алюмінію Al_2O_3 , що працює як термостійкий каркас. На її поверхню нанесено тонкий шар діоксиду олова SnO_2 , який і є головним рецептором для виявлення горючих газів та диму. Вся вимірювальна система, куди входять електроди та нагрівач, захована в захисний пластиковий корпус, що оберігає тендітні елементи від механічних пошкоджень та пилу. Для безпеки та фільтрації повітря внутрішні деталі закриті дрібною сіткою з нержавіючої сталі, яка додатково працює як іскрогасник, щоб внутрішній нагрівальний елемент не став причиною займання при вимірюванні концентрації вибухонебезпечних газів.

У середині керамічної трубки проходить спеціальна спіраль розжарювання, виготовлена з ніхромового або платинового сплаву. Цей підігрівач потрібен для того, щоб підняти температуру чутливого шару діоксиду олова до робочого рівня, який зазвичай становить близько трьохсот або чотирьохсот градусів Цельсія. Саме при такій високій температурі хімічні процеси на поверхні датчика починають протікати дуже активно, і чутливий шар набуває здатності вступати в реакцію з молекулами газу з навколишнього середовища. Коли повітря чисте, кисень з атмосфери осідає на поверхні сенсора і зв'язує вільні електрони всередині діоксиду олова, через що електричний опір матеріалу залишається дуже високим, і струм через датчик майже не тече.

Як тільки в кімнаті з'являється дим, пропан, бутан або інші горючі гази, їхні молекули починають взаємодіяти з осілим киснем і вступають у реакцію відновлення. В результаті цього процесу зв'язані електрони повертаються назад у провідний шар діоксиду олова, і опір датчика різко падає, причому падіння опору відбувається тим сильніше, чим більша концентрація газу в повітрі. Спеціальні золоті або платинові електроди, підключені до країв чутливого напилення, фіксують цю зміну опору і передають сигнал далі на плату модуля, де він перетворюється на зрозумілу для Arduino аналогову напругу. На практиці для коректної роботи цього сенсора після включення живлення потрібно почекати кілька хвилин, поки нагрівальний елемент повністю вийде на

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

стабільний температурний режим, інакше початкові показання будуть сильно спотворені.

Для практичного використання у проектах автоматизації цей сенсор зазвичай встановлюють на спеціальну невелику плату модуль, яка значно спрощує його підключення до Arduino. На такій платі, крім самого чутливого елемента, розпаяно кілька важливих компонентів, серед яких є невеликий підлаштовувальний резистор потенціометр. Обертаючи його викруткою, користувач може самостійно налаштувати чутливість пристрою під конкретні умови кімнати, щоб плата чітко спрацьовувала на появу диму, але при цьому не видавала хибних тривог через звичайні побутові випаровування чи пил. Крім того, на модулі є два виходи, один з яких видає змінну аналогову напругу для точного вимірювання концентрації, а інший працює як цифровий перемикач, що видає логічну одиницю при перевищенні встановленої межі небезпеки.

Важливим моментом при експлуатації датчика серії MQ2 є його високе споживання енергії, яке зумовлене постійною роботою внутрішнього нагрівального елемента. Оскільки спіраль розжарювання працює безперервно для підтримки високої температури керамічної трубки, датчик помітно нагрівається під час роботи, що є абсолютно нормальним процесом для приладів такого типу. Через такий режим роботи сенсор споживає струм близько ста п'ятдесяти міліампер, тому при підключенні кількох подібних пристроїв до однієї плати Arduino UNO внутрішній стабілізатор мікроконтролера може почати перегріватися. Щоб уникнути збоїв у програмі та нестабільної роботи всієї системи розумного будинку, живлення для нагрівачів газових датчиків рекомендується подавати від окремого джерела або потужного блока живлення, об'єднавши лише загальні проводи заземлення для правильної передачі сигналу.

Також варто враховувати таке явище як початковий прогрів або кондиціонування датчика перед першим запуском у роботу після довгої паузи. Якщо сенсор довго лежав без діла, його чутливий шар вбирає вологу та різні домішки з навколишнього повітря, тому при першому включенні його показання будуть дуже сильно завищені, а цифровий вихід може постійно сигналізувати

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

про безпеку. Для очищення хімічного напилення та виходу на заводську точність прилад необхідно залишити включеним у чистому повітрі приблизно на двадцять чотири години. У подальшому при постійній роботі системи розумного будинку цей час скорочується до кількох хвилин після кожного перезапуску живлення, що дозволяє використовувати плату як надійний інструмент для цілодобового моніторингу пожежної безпеки та витoku газу в житлових приміщеннях.

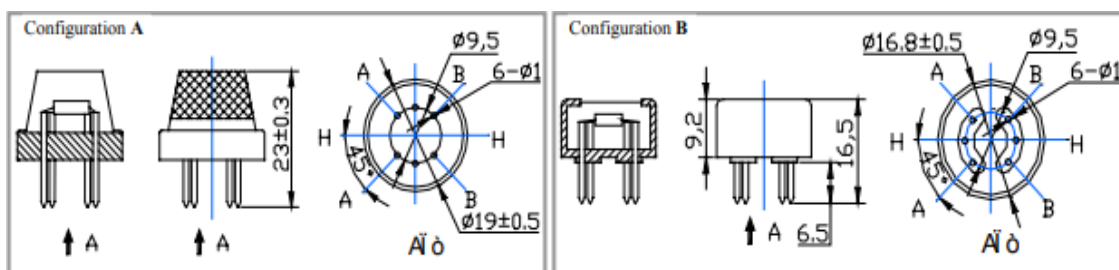


Рисунок 2.7 – Варіанти налаштування модуля MQ-2 [49]

Повноцінне спостереження за станом повітря неможливе без точного визначення температурних показників. У цьому проекті для вирішення такої задачі я вибрав цифровий термометр моделі DS18B20, зовнішній вигляд якого показано на рисунку 2.8. Цей датчик виділяється високою точністю та використанням протоколу 1-Wire, що дозволяє відправляти дані на контролер Arduino за допомогою всього одного сигнального дроту. Це сильно спрощує збірку схеми, особливо коли потрібно підключити кілька точок вимірювання одночасно.

Додатковим плюсом обраного модуля є його здатність чітко працювати при передачі сигналу на великі відстані. На відміну від аналогових датчиків, де падіння напруги в довгих кабелях викликає великі похибки, цифровий протокол DS18B20 забезпечує передачу цілого пакету даних без жодних викривлень. Це дозволяє ставити сенсори у віддалених кімнатах або взагалі на вулиці для моніторингу зовнішньої температури, використовуючи звичайну кручену пару.

У програмній частині система використовує унікальні 64-бітні адреси кожного датчика. Завдяки цьому контролер може звертатися до конкретного

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

пристрою на спільній шині, що дуже важливо для багаторівневих систем безпеки розумного будинку. Крім того, датчик має функцію тривожного пошуку Alarm Search, яка дозволяє мікроконтролеру миттєво визначити, який саме сенсор помітив вихід температури за встановлені користувачем безпечні межі.

Така гнучкість у роботі з даними доповнюється ще й дуже зручною апаратною особливістю, а саме можливістю вибору режиму живлення приладу під час його монтажу. Датчик може стабільно працювати від стандартної трипровідної схеми з окремою лінією живлення на п'ять вольт, або переходити в так званий режим паразитного живлення. У другому варіанті сенсор бере необхідну для роботи енергію безпосередньо з інформаційної лінії зв'язку в моменти, коли на ній тримається високий логічний рівень. Це дозволяє скоротити кількість дротів до двох, сигнального та заземлення, що серйозно економить кошти при прокладці кабельних трас по всьому будинку та спрощує загальну топологію друкованої плати.

Для правильного узгодження сигналів і коректної роботи всієї шини 1-Wire схема підключення обов'язково потребує встановлення всього одного зовнішнього підтягуючого резистора номіналом 4.7 кОм. Цей резистор ставиться між лінією даних та шиною живлення п'ять вольт і потрібен для того, щоб швидко повертати інформаційний провід у високий стан після того, як мікроконтролер або сам датчик заземлюють його під час передачі бітів коду. Без такого резистора ємність навіть короткого кабелю не дозволить сигналам вчасно підніматися до потрібного рівня, через що Arduino просто не зможе розпізнати відповіді від термометра і почне видавати помилки ініціалізації у вікно відладки.

Програмна інтеграція цього сенсора в загальну логіку нашого розумного будинку реалізована через перевірені часом готові бібліотеки, які повністю звільняють головний процесор від ручного розрахунку мікросекундних затримок протоколу. Після зчитування поточного цифрового значення програма порівнює його з межами комфорту, і якщо фіксується перегрів або, навпаки, критичне охолодження кімнати, Arduino UNO не просто змінює внутрішній прапорець, а запускає автоматичний сценарій протидії. Через мережевий модуль Shield

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

інформація про температурний стрибок миттєво відправляється власнику в Telegram, що дозволяє вчасно помітити поломку системи опалення або залишені відкритими взимку вікна ще до того, як це призведе до серйозних наслідків.

Надійність роботи DS18B20 також підтверджується низьким споживанням енергії та можливістю роботи в режимі так званого паразитного живлення. У цьому стані датчик бере енергію прямо з лінії даних, що дозволяє зменшити кількість монтажних дротів до двох. Таке рішення не просто здешевлює процес збірки системи, а й робить її більш компактною та акуратною, що важливо при облаштуванні житлових кімнат.

Варто також додати, що корпус датчика добре проводить тепло, тому він має низьку інерційність вимірювань. Це означає, що система керування кліматом зможе швидко реагувати на раптові зміни температури, наприклад, якщо відкрили вікно або десь перегрілися електроприлади, підтримуючи комфортні умови в реальному часі. Така висока швидкість реакції досягається завдяки використанню захисної гільзи з нержавіючої сталі, яка не тільки захищає внутрішню мікросхему від вологи та бруду, але й чудово передає теплову енергію навколишнього повітря. Оскільки датчик видає вже готовий цифровий сигнал у градусах Цельсія, контролеру не потрібно витрачати час на складні математичні перерахунки або калібрування аналогових значень.

Це дозволяє програмі проводити опитування датчика з мінімальними затримками, що повністю виключає появу помилкових або запізнених команд для підключених приладів опалення чи вентиляції. Крім того, завдяки цифровій передачі даних, система залишається абсолютно стійкою до довжини проводів, тому такий захищений сенсор можна сміливо виносити на значну відстань від центрального блока, наприклад, на вулицю або в підвальні приміщення, не хвилюючись про втрату точності показань.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

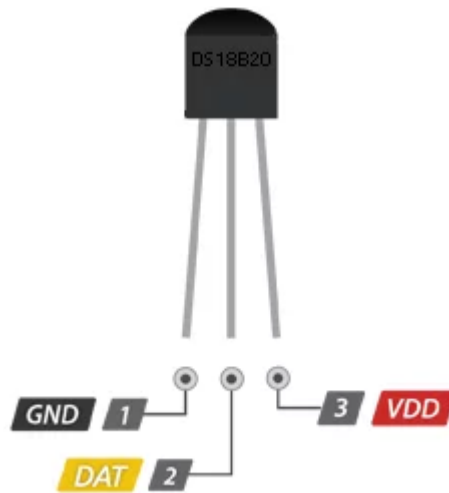


Рисунок 2.8 – Прецизійний температурний сенсор DS18B20 [50]

Цифровий датчик температури DS18B20 є одним із найпопулярніших рішень для точного моніторингу теплового стану середовища. Його головною технічною перевагою є здатність працювати в складних умовах, адже вимірювальний діапазон охоплює значення від мінус 55 до плюс 125 градусів Цельсія. Особливістю побудови пристрою є те, що результати вимірювань видаються у вигляді готового цифрового коду. Це означає, що мікроконтролеру не потрібно робити додаткові обчислення для переведення напруги в градуси Цельсія, що непогано економить пам'ять та обчислювальну потужність Arduino.

Розробник може програмно керувати роздільною здатністю вбудованого аналого-цифрового перетворювача, обираючи глибину кодування від 9 до 12 біт. Вибір максимальної розрядності в 12 біт забезпечує високу точність вимірювання з кроком у 0.0625 градуса, проте потребує більше часу на обробку сигналу, приблизно 750 мілісекунд. У ситуаціях, де важлива швидкість реакції, точність можна знизити, що скоротить час перетворення. Висока якість датчика підтверджується тим, що в найбільш важливому для житлових кімнат діапазоні від мінус 10 до плюс 85 градусів абсолютна похибка вимірювань не перевищує 0.5 градуса Цельсія.

Сенсор має власну енергонезалежну пам'ять EEPROM, яка дозволяє прописувати індивідуальні порогові значення температури, тобто верхню та нижню межу. У разі виходу показників за ці рамки, датчик активує вбудований

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

логічний механізм тривоги. Така функція швидкого сповіщення дозволяє головному контролеру миттєво знайти проблемну зону в мережі без необхідності послідовно опитувати кожен пристрій, що значно прискорює роботу всієї системи безпеки розумного будинку.

Завдяки використанню протоколу 1-Wire, термометру потрібен лише один сигнальний дріт для обміну даними. Кожен екземпляр DS18B20 має свій власний, унікальний 64-розрядний серійний номер, зашitiesь ще на заводі. Це дає можливість паралельного підключення великої кількості датчиків до однієї лінії зв'язку. Така топологія шини чудово підходить для проектів, де необхідно контролювати температуру в різних кімнатах, займаючи лише один вхідний пін контролера.

Для правильної передачі даних за цим протоколом схема потребує встановлення зовнішнього підтягуючого резистора номіналом 4.7 кОм між лінією даних та живленням. Прилад є досить гнучким у питаннях живлення, оскільки він може працювати як від звичайного джерела з напругою від 3.0 до 5.5 В, так і в режимі так званого паразитного живлення. У другому випадку датчик бере енергію прямо з інформаційної лінії під час пауз у передачі даних, що дозволяє реалізувати підключення за допомогою всього двох дротів, сигнального та заземлення.

Додатково варто зазначити, що на відміну від аналогових терморезисторів, цей цифровий пристрій повністю захищений від падіння напруги на довгих дротах. Оскільки всі дані передаються у вигляді строгого цифрового коду, значення температури залишиться правильним і точним, навіть якщо датчик знаходиться на відстані кількох десятків метрів від центрального блока керування. Це робить його надійним вибором для великих об'єктів, де сенсори рознесені по різних поверхах або винесені на вулицю.

Також варто додати, що корпус датчика добре проводить тепло, тому він має низьку інерційність вимірювань. Це означає, що система керування кліматом зможе швидко реагувати на раптові зміни температури, наприклад, якщо відкрили вікно або десь перегрілися електроприлади, підтримуючи комфортні

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умови в реальному часі. Така висока швидкість реакції досягається завдяки використанню захисної гільзи з нержавіючої сталі, яка не тільки захищає внутрішню мікросхему від вологи та бруду, але й чудово передає теплову енергію навколишнього повітря. Програмі контролера досить просто звернутися за унікальним номером конкретного датчика, щоб відразу отримати актуальну інформацію без ризику сплутати пристрої між собою. Це дозволяє створювати дуже гнучкі розгалужені мережі моніторингу клімату, де кожен куточок будинку буде під надійним контролем, а додавання нового термометра в систему вимагатиме лише мінімальних правок у кодї програми.

З точки зору програмування, для роботи з цим термометром у середовищі розробки Arduino зазвичай використовують готові бібліотеки, які беруть на залізо весь складний процес формування часових інтервалів протоколу однієї лінії. Оскільки шина потребує дуже точного дотримання часових затримок на рівні мікросекунд, самостійне написання такого коду могло б призвести до частих збоїв при виконанні інших завдань мікроконтролером. Використання перевіреного програмного забезпечення дозволяє розробнику викликати всього дві або три прості команди для ініціалізації датчика, запуску процесу вимірювання та зчитування фінального результату. Це спрощує структуру основного скетчу та звільняє час для обробки логіки роботи інших вузлів розумного будинку, наприклад, відправки повідомлень у месенджер.

Під час проектування розгалуженої мережі датчиків на великій відстані важливо звернути увагу на правильний вибір кабелю для підключення лінії зв'язку. Звичайна тонка проводка або випадкові з'єднувальні шнури можуть створювати занадто велику ємність та опір, що призведе до спотворення цифрових сигналів та появи помилок при передачі кодів. Найкращим рішенням для прокладки ліній довжиною понад десять метрів є використання стандартного мережевого кабелю крученої пари, де один провід виділяється під дані, а інший з'єднується із землею для створення захисного екрану. Такий підхід допомагає мінімізувати вплив електромагнітних завад від побутової техніки або силових кабелів, які часто прокладаються поруч у стінах житлових приміщень.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремим практичним нюансом при роботі з декількома сенсорами на одній лінії є процедура первинного визначення їхніх унікальних адрес для подальшого роздільного опитування. Для цього розробнику спочатку потрібно завантажити у плату Arduino спеціальну невелику програму сканер, яка послідовно перевіряє шину та виводить знайдені шістдесят чотири бітні коди у монітор послідовного порту комп'ютера. Отримані значення записуються, після чого кожен датчик маркується відповідно до кімнати, де він буде встановлений, а самі адреси вносяться в основну програму керування будинком. Хоча цей процес вимагає певного часу на етапі монтажу та налаштування обладнання, він повністю виключає плутанину при заміні деталей та гарантує, що система завжди буде точно знати, з якого саме куточка будинку прийшли поточні дані.

Надійність та стабільність роботи цього датчика також дозволяють легко інтегрувати його в загальні алгоритми аварійної безпеки житла. Наприклад, якщо сенсор фіксує різке підняття температури вище заданої критичної межі у кімнаті, де вимкнене опалення, головний контролер може розцінити це як ознаку початку пожежі або серйозного перегріву побутової техніки. У такому разі система не просто запише дані у базу локального сервера, а миттєво запустить сценарій тривоги, надішле термінове сповіщення на мобільний телефон власника через налаштованого Telegram-бота та заблокує подачу живлення на небезпечну ділянку. Такий підхід перетворює звичайний вимірювальний прилад на важливий елемент активного захисту майна та життя мешканців будинку.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3 ТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

У цьому розділі показано детальний опис створеного прототипу системи автоматизації житла, який об'єднує в собі комплекс підібраних апаратних засобів. Сюди увійшли архітектурна модель та функціональні діаграми, які ілюструють логіку взаємодії між датчиками, центральним контролером та виконавчими механізмами. Також тут приділено увагу обґрунтуванню вибору програмного стеку: розглянуто переваги обраного середовища розробки (IDE) та специфіку мов програмування, що забезпечують стабільність виконання алгоритмів у режимі реального часу.

3.1 Схеми побудови та принципи роботи модулів системи

На рисунку 3.1 показано архітектуру створеної системи розумного будинку на базі технологій IoT. Ця схема відображає взаємодію всіх елементів комплексу, визначає їхні ролі та описує логіку зв'язків у межах проєкту.

Створене рішення об'єднує інструменти моніторингу та обробки даних із датчиків, пропонуючи користувачеві доступ через веб-інтерфейс та Telegram-бот для отримання сповіщень. Весь технологічний стек ділиться на апаратний, програмний та мережевий рівні, які взаємодіють через Ethernet та централізовану базу даних.

Основою апаратної частини є мікроконтролер Arduino Uno з модулем Ethernet Shield W5100 для підключення до локальної мережі. До системи підключені датчики руху HC-SR501, температури DS18B20 та витоку газу MQ-2. Отримана інформація передається на сервер за допомогою HTTP GET-запитів.

Програмне середовище побудоване на платформі XAMPP. Обробка даних виконується за допомогою PHP-скриптів, а за збереження історії показників відповідає база даних MySQL.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

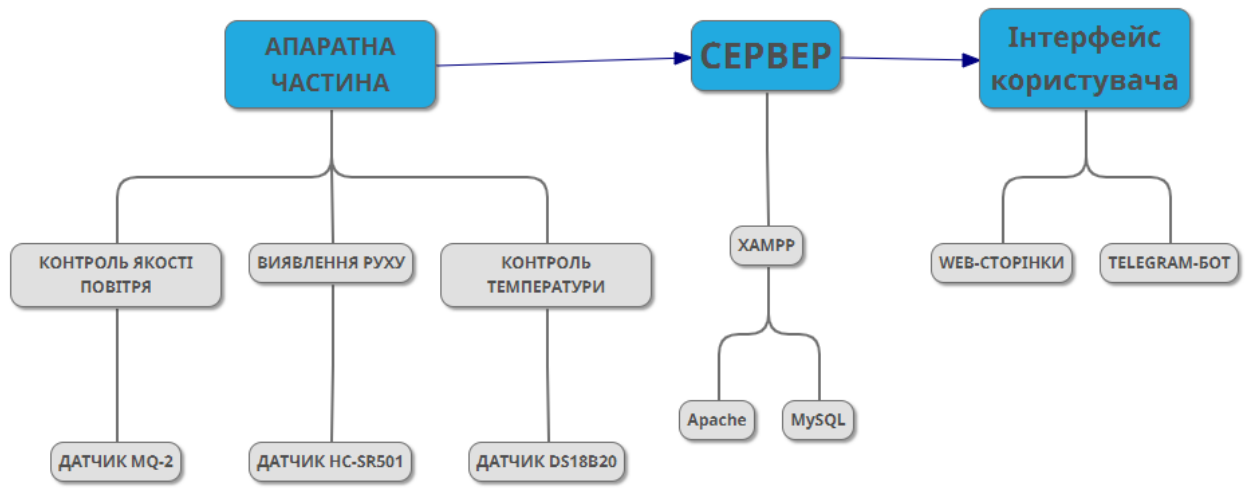


Рисунок 3.1 – Архітектура комплексу смарт-будинку

Через головну вебсторінку користувач може в реальному часі дивитися на показники температури, концентрації газу та активності датчика руху, а також дистанційно налаштовувати роботу сенсора руху. Спеціальний архівний розділ зберігає історію за минулий тиждень і розбиває дані по днях: тут відображаються середні значення, максимальні показники та час фіксації переміщень.

Зв'язок між усіма елементами побудований на протоколі TCP/IP з використанням HTTP-запитів. Arduino з інтервалом в одну секунду відправляє інформацію на сервер, де вона записується в базу даних для подальшого виведення в браузері.

Для миттєвого інформування в систему додано Telegram-бота, розробленого на базі Bot API. Якщо датчик помічає рух або фіксується перевищення безпечних норм газу, сервіс надсилає повідомлення з описом події та точним часом, коли це сталося.

У підсумку комплекс забезпечує повний цикл роботи з даними від зчитування до збереження і дозволяє власнику швидко реагувати на зміни завдяки веб-інтерфейсу та мобільним сповіщенням. Функціональна схема взаємодії всіх вузлів системи показана на рисунку 3.2.

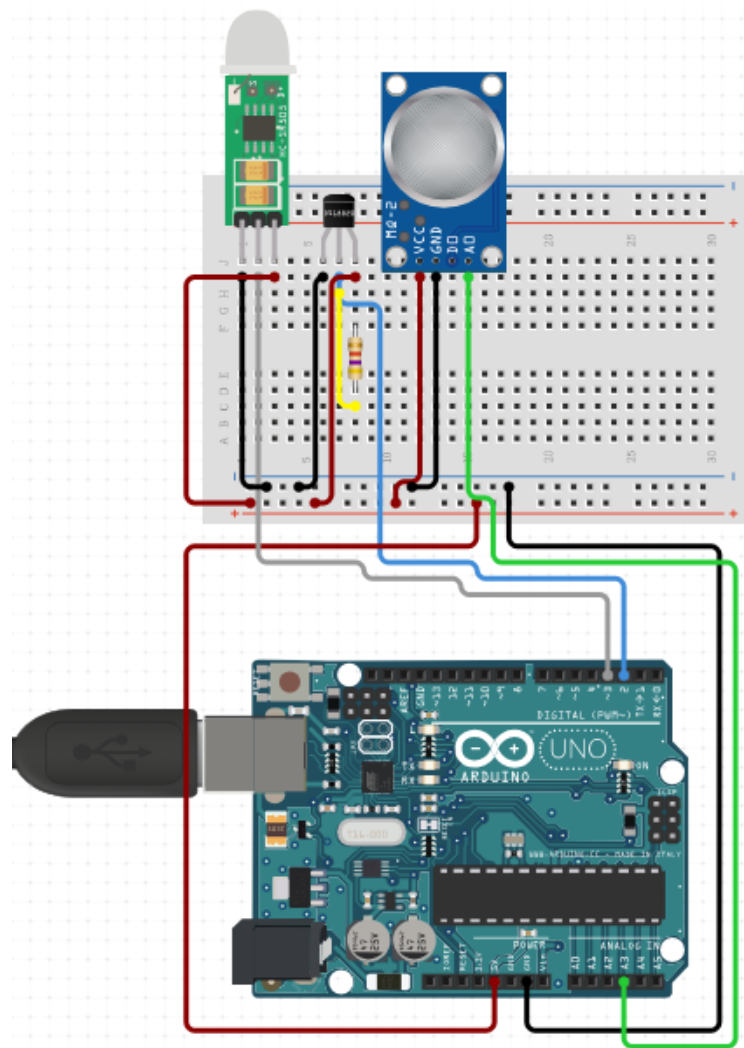


Рисунок 3.2 – Схема функціональних зв'язків вузлів

Стеження за задимленістю реалізовано за допомогою датчика MQ-2, який підключений до аналогового входу A3 на платі Arduino. Живлення цього модуля йде через лінію 5V та контакт заземлення GND.

Для фіксації переміщень у кімнаті використовується PIR-сенсор. Його так само підключено до живлення 5V та заземлення GND, а сигнальний дріт виведено на цифровий пін D2 мікроконтролера.

Температуру в приміщенні вимірює датчик DS18B20. Він отримує живлення від 5V і GND, а дані передає через цифровий вхід D3. Щоб пристрій працював стабільно, між лінією сигналу та живленням 5V встановлено підтягувальний резистор номіналом 10 кОм. Цей вузол дозволяє системі зчитувати точні температурні показники.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Передача інформації на сервер MySQL (через платформу XAMPP) працює завдяки модулю Ethernet Shield. Він взаємодіє з Arduino Uno через інтерфейс SPI, що дає змогу відправляти отримані від датчиків значення для їхнього подальшого збереження в базі даних та аналізу.

3.2 Вибір IDE для роботи з мікроконтролерами Arduino

Процес написання коду та прошивки мікроконтролера Arduino UNO відбувався за допомогою середовища Arduino IDE. Це програмне забезпечення з відкритим кодом дозволяє зручно писати програми та завантажувати їх безпосередньо на плату. Сама IDE є кросплатформною, тобто без проблем працює на Windows, macOS та Linux, і повністю сумісна з усіма пристроями з лінійки Arduino.

Основні переваги Arduino IDE порівняно з іншими варіантами включають:

- кросплатформність;
- доступний та лаконічний інтерфейс;
- наявність інструментів для валідації, збереження та експорту скетчів;
- можливість кастомізації завдяки відкритій архітектурі.

Встановлення середовища розробки з офіційного сайту виробника є цілком зрозумілим і стандартним. Для користувачів операційної системи Windows цей процес максимально спрощений, оскільки система сама налаштовує всі потрібні драйвери для зв'язку з платою.

3.3 Обґрунтування вибору технологічного стека для веб-застосунку та Telegram-бота

Для створення програмної частини проєкту я обрав мови PHP, JavaScript, HTML та CSS. Такий вибір пов'язаний із тим, що я вже мав практичний досвід роботи з цими інструментами. PHP дозволяє швидко робити динамічні сторінки,

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

бо він легко поєднується з HTML-розміткою, і завдяки цьому не потрібно використовувати якісь складні фреймворки.

Серед головних причин на користь PHP його проста логіка та зрозумілий синтаксис. Ця мова показує хорошу ефективність у роботі з серверами Apache та Nginx, які є частиною комплексу XAMPP, і легко взаємодіє з іншими елементами системи, наприклад, з тим самим Telegram-ботом.

Для побудови клієнтської частини використано тріаду технологій:

- HTML формує логічну структуру сторінок;
- CSS відповідає за візуальний стиль та адаптивність інтерфейсу для різних типів пристроїв;
- JavaScript забезпечує інтерактивність та динамічну поведінку елементів.

JavaScript підтримується всіма сучасними браузерами та без проблем взаємодіє з серверною логікою на PHP. Виконання скриптів на стороні клієнта дозволяє помітно зменшити навантаження на сервер. Таке поєднання мов дало мені змогу зосередитися на розробці самого функціоналу і не витратити зайвий час на складні налаштування інфраструктури.

3.4 Конфігурація середовища розробки та інсталяція програмних бібліотек в Arduino IDE

Головним інструментом для написання програм у цьому проєкті є середовище Arduino IDE. Воно дозволяє створювати код, компілювати його та прошивати мікроконтролер. Після відкриття програми треба перевірити, чи є зв'язок із платою Arduino Uno. Щоб усе працювало правильно, в системі встановлюються потрібні драйвери, а в меню Tools (Інструменти) обирається сама модель контролера та активний COM-порт, до якого підключено пристрій.

Важливим кроком є додавання спеціальних бібліотек, які потрібні для роботи з підключеними модулями та датчиками:

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

– Ethernet: необхідна для роботи модуля W5100, що забезпечує вихід пристрою в локальну мережу або інтернет. Інсталяція виконується через Library Manager у вкладці Sketch.

– OneWire та DallasTemperature: цей набір бібліотек потрібен для коректного зчитування даних із термометра DS18B20 за відповідним однопровідним протоколом.

– MQUnifiedsensor: програмний модуль, що полегшує роботу з газовим аналізатором MQ-2, надаючи інструменти для його калібрування та точної інтерпретації показників.

Завдяки автоматизованим процесам поєднання та збірки коду в Arduino IDE, етап налаштування всього середовища стає максимально простим. Це дозволяє не відволікатися на технічні дрібниці, а зосередитися на логіці роботи самої системи.

3.5 Реалізація системи

Написання програми для контролера відбувалося в середовищі Arduino IDE, а сам алгоритм збережено у файлі smartHomeSystem.ino. На самому початку роботи програми запускається імпорт зовнішніх модулів, які потрібні для взаємодії з датчиками та мережею:

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

Наступний шматок коду потрібен для налаштування мережевих параметрів та визначення контактів, до яких підключаються датчики. Тут задаються унікальні ідентифікатори пристрою в локальній мережі та призначаються порти для зчитування сигналів:

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

```

byte devMac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress localIP(192, 168, 1, 94);
IPAddress remoteServer(192, 168, 1, 35);

EthernetClient httpClient;

const int pirSensorPin = 3;
const int ds18b20Pin = 2;
const int gasSensorPin = A3;

OneWire owBus(ds18b20Pin);
DallasTemperature tempSensors(&owBus);

```

Процес запуску апаратних ресурсів та встановлення зв'язку з мережею виконується один раз під час увімкнення системи всередині функції `setup`:

```

void setup() {
  Ethernet.begin(devMac, localIP);
  Serial.begin(9600);

  while (!Serial) { ; }

  pinMode(pirSensorPin, INPUT);
  pinMode(gasSensorPin, INPUT);
  tempSensors.begin();
}

```

Зчитані з датчиків показники передаються до центрального вузла обробки за допомогою HTTP-запитів. Щоб збільшити швидкість роботи та зменшити обсяг трафіку, використовується протокол HTTP/1.1 із підтримкою постійного з'єднання (Keep-Alive). Такий підхід у поєднанні з оптимізованою структурою параметрів дозволяє звести до мінімуму затримки під час обміну даними (лістинг 3.1).

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Лістинг 3.1 — Реалізація клієнтського запиту до сервера:

```
if (httpClient.connect(remoteServer, 80)) {
    httpClient.print("GET /save_data.php?");
    httpClient.print("m="); httpClient.print(motionDetected);
    httpClient.print("&t="); httpClient.print(temperature);
    httpClient.print("&g="); httpClient.print(gasLevel);

    httpClient.println(" HTTP/1.1");
    httpClient.println("Host: 192.168.1.35");
    httpClient.println("Connection: keep-alive");
    httpClient.println();
}
```

3.6 Складові веб-інтерфейсу та серверної частини

Програмна частина вебсервісу написана мовою PHP і взаємодіє з базою даних через кілька окремих файлів:

- index.php - основна сторінка для візуалізації поточного стану системи в онлайн-режимі;
- archive.php - інтерфейс для перегляду та аналізу історичних даних;
- save_data.php - скрипт-обробник, що приймає інформацію безпосередньо від мікроконтролера;
- update_status.php - компонент для динамічного оновлення значень на веб-сторінці;
- send_telegram.php - шлюз для надсилання тривожних сповіщень у месенджер Telegram;
- db_config.php - параметри підключення до сховища даних.

3.6.1 Інформаційне сховище та серверне середовище

Для створення та перевірки роботи програмного комплексу я використав локальне середовище на базі Apache Server. Цей вебсервер вирізняється

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

хорошою стабільністю та продуктивністю, тому він став оптимальним варіантом для обробки запитів у системі розумного будинку.

Apache працює як основний компонент збірки ХАМРР — кросплатформового пакета програм, куди також входять система керування базами даних MySQL та інтерпретатор мови PHP. Я обрав цей інструментарій через кілька причин:

- надійний обмін даними між клієнтською та серверною частинами;
- наявність вбудованих засобів безпеки;
- просте налаштування середовища для розробника.

Централізовано керувати всіма сервісами (запускати вебсервер і базу даних) можна через контрольну панель ХАМРР, вигляд якої показано на рисунку 3.3.

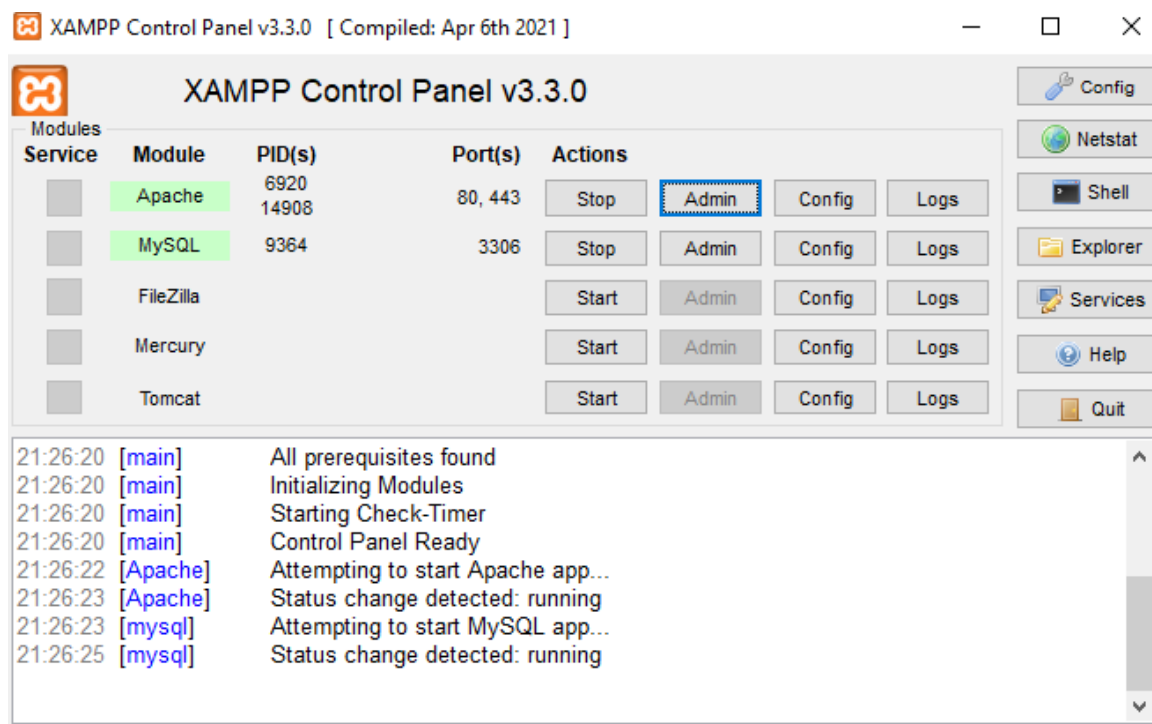


Рисунок 3.3 – Панель ХАМРР

Для розгортання системи на підготовчому етапі потрібно активувати сервіси Apache та MySQL у контрольній панелі. Після успішного запуску здійснюється перехід до веб-інтерфейсу phpMyAdmin, де виконується

адміністрування сховища. У цьому середовищі створюється нова база даних під назвою `sensor_data`, яка слугуватиме основою для накопичення інформації (рис. 3.4).

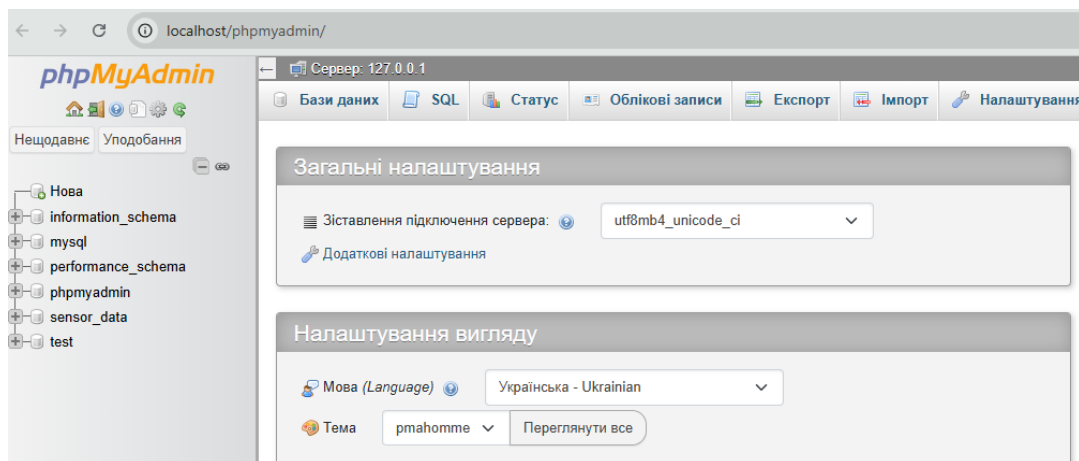


Рисунок 3.4 – Ресурс phpMyAdmin

Для структуризації бази даних `sensor_data` було розроблено таблицю `readings`. Вона містить поля для ідентифікації записів, часові мітки, показники кожного датчика, а також окремий прапорець для керування роботою детектора руху. Кожен атрибут цієї таблиці спроектовано з урахуванням оптимальних типів даних, що забезпечує мінімальний розмір записів та високу швидкість виконання пошукових запитів мікроконтролера під час збереження великих масивів інформації.

SQL

```
CREATE TABLE sensor_readings (  
    entry_id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    captured_at DATETIME NOT NULL,  
    pir_status INT DEFAULT NULL,  
    temp_value FLOAT DEFAULT NULL,  
    gas_concentration INT DEFAULT NULL,  
    active_motion_sensor INT DEFAULT 1  
);
```

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

3.6.2 Розробка головної сторінки інтерфейсу

Головний вузол вебзастосунку відповідає за моніторинг поточної ситуації та взаємодію з обладнанням. Програмна логіка починається з підключення модулів налаштування бази даних та сервісу сповіщень:

PHP

```
require_once 'db_config.php';  
require_once 'send_telegram.php';
```

Щоб отримати найсвіжішу інформацію, виконується SQL-запит, результати якого обробляються через асоціативний масив:

PHP

```
$latestEntry = $db_conn->query("  
    SELECT    pir_status,    temp_value,    gas_concentration,  
    captured_at  
    FROM sensor_readings  
    ORDER BY captured_at DESC LIMIT 1  
");  
$currentData = $latestEntry->fetch_assoc();
```

Візуалізація даних реалізована за допомогою умовних конструкцій PHP, що забезпечує гнучкість відображення:

PHP

```
<?php if ($currentData): ?>  
    <?php if ($isPirActive): ?>  
        <p><strong>Активність:</strong> <?=  
$currentData['pir_status'] ? 'Виявлено' : 'Спокійно' ?></p>  
    <?php endif; ?>
```

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

        <p><strong>Температура:</strong>                                <?=  

$currentData['temp_value'] ?>°C</p>  

        <p><strong>Рівень газу:</strong>                                <?=  

$currentData['gas_concentration'] ?></p>  

        <p><strong>Оновлено:</strong>                                <?=  

$currentData['captured_at'] ?></p>  

    <?php endif; ?>

```

Керування станом датчика реалізовано за допомогою асинхронних запитів. Система спочатку перевіряє поточний статус у базі даних, після чого JavaScript-функція `toggleMotion()` запускає зміну режиму через спеціальний файл-обробник:

JavaScript

```

<script>  

function changeMotionState() {  

    fetch('update_status.php', { method: 'POST' })  

        .then(() => window.location.reload());  

}  

setInterval(() => window.location.reload(), 5000);  

</script>

```

Для переходу до статистичних даних передбачено навігаційну кнопку:

```

<a href="archive.php" class="link-button">Переглянути  

архів</a>

```

3.6.3 Обробник даних від мікроконтролера

Скрипт `save_data.php` виконує роль шлюзу. Отримані через GET-параметри дані проходять фільтрацію за пороговими значеннями. Це дозволяє уникнути захаращення бази даних незначними коливаннями: зміна фіксується лише при відхиленні температури на 1°C або рівня газу на 50 одиниць.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

PHP

```
define("TEMP_STEP", 1.0);
define("GAS_STEP", 50);

$inMotion = $_GET['m'] ?? 0;
$inTemp = $_GET['t'] ?? 0.0;
$inGas = $_GET['g'] ?? 0;

$queryLast = $db_conn->query("SELECT * FROM sensor_readings
ORDER BY captured_at DESC LIMIT 1");
$lastRecord = $queryLast->fetch_assoc();

$needsUpdate = false;
if (!$lastRecord ||
    abs($inTemp - $lastRecord['temp_value']) >= TEMP_STEP ||
    abs($inGas - $lastRecord['gas_concentration']) >= GAS_STEP
||
    $inMotion != $lastRecord['pir_status']) {
    $needsUpdate = true;
}

if ($needsUpdate) {
    $insSql = "INSERT INTO sensor_readings (pir_status,
temp_value, gas_concentration, captured_at)
VALUES ('$inMotion', '$inTemp', '$inGas',
NOW())";
    $db_conn->query($insSql);
}
```

3.6.4 Аналіз архівних показників

Сторінка `archive.php` призначена для ретроспективного аналізу за останні 7 діб. Використання агрегатних функцій SQL дозволяє отримувати узагальнені показники (середні та максимальні значення) безпосередньо в запиті:

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

SQL

```
SELECT
    DATE(captured_at) AS report_date,
    AVG(temp_value) AS daily_temp,
    MAX(gas_concentration) AS peak_gas,
    MAX(CASE WHEN pir_status = 1 THEN captured_at END) AS
last_pir_event
FROM sensor_readings
WHERE captured_at >= DATE_SUB(NOW(), INTERVAL 7 DAY)
GROUP BY report_date
ORDER BY report_date DESC
```

Дані структуруються у зручну таблицю, що забезпечує користувачу швидкий огляд динаміки стану будинку.

3.6.5 Інтеграція Telegram-інформування

Замість розробки окремого мобільного додатка було обрано шлях створення Telegram-бота. Це забезпечує:

- Універсальність: стабільна робота на будь-якій ОС.
- Швидкість: миттєві Push-сповіщення про критичні події.
- Гнучкість: легке додавання нових команд без оновлення клієнтського ПЗ.

Реєстрація бота здійснюється через офіційний інструмент BotFather за допомогою стандартних команд /start та /newbot (див. рис. 3.5). Після отримання унікального токена бот стає готовим до зв'язку з серверною частиною системи.

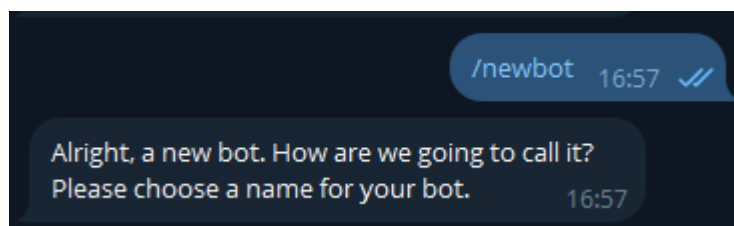


Рисунок 3.5 – Телеграм бот

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Після успішної ініціалізації BotFather запросить назву для вашого проєкту. Цей ідентифікатор повинен бути унікальним у межах платформи та обов'язково закінчуватися на «bot» (наприклад, SmartHomeSecurity_bot). На рисунку 3.6 продемонстровано процес підбору назви та фінальне підтвердження реєстрації.

Після завершення процедури ви отримаєте унікальний токен доступу (API token). Цей секретний ключ є критично важливим для взаємодії вашого PHP-скрипта `send_telegram.php` із серверами Telegram, оскільки він дозволяє системі автентифікуватися та надсилати сповіщення власнику.

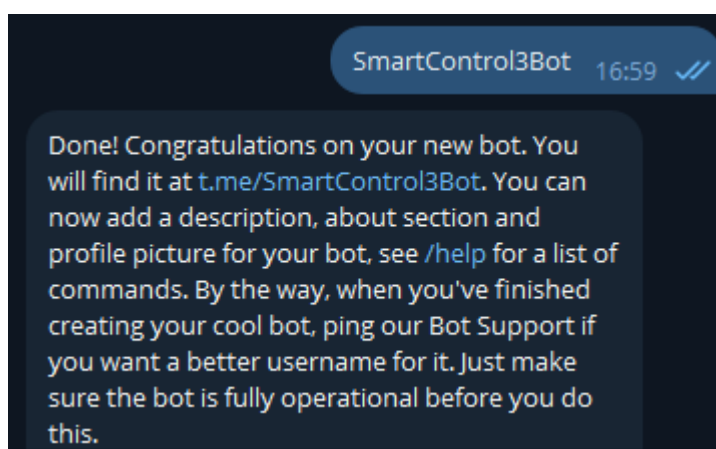


Рисунок 3.6 – Ім'я Телеграм бота

На завершальному етапі реєстрації BotFather генерує унікальний токен — буквено-цифровий рядок, що слугує ключем для доступу до API. Окрім токена, для коректного адресування повідомлень системі необхідний ідентифікатор чату (chat ID). Щоб дізнатися свій персональний ID, можна скористатися сервісом `userinfobot`, надіславши йому будь-який запит.

3.6.6 Реалізація серверної логіки для Telegram-інформування

Налаштування взаємодії відбувається у модулі `send_telegram.php`. Насамперед у коді ініціалізуються змінні з отриманими раніше автентифікаційними даними:

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

PHP

```
$apiToken = "7832270906:AAGg8HYQnUOC44OruJR5G2RRYCEH9yh1IXs";  
$targetChatId = "422113182";
```

Алгоритм роботи файлу передбачає отримання актуального стану системи зі сховища даних за допомогою наступного SQL-запиту:

PHP

```
$queryLatest = "  
    SELECT pir_status, gas_concentration, captured_at  
    FROM sensor_readings  
    ORDER BY captured_at DESC  
    LIMIT 1  
";  
$dbResponse = $db_conn->query($queryLatest);
```

Отриманий результат обробляється для перевірки критичних умов. Якщо зафіксовано активність або перевищення допустимих норм, викликається функція надсилання месенджеру (лістинг 3.6):

Лістинг 3.6 — Алгоритм аналізу подій та генерації сповіщень:

PHP

```
if ($dbResponse && $dbResponse->num_rows > 0) {  
    $record = $dbResponse->fetch_assoc();  
  
    if ($record['pir_status'] == 1) {  
        dispatchAlert("Увага! Рух зафіксовано о " .  
$record['captured_at']);  
    }  
    if ($record['gas_concentration'] > 500) {
```

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        dispatchAlert("Критичний рівень газу: " .
$record['gas_concentration'] . " (час: " . $record['captured_at'] .
")");
    }
} else {
    error_log("Сховище даних порожнє або недоступне.");
}

```

3.7 Апробація та перевірка працездатності

Для верифікації розробленого рішення було проведено серію тестів у реальних умовах. Початковий етап тестування включав подачу живлення на мікроконтролер Arduino та підключення Ethernet-модуля до локальної мережі. Оскільки програмне забезпечення (скетч) уже було інстальовано в пам'ять пристрою, система автоматично перейшла у робочий режим.

Доступ до керування та моніторингу здійснювався через веб-браузер за локальною адресою сервера: 192.168.1.35/index.php. Зовнішній вигляд робочого інтерфейсу системи на момент тестування представлено на рисунку 3.7.

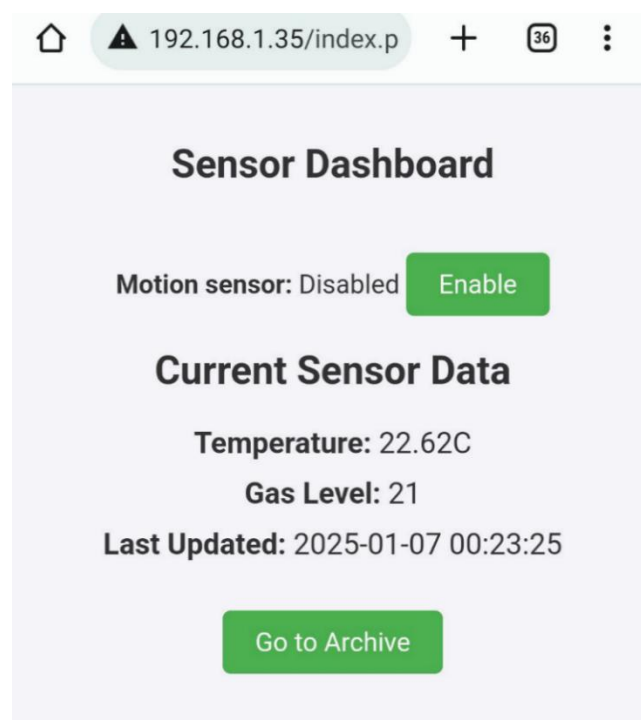


Рисунок 3.7 – Сторінка моніторинга

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

На даному етапі детектор руху перебуває в неактивному стані, що підтверджується відповідним індикатором Disabled у полі статусу. Після активації керуючого елемента Enable система змінює режим роботи. Завдяки реалізованій логіці сторінка автоматично перезавантажується, синхронізуючи дані з базою, і починає відображати актуальні показники сенсора в режимі реального часу (рис. 3.8).

Така програмна логіка дозволяє гнучко керувати підсистемою безпеки, коли власнику будинку не потрібен постійний контроль переміщень, наприклад, під час перебування всієї родини у кімнаті. Переведення датчика в активний стан миттєво запускає фоновий процес опитування цифрового виходу сенсора HC-SR501, який при кожному виявленні живої істоти у полі свого зору формує сигнал високого рівня. Оскільки інтерфейс бота чи панелі керування оновлює свій стан синхронно з базою даних, будь-яка зміна статусу або фіксація тривожної події відразу відображається на екрані пристрою користувача з мінімальною затримкою. Це виключає необхідність постійного ручного оновлення вікна програми та гарантує, що важлива інформація про безпеку об'єкта завжди залишатиметься перед очима у актуальному вигляді.

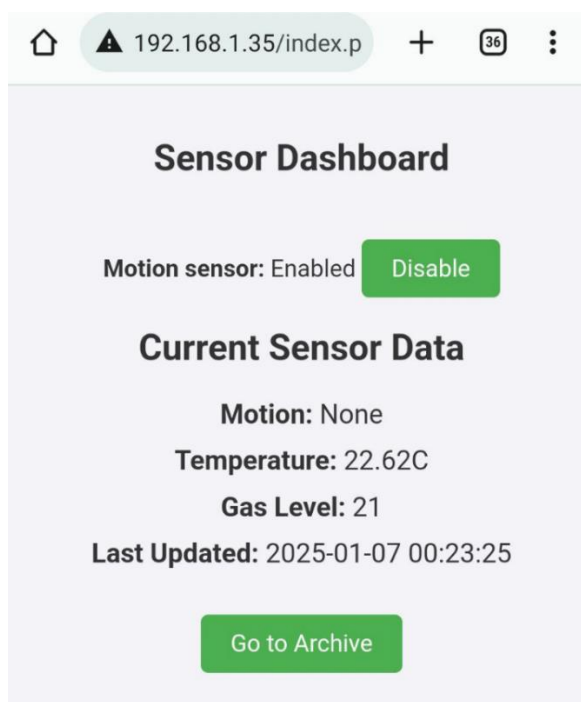


Рисунок 3.8 – Відображення головного екрана під час роботи детектора руху

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Використання елемента навігації Go to archive дозволяє користувачеві перейти до розділу зі статистичними даними (рис. 3.9). На цій сторінці сформовано звіт за попередні сім днів із добовим групуванням інформації. Функціонал архіву передбачає відображення усереднених значень температурного режиму та концентрації газу, а також фіксацію точного часу, коли було зафіксовано пікові показники датчиків або спрацювання детектора руху.

Така структурована аналітика допомагає власнику будинку детально оцінити роботу всіх інженерних мереж та виявити приховані закономірності у зміні мікроклімату приміщення протягом тижня. Наприклад, графіки усереднених значень наочно показують періоди найінтенсивнішого опалення або моменти, коли рівень задимленості на кухні наближався до критичної межі під час приготування їжі. Усі збережені записи завантажуються безпосередньо з локальної бази даних, де інформація накопичується у фоновому режимі завдяки безперервній роботі плати контролера. Це дозволяє не просто фіксувати поточний стан об'єкта, а й створювати надійний інформаційний фундамент для подальшої оптимізації витрат на енергоносії та підвищення загального рівня безпеки житла.

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

Рисунок 3.9 – Історія

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Найновіша інформація, зафіксована у звітах архівної сторінки, була дубльована у месенджер за допомогою Telegram-бота (рис. 3.10).

На рисунку 3.11 продемонстровано приклад автоматичного сповіщення, яке надсилає бот у разі виявлення критичного рівня забруднення повітря або перевищення встановлених норм концентрації газів.

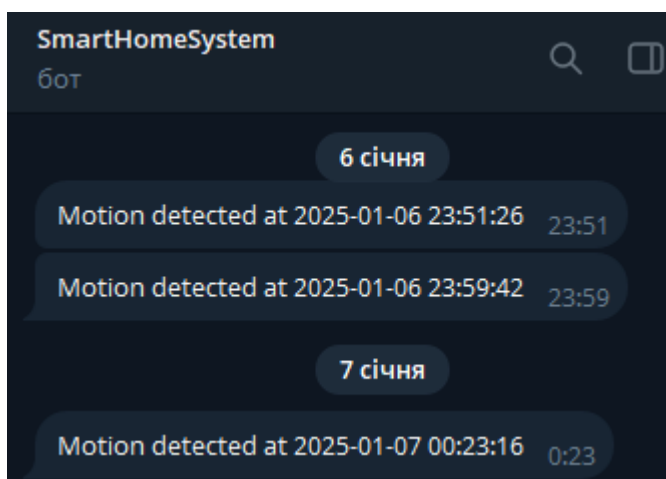


Рисунок 3.10 – Сповіщення на Телеграм-бот від датчика руху

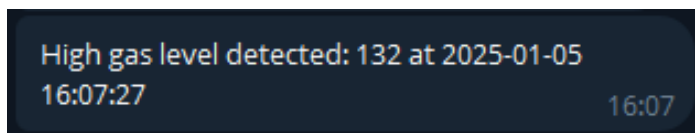


Рисунок 3.11 – Сповіщення на Телеграм-бот від датчика якості повітря

3.8 Що в результаті вийшло зробити

У цьому розділі ми повністю зібрали, запрограмували та перевірили в роботі наш макет розумного будинку. Якщо коротко підбити підсумки, то ось головні результати:

Зібрали залізо. Ми взяли плату Arduino Uno, підключили до неї мережеву плату Ethernet Shield і три датчики: руху, температури та витoku газу. Все це разом працює стабільно і без збоїв стежить за тим, що відбувається в кімнаті.

Налаштували логіку Arduino. Написали код, який змушує плату самій зчитувати показники з датчиків і одразу відправляти їх через інтернет на сервер.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб не перевантажувати мережу, плата тримає з'єднання відкритим і не шле дані постійно, якщо в кімнаті нічого не змінюється.

Зробили сервер і базу даних. На комп'ютері запустили локальну програму XAMPP з базою даних MySQL. Написали скрипт, який приймає дані від Arduino і записує їх у таблицю. Також додали розумне правило: якщо температура змінилася менше ніж на 1 градус, а газ менше ніж на 50 одиниць, сервер не забиває базу цими дрібними коливаннями.

Створили зручне керування для користувача. Написали веб-сторінку та підключили Telegram-бота:

– На сайті можна в реальному часі дивитися, яка вдома температура чи рівень газу, вмикати або вимикати датчик руху прямо мишкою, а також дивитися історію та графіки за останній тиждень.

– Бот у Telegram потрібен для екстрених випадків. Як тільки датчик помічає рух або газ, бот миттєво присилає повідомлення на телефон.

Все протестували. Ми увімкнули систему в реальних умовах і перевірили кожен крок від спрацювання датчика до запису в базу та появи сповіщення на екрані й у месенджері. Все працює чітко, швидко і саме так, як планувалося.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ВИСНОВКИ

У межах цього дослідження вдалося детально розібрати архітектуру сучасного розумного будинку і подивитися, як технології інтернету речей допомагають об'єднати різні датчики, контролери та мережеві плати в одну систему. Результатом роботи став готовий макет, який на практиці справляється з контролем безпеки, стежить за мікрокліматом і аналізує чистоту повітря в кімнаті. Завдяки обраним технічним рішенням система вийшла автоматизованою і зручною для повсякденного використання.

Основою залізничної, тобто апаратної частини, став мікроконтролер Arduino UNO разом із мережевою платою Ethernet Shield. Такий варіант дозволив налагодити стабільний зв'язок із сервером і базою даних, але при цьому сама збірка залишилася досить дешевою. Крім низької вартості, ця платформа споживає мало енергії, а її потужності цілком вистачає для швидкого виконання всіх поточних завдань.

Програмна частина проєкту координує взаємодію між датчиками, сервером і мобільним інтерфейсом у вигляді Telegram-бота. Завдяки пакету XAMPP, куди входять локальний сервер Apache та база даних MySQL, вдалося зробити надійну і швидко основу для збереження й обробки отриманої інформації. Саме концепція інтернету речей дозволила керувати будинком і перевіряти його стан на відстані, незалежно від того, де перебуває користувач.

Якщо говорити про майбутнє цього проєкту, то систему можна розвивати в бік локальної обробки даних прямо на мікроконтролері, ще до відправки на сервер. Це допоможе розвантажити центральну частину системи, якщо в майбутньому знадобиться підключити більше датчиків або об'єднати кілька кімнат чи будинків в одну спільну мережу.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Arduino UNO Rev3 Product Reference Manual. *Arduino*. URL: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> (дата звернення: 12.04.2026).
2. Ethernet Shield 2 Documentation. *Arduino*. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/ethernet-shield-2> (дата звернення: 05.05.2026).
3. MQ-2 Gas Sensor Technical Data. *STMicroelectronics*. URL: <https://www.mouser.com/datasheet/2/744/MQ-2-1145128.pdf> (дата звернення: 21.04.2026).
4. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. *Maxim Integrated*. URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (дата звернення: 14.05.2026).
5. PHP: Hypertext Preprocessor Manual. *PHP Documentation Group*. URL: <https://www.php.net/manual/en/> (дата звернення: 08.04.2026).
6. MySQL 8.0 Reference Manual. *MySQL*. URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/> (дата звернення: 29.04.2026).
7. Apache HTTP Server Documentation Version 2.4. *Apache Software Foundation*. URL: <https://httpd.apache.org/docs/2.4/> (дата звернення: 11.05.2026).
8. Telegram Bot API Reference. *Telegram*. URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата звернення: 17.04.2026).
9. RFC 7230: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Syntax and Routing. *IETF*. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7230> (дата звернення: 02.05.2026).
10. IEEE 802.3 Standard for Ethernet. *IEEE Standards Association*. URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.3/7071/> (дата звернення: 25.04.2026).
11. Al-Kuwari A. M. et al. Smart Home Automation and Monitoring System Using Arduino. *2018 IEEE 15th International Conference on Smart Cities*. 2018. P. 121–124.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

12. Stojkoska B. L. R., Trivodaliev K. V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 140. P. 1454–1464.
13. Han J. et al. The smart home search system using IEEE 802.15.4 and IP-based wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2020. Vol. 56, no. 3. P. 1410–1418.
14. Kelly S. D. T. et al. Towards the Implementation of IoT for Environmental Condition Monitoring in Homes. *IEEE Sensors Journal*. 2019. Vol. 13, no. 10. P. 3846–3853.
15. Pavithra D., Balakrishnan R. A low cost smart home automation system with multiple control options based on IOT. *2020 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*. 2020. P. 1–6.
16. Kodali R. K. et al. IoT based smart security and home automation system. *2016 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*. 2019. P. 1286–1289.
17. Tanwar S. et al. An internet of things-based smart home automation system. *2019 International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems (Trends and Future Directions)*. 2019. P. 102–107.
18. Badamasi Y. A. The working principle of an Arduino. *2024 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*. 2024. P. 1–4.
19. Piyare R., Tazil M. Bluetooth based home automation system using Android phone. *2011 IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics*. 2021. P. 192–195.
20. Jabbar W. A. et al. Design and Fabrication of a Smart Home Automation System Based on IoT with Mobile App. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 16351–16368.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

21. Roman R. et al. On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. *Computer Networks*. 2019. Vol. 57, no. 10. P. 2266–2279.
22. Alaba F. A. et al. Internet of Things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019. Vol. 88. P. 10–28.
23. Lin H., Bergmann N. W. IoT Privacy and Security Challenges for Smart Home Environments. *Information*. 2025. Vol. 7, no. 3. P. 44.
24. Vujovic V., Maksimovic M. Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers & Electrical Engineering*. 2020. Vol. 44. P. 153–171.
25. Sivaraman V. et al. Smart auditing of smart home security. *2018 9th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS)*. 2018. P. 415–420.
26. Gupta P., Chhabra S. IoT Based Smart Home Automation System Using Google Assistant. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 8, no. 5. P. 615–618.
27. Hsu C. L., Lin J. C. An empirical examination of consumer adoption of Internet of Things services: Network externalities and perceived values. *Computers in Human Behavior*. 2019. Vol. 58. P. 34–45.
28. Kumar A. et al. Web-based home automation system using Arduino. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 2021. Vol. 8, no. 5.
29. Botta A. et al. Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future Generation Computer Systems*. 2024. Vol. 56. P. 684–700.
30. Diaz M. et al. State-of-the-art, main challenges and open issues in the integration of Internet of Things and Cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019. Vol. 67. P. 99–117.
31. Bhatt Y., Bhatt P. Internet of Things based real time telemetry system for smart home with Telegram bot. *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*. 2018. P. 432–436.

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

32. Mainetti L. et al. A Software Architecture for Enabling Smart Objects Services. *IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications*. 2022. P. 1762–1768.
33. Perera C. et al. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2021. Vol. 16, no. 1. P. 414–454.
34. Zanella A. et al. Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*. 2022. Vol. 1, no. 1. P. 22–32.
35. Somani A. K. et al. IoT Based Smart Home Device Control Using Telegram Bot. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 2020. P. 121–125.
36. Grgić K. et al. Web-based IoT system for monitoring environmental parameters. *2019 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*. 2016. P. 235–240.
37. Ray P. P. A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2018. Vol. 30, no. 3. P. 291–319.
38. Atzori L. et al. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. 2020. Vol. 54, no. 15. P. 2787–2805.
39. Gubbi J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*. 2019. Vol. 29, no. 7. P. 1645–1660.
40. Manyika J. et al. The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype. *McKinsey Global Institute*. 2019. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world> (дата звернення: 06.05.2026).
41. InnoPhase IoT Smart Home [Зображення]. URL: <https://www.microcontrollertips.com/wp-content/uploads/2025/08/InnoPhase-IoT-Smart-Home-image.jpg> (дата звернення: 28.04.2026).

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

42. Стартовий набір системи розумного будинку на базі Arduino [Зображення]. URL: https://images.prom.ua/2761863273_w640_h640_startovuj-nabor-sistemy.jpg (дата звернення: 07.05.2026).

43. Датчик газу серії MQ [Зображення]. URL: <https://content1.rozetka.com.ua/goods/images/big/178562599.png> (дата звернення: 10.05.2026).

44. Мікроконтролерна плата Arduino Uno Rev3 [Зображення]. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Arduino_Uno_-_R3.jpg (дата звернення: 13.05.2026).

45. Схема підключення датчиків та мережевого модуля до плати Arduino Uno [Зображення]. URL: https://imagedelivery.net/EzErua5FjxwIvZXiki_dA/6947b033-f527-4f8f-9c1c-458dff17000/1920 (дата звернення: 09.05.2026).

46. Мережевий модуль Ethernet Shield W5100 для Arduino [Зображення]. URL: <https://ardushop.in.ua/image/cache/catalog/Products/Modules,%20Shields/Ethernet/1-Ethernet-Shield-W5100-Network-Shield-for-Arduino-UNO-MEGA-600x600.jpg> (дата звернення: 11.05.2026).

47. Інфрачервоний датчик руху HC-SR501 [Зображення]. URL: https://images.prom.ua/3550112045_w640_h640_hc-sr501-reguliruemuj-infrakrasnuy.jpg (дата звернення: 06.05.2026).

48. Модуль датчика газу та диму MQ-2 [Зображення]. URL: https://images.prom.ua/1277160777_w640_h640_modul-mq-2-datchik.jpg (дата звернення: 12.05.2026).

49. Схема підключення датчика газу серії MQ до мікроконтролера [Зображення]. URL: <https://atmega32-avr.com/wp-content/uploads/2017/05/Cheap-CO2-meter-using-the-MQ135-sensor-with-AVR-ATmega.jpg> (дата звернення: 14.04.2026).

50. Схема призначення виводів датчика температури DS18B20 [Зображення]. URL: <https://myproject.com.ua/image/catalog/blog/pidkliuchennia->

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

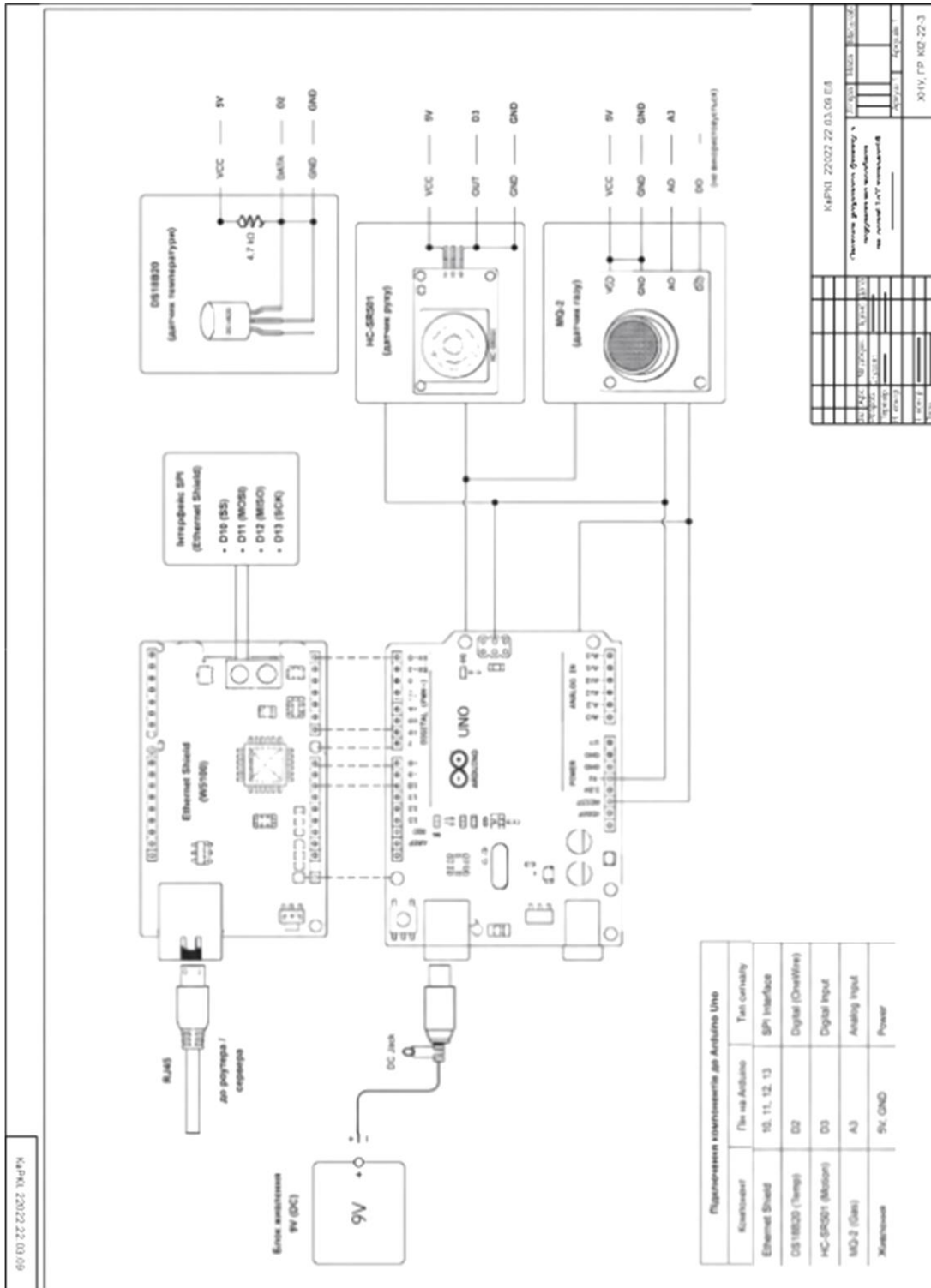
datchyka-temperature-ds18b20-do-arduino/ds18b20-pinout.jpg (дата звернення:
05.05.2026).

					КВРКІ.022022.22.03.07 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Схема підключення всіх компонентів до Arduino UNO



КіРПЧІ 22/02/22 03:09:09

Підключення компонентів до Arduino Uno			
Компонент	Пін на Arduino	Тестовий інтерфейс	Питання
Ethernet Shield	10, 11, 12, 13	SPI interface	
DS18B20 (Temp)	D2	Digital (OneWire)	
HC-SR501 (Motion)	D3	Digital Input	
MQ-2 (Gas)	A3	Analog Input	
Живлення	5V, GND	Power	

КіРПЧІ 22/02/22 03:09:09	
Сторінка документа: 1	1 з 1
Назва документа: 1	1
Дата створення: 22.02.2022	14:02:08
Версія: 1.0	14:02:08
Статус: 1	14:02:08
Категорія: 1	14:02:08
Тег: 1	14:02:08
Код: 1	14:02:08
Код: 2	14:02:08
Код: 3	14:02:08
Код: 4	14:02:08
Код: 5	14:02:08
Код: 6	14:02:08
Код: 7	14:02:08
Код: 8	14:02:08
Код: 9	14:02:08
Код: 10	14:02:08
Код: 11	14:02:08
Код: 12	14:02:08
Код: 13	14:02:08
Код: 14	14:02:08
Код: 15	14:02:08
Код: 16	14:02:08
Код: 17	14:02:08
Код: 18	14:02:08
Код: 19	14:02:08
Код: 20	14:02:08
Код: 21	14:02:08
Код: 22	14:02:08
Код: 23	14:02:08
Код: 24	14:02:08
Код: 25	14:02:08
Код: 26	14:02:08
Код: 27	14:02:08
Код: 28	14:02:08
Код: 29	14:02:08
Код: 30	14:02:08
Код: 31	14:02:08
Код: 32	14:02:08
Код: 33	14:02:08
Код: 34	14:02:08
Код: 35	14:02:08
Код: 36	14:02:08
Код: 37	14:02:08
Код: 38	14:02:08
Код: 39	14:02:08
Код: 40	14:02:08
Код: 41	14:02:08
Код: 42	14:02:08
Код: 43	14:02:08
Код: 44	14:02:08
Код: 45	14:02:08
Код: 46	14:02:08
Код: 47	14:02:08
Код: 48	14:02:08
Код: 49	14:02:08
Код: 50	14:02:08
Код: 51	14:02:08
Код: 52	14:02:08
Код: 53	14:02:08
Код: 54	14:02:08
Код: 55	14:02:08
Код: 56	14:02:08
Код: 57	14:02:08
Код: 58	14:02:08
Код: 59	14:02:08
Код: 60	14:02:08
Код: 61	14:02:08
Код: 62	14:02:08
Код: 63	14:02:08
Код: 64	14:02:08
Код: 65	14:02:08
Код: 66	14:02:08
Код: 67	14:02:08
Код: 68	14:02:08
Код: 69	14:02:08
Код: 70	14:02:08
Код: 71	14:02:08
Код: 72	14:02:08
Код: 73	14:02:08
Код: 74	14:02:08
Код: 75	14:02:08
Код: 76	14:02:08
Код: 77	14:02:08
Код: 78	14:02:08
Код: 79	14:02:08
Код: 80	14:02:08
Код: 81	14:02:08
Код: 82	14:02:08
Код: 83	14:02:08
Код: 84	14:02:08
Код: 85	14:02:08
Код: 86	14:02:08
Код: 87	14:02:08
Код: 88	14:02:08
Код: 89	14:02:08
Код: 90	14:02:08
Код: 91	14:02:08
Код: 92	14:02:08
Код: 93	14:02:08
Код: 94	14:02:08
Код: 95	14:02:08
Код: 96	14:02:08
Код: 97	14:02:08
Код: 98	14:02:08
Код: 99	14:02:08
Код: 100	14:02:08

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Владислав ДУБЧАК

Співавтор:

Назва: Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій

Експерт: Олег САВЕНКО

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 1.71%

Коефіцієнт подібності 2: 0.81%

Мікропробіли: 3

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2026-05-26 07:49:48.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-05-26

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-15.701

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилоч в документах: 9%**

ID: 272261 Назва: БКР Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій Додано в БД: 2026-05-26 Автора: Владислав ДУБЧАК Керівники: Олег САВЕНКО Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	103907	824	2126 (2%)	29 (4%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Дубчак Владислав Валерійович

Тема: Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи керування розумним будинком засобами IoT технологій.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено комплексне дослідження предметної області та визначено роль IoT-інструментів у розбудові сучасних Smart Home систем. У ході аналізу було розкрито поняття розумного будинку, досліджено його архітектуру, функціональні можливості та основні переваги впровадження автоматизації. В другому розділі кваліфікаційної роботи обґрунтовано вибір апаратної архітектури системи «розумного будинку» на базі мікроконтролера Arduino UNO та мережевого модуля Ethernet Shield W5100. Описано технічні параметри та особливості підключення інтегрованих датчиків контролю середовища й безпеки, зокрема модулів HC-SR501, MQ-2 та DS18B20, що разом забезпечують стабільний моніторинг житла в реальному часі. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано технічне проєктування та програмну реалізацію комплексу «розумного будинку» на базі середовища Arduino IDE, локального сервера XAMPP та бази даних MySQL. Створена система забезпечує автоматизоване зчитування показників з датчиків, оптимізований запис даних у сховище, а також миттєве сповіщення користувача про критичні події через розроблений веб-інтерфейс та Telegram-бот.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага аналізу предметної області; недостатньо чітко описано процес програмно-технічного засобу

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на достатньому технічному рівні.

8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (D / 70)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Бураско Леонід Іванович, зав. каф. ІТЗ, ХНУ

“ ” _____ 2026 р.

 (підпис)

Зав. кафедри КПС
д-р. філософії Ользі ПАВЛОВІЙ

Владислав ДУБЧАК

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-22-3

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений (а). Надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

1 травня 2026 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Система розумного будинку з керуванням засобами на основі IoT технологій

Автор Владислав ДУБЧАК

Освітня програма Комп'ютерна інженерія та програмування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Науковий керівник: д.т.н., професор Олег САВЕНКО

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 2) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з джерелами на один фрагмент речення;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.
- 4) значна частина знайденого плагіату відноситься до списку використаних джерел

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1.71%; та системою Anti-Plagiarism складає 1.0%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

01.06.2026

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Підпис

Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Андрій НІЧЕПОРУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Олег САВЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ