

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

на тему: «ІоТ-система для керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

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

_____ Катерина БОРИСЮК
(підпис) Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувачка вищої освіти гр. ІСД- 42

_____ Катерина БОРИСЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: _____ к.т.н. Олег СЕНЬКОВ
науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
вчене звання

Рецензент: _____
науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
вчене звання

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти Бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Каміла СТОРЧАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
« » 20 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Борисюк Катерині Вячеславівні

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: ІоТ-система для керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у «розумному будинку»

керівник кваліфікаційної роботи Олег СЕНЬКОВ, кандидат технічних наук
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025 р.

№ 56

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «30» травня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Середовище розробки: Arduino IDE

Середовище моделювання Tinkercad

Наукові джерела з IoT та систем розумного будинку.

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

1. Здійснити аналіз процесу автоматизованого керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою у розумному будинку.

2. Провести аналіз наявних апаратних засобів (датчиків, мікроконтролерів, виконавчих пристроїв) для реалізації системи.
 3. Обрати компоненти для розробки системи та обґрунтувати цей вибір.
 4. Розробити алгоритми керування функціональними модулями системи.
 5. Провести аналіз результатів моделювання роботи системи в середовищі Tinkercad.
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
6. Дата видачі завдання: « 26 » лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	18.03.2025 - 28.03.2025	
2	Огляд і характеристика існуючих рішень для розумного будинку	01.04.2025 - 10.04.2025	
3	Порівняльний аналіз мікроконтролерних платформ для IoT	11.04.2025 - 14.04.2025	
4	Визначення вимог до автоматизованої IoT-системи	15.04.2025 - 20.04.2025	
5	Розробка архітектури та схеми з'єднання системи	21.04.2025 - 26.04.2025	
6	Розробка алгоритмів керування та програмного забезпечення	27.04.2025 - 02.05.2025	
7	Моделювання та тестування системи в середовищі Tinkercad	03.05.2025 - 06.05.2025	
8	Аналіз результатів моделювання та розробка рекомендацій	07.05.2025 - 10.05.2025	

Здобувачка вищої освіти

(підпис)

Катерина БОРИСЮК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Олег СЕНЬКОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра (магістра): 54 стор., 24 рис., ____ табл., 23 джерела.

Мета роботи – реалізація інтегрованої IoT-системи для автоматизованого керування освітленням, мікрокліматом та пожежогасінням шляхом розробки відповідної архітектури, програмного забезпечення та алгоритмів керування, а також тестування її ефективності в умовах віртуального середовища.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації систем життєзабезпечення в житлових приміщеннях на основі технологій Інтернету речей.

Предмет дослідження – методи та алгоритми інтеграції різноманітних IoT-пристроїв у єдину функціональну систему, а також процес розробки відповідного програмно-апаратного комплексу для автоматизованого керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою розумного будинку на базі Arduino Uno у середовищі Tinkercad.

Короткий зміст роботи: У кваліфікаційній роботі проаналізовано актуальність теми автоматизації житлових приміщень за допомогою технологій IoT. Досліджено існуючі рішення у сфері розумного будинку та визначено можливості використання платформи Arduino для створення бюджетних IoT-систем. Спроектовано архітектуру інтегрованої IoT-системи керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою. Розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino Uno, що реалізує алгоритми автоматичного контролю освітлення, кліматичних параметрів (відображення температури з текстовою індикацією стану) та пожежогасіння (виявлення диму/перегріву з активацією оповіщення) Проведено тестування розробленої системи в середовищі Tinkercad, що підтвердило її працездатність та ефективність в умовах моделювання. Оцінено теоретичну, методичну та практичну значущість отриманих результатів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, IOT, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ARDUINO UNO, TINKERCAD, КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, МІКРОКЛІМАТ, ПОЖЕЖОГАСІННЯ, БЕЗПЕКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ТА ІОТ.....	13
1.1 Основні принципи систем «розумного будинку»	13
1.2 IoT у побутовій автоматизації.....	14
1.3 Arduino як платформа для побудови IoT-систем	16
1.4 Огляд технологій керування освітленням і кліматом	17
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ ТА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ..	19
2.1 Сучасні технології контролю температури	19
2.2 Методи та пристрої для моніторингу якості повітря та виявлення пожежної небезпеки	20
2.3 Датчики та системи моніторингу рівня освітленості.....	21
2.4 Бездротові технології передачі даних для систем моніторингу	22
2.5 Тенденції розвитку технологій моніторингу мікроклімату та якості повітря в розумному будинку.....	24
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ARDUINO.....	26
3.1 Формулювання вимог до системи моніторингу.....	26
3.2 Вибір апаратних засобів (Arduino Uno, датчики, РК-дисплей, звуковий сигналізатор)	27
3.3 Схема з'єднання в середовищі Tinkercad	29
3.4 Алгоритми роботи функціональних модулів	31
3.5 Характеристика використаних датчиків та компонентів.....	32
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	35
4.1 Структура програмного коду для Arduino Uno.....	35
4.2 Опис функцій керування освітленням.....	37
4.3 Опис функцій контролю мікроклімату та пожежною безпекою	38
4.4 Опис функцій керування сервоприводом та індикацією.....	41
5 ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ У TINKERCAD	43

5.1 Створення віртуального макету	43
5.2 Тестування модуля контролю температури.....	44
5.3 Тестування модуля контролю якості повітря.....	45
5.4 Аналіз роботи системи оповіщення.....	47
5.5 Тестування модуля керування освітленням	48
5.6 Загальні результати моделювання	50
6 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ	52
6.1 Досягнуті результати	52
6.2 Можливості удосконалення та розширення системи	53
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ПРЕЗЕНТАЦІЯ	59

ВСТУП

З кожним роком технології проникають у всі сфери нашого життя, і домашнє господарство не є винятком. Концепція "розумного будинку" перестає бути футуристичною ідеєю, перетворюючись на реальність, що обіцяє новий рівень комфорту, ефективності та безпеки. В основі цієї трансформації лежить Інтернет речей (IoT), що об'єднує різноманітні пристрої в єдину інтелектуальну мережу.

Актуальність теми. Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) створює можливості для автоматизації житлових та комерційних приміщень, підвищуючи їхню енергоефективність, безпеку та комфорт. У зв'язку зі зростаючими вимогами до зручності, економії ресурсів і швидкості реагування на небезпечні ситуації, розробка інтегрованих IoT-рішень для керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою є актуальним завданням. Особливої актуальності набуває розробка бюджетних IoT-рішень на основі доступних платформ, таких як Arduino, які дозволяють створювати функціональні системи керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою. Реалізація таких систем у середовищі моделювання, як Tinkercad, дозволяє ефективно розробляти, тестувати й оптимізувати рішення без необхідності фізичного обладнання на початковому етапі.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є реалізація інтегрованої IoT-системи для автоматизованого керування освітленням, мікрокліматом та пожежогасінням, що забезпечує оптимальну роботу всіх компонентів у єдиній екосистемі. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання: аналіз існуючих рішень у сфері IoT для розумного будинку; проектування архітектури системи та вибір необхідних апаратних компонентів; розробка програмного забезпечення для керування функціонуванням пристроїв; реалізація алгоритмів автоматичного контролю освітлення, кліматичних параметрів та пожежогасіння; а також тестування розробленої системи та оцінка її ефективності в умовах моделювання.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є автоматизовані IoT-системи для керування побутовими умовами у приміщеннях — зокрема, освітленням, мікрокліматом і безпекою.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи та алгоритми інтеграції різноманітних IoT-пристроїв у єдину функціональну систему, а також процес розробки відповідного програмно-апаратного комплексу для розумного будинку.

Методи дослідження. В процесі дослідження були використані наступні методи: аналіз наукової літератури та існуючих IoT-рішень; моделювання та розробка архітектури системи; програмування мікроконтролерів та сенсорних модулів; тестування системи в умовах віртуального середовища; оцінка ефективності автоматизованого керування.

Апробація результатів та публікації. Результати даного дослідження можуть бути представлені на наукових конференціях, присвячених інформаційним технологіям, а також опубліковані у фахових виданнях. Перспективним є також впровадження пілотного проєкту в лабораторних умовах для подальшої верифікації отриманих результатів.

Теоретична, методична та практична значущість отриманих результатів. Теоретична значущість роботи полягає у поглибленні розуміння та вдосконаленні існуючих підходів до автоматизації житлових приміщень на основі технологій IoT. Методична значущість визначається розробкою ефективних алгоритмів керування та їхньою інтеграцією в єдину систему. Практична значущість проєкту полягає у потенційній можливості застосування розробленої IoT-системи в реальних умовах для підвищення рівня комфорту, оптимізації енергоспоживання та забезпечення безпеки житлового простору.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ТА IoT

1.1 Основні принципи систем «розумного будинку»

Системи розумного будинку на сьогоднішній день є актуальним напрямом розвитку побутової автоматизації. Вони являють собою поєднання технічних і програмних засобів, що забезпечують інтелектуальне управління побутовими процесами з метою підвищення рівня комфорту, безпеки та енергоефективності в житлових або комерційних приміщеннях.

Принцип дії таких систем полягає в автоматичному регулюванні параметрів середовища — температури, освітлення, вологості, рівня CO₂, а також в забезпеченні безпеки за допомогою датчиків руху, диму, газу, відкриття дверей тощо. Користувач може отримати змогу керувати цими процесами дистанційно або налаштувати їх автономну роботу на основі попередньо встановлених сценаріїв.

Функціонування сучасного розумного будинку базується на взаємодії численних пристроїв, які об'єднані в єдину інформаційно-керуючу систему. Це дозволяє забезпечити централізоване або децентралізоване керування усіма складовими частинами системи. Однією з ключових характеристик таких рішень є їхня адаптивність: система може бути легко розширена чи модифікована відповідно до змін потреб користувача або особливостей об'єкта, де вона застосовується.

Іншим важливим аспектом є автономність роботи. Завдяки впровадженню логіки реагування на зовнішні умови система здатна самостійно приймати рішення без постійного втручання користувача. Це стосується як оптимізації споживання електроенергії, так і швидкого реагування на аварійні ситуації. Наприклад, у випадку задимлення може автоматично спрацювати сигналізація або перекриття подачі електроенергії до потенційно небезпечних приладів.

Інтеграція бездротових технологій і віддаленого доступу через мобільні додатки або веб-інтерфейси надає користувачам можливість контролювати стан системи в режимі реального часу, навіть перебуваючи поза межами об'єкта. Завдяки цьому розумні будинки поєднують зручність і ефективність в єдиній керуючій інфраструктурі, що сприяє підвищенню якості повсякденного життя.

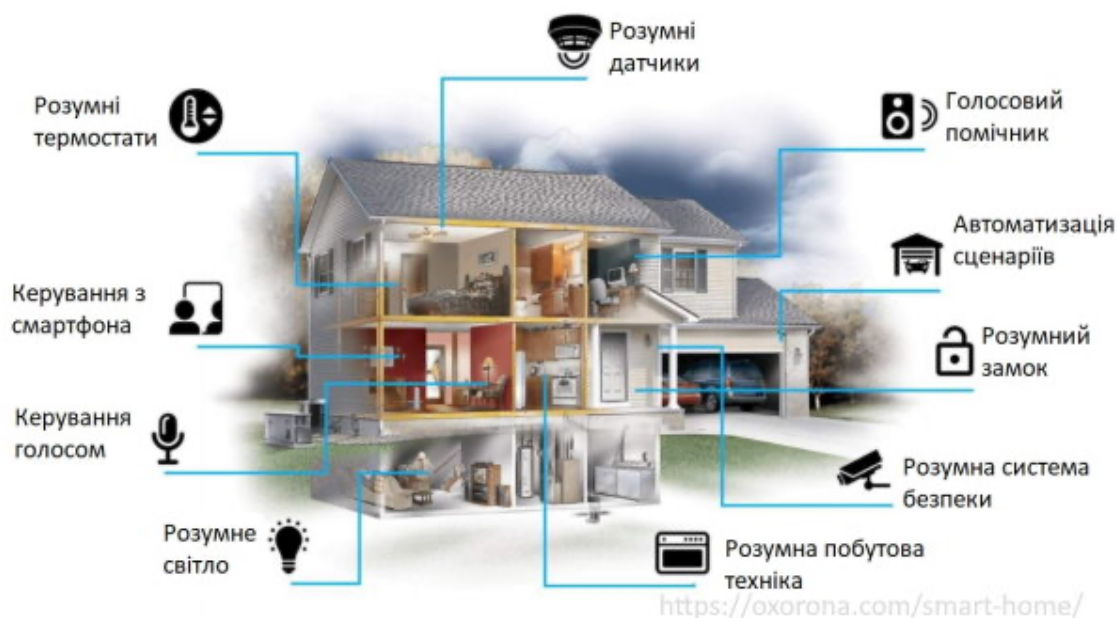


Рис.2.1.1 - Приклад системи розумного будинку

1.2 IoT у побутовій автоматизації

Інтернет речей (IoT) є фундаментальною концепцією в сучасній побутовій автоматизації, кардинально змінюючи підходи до керування житловим простором. IoT передбачає об'єднання фізичних пристроїв та датчиків у мережу для обміну даними, що створює основу для інтелектуальних домашніх систем. У розумному будинку IoT забезпечує розширені можливості моніторингу середовища та віддаленого контролю пристроїв через мережу.

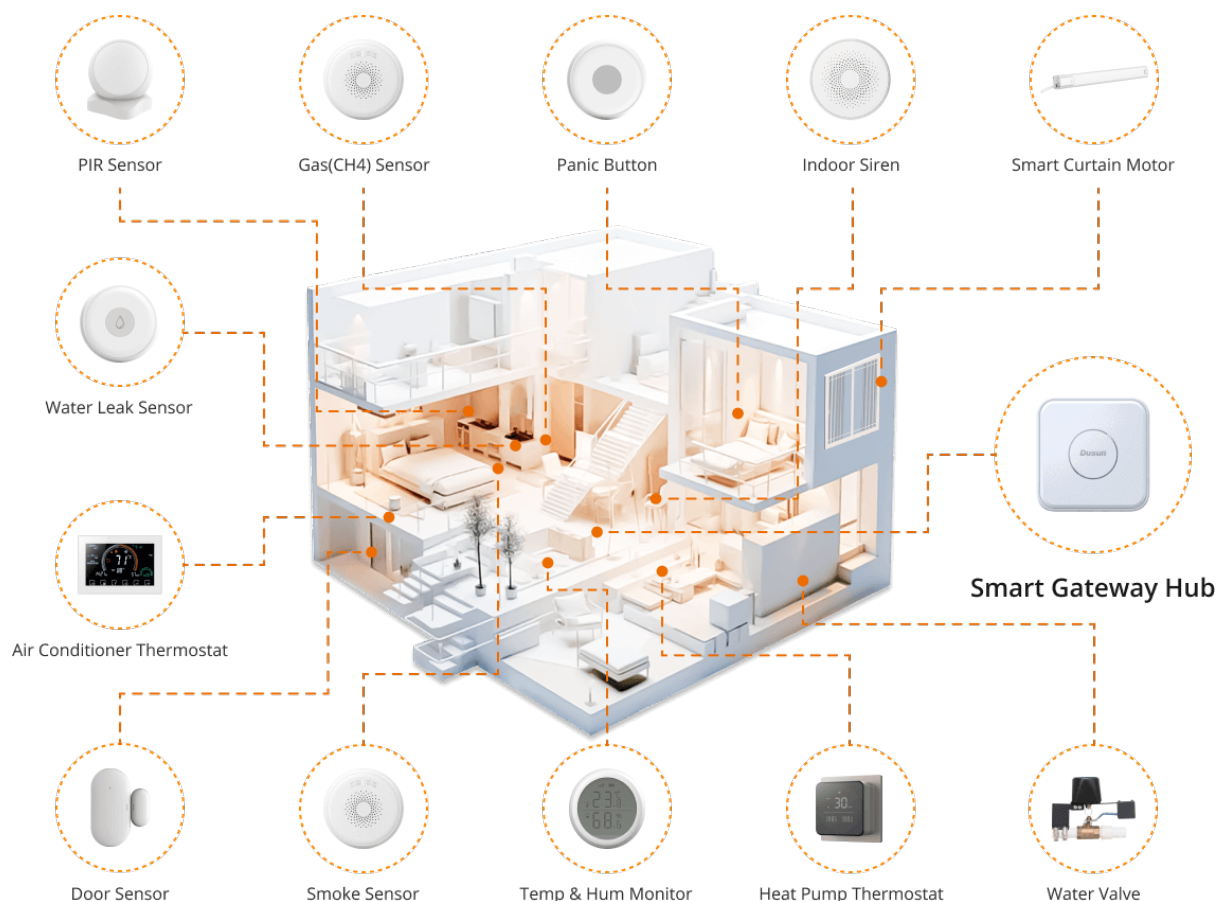


Рис. 1.2.1 - Приклад IoT пристроїв у побуті

Завдяки IoT стає можливою реалізація автоматизованих сценаріїв взаємодії між різними пристроями на основі зібраних даних та заданих правил, що підвищує зручність та енергоефективність. У контексті розроблюваної локальної системи на базі Arduino Uno, IoT-принципи проявляються у зборі даних з датчиків температури, вологості та диму, які обробляються мікроконтролером для керування освітленням (локально через пульт), кліматом та системою пожежогасіння.

Подальший розвиток IoT відкриває перспективи для створення самонавчальних та адаптивних домашніх систем, що оптимізують свою роботу на основі аналізу поведінки користувачів. Отже, IoT є ключовою технологічною основою для побутової автоматизації, забезпечуючи зв'язок між пристроями, обмін інформацією та інтелектуальне керування житловим простором, що є важливим аспектом даної дипломної роботи.

1.3 Arduino як платформа для побудови IoT-систем

Платформа Arduino набула значного поширення серед розробників та дослідників завдяки своїй відкритості, економічній доцільності та універсальності, що зумовило її використання як одного з ключових інструментів для розробки різноманітних систем Інтернету речей, зокрема рішень у сфері побутової автоматизації. Arduino являє собою апаратну обчислювальну платформу, що базується на мікроконтролерах сімейства Atmel AVR, та інтегроване середовище розробки (IDE), яке спрощує процес створення та завантаження програмного коду на мікроконтролер.

Однією з визначальних переваг Arduino для розробки IoT-систем є її простота застосування та доступність. Інтуїтивно зрозуміле середовище програмування, розгалужена документація, велика кількість навчальних матеріалів та активна спільнота користувачів значно полегшують процес освоєння платформи. Це сприяє швидкому прототипуванню та експериментальній перевірці концепцій у галузі Інтернету речей.

Важливою перевагою є також розвинена екосистема сумісних електронних компонентів та функціональних модулів. Для платформи Arduino доступний широкий спектр сенсорів, виконавчих механізмів та комунікаційних модулів (таких як Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet), що забезпечують легкість інтеграції та розширення функціональності розроблюваних систем, зокрема можливостей підключення до мережі.

У контексті побутової автоматизації, Arduino може бути використана для створення різноманітних інтелектуальних пристроїв, починаючи від сенсорів моніторингу параметрів навколишнього середовища і закінчуючи системами керування освітленням, кліматом та безпекою. Її здатність до взаємодії з різними типами датчиків робить її ефективною платформою для збору первинних даних, які є основою для прийняття рішень в IoT-системах.

Слід зазначити, що платформа Arduino Uno, яка використовується в даному дослідженні, має певні обмеження щодо обчислювальної потужності та інтегрованих можливостей мережевого підключення порівняно з мікроконтролерними платформами, спеціалізованими для застосувань в IoT. Для забезпечення повноцінного підключення до мережі Інтернет часто виникає необхідність у використанні додаткових апаратних модулів.

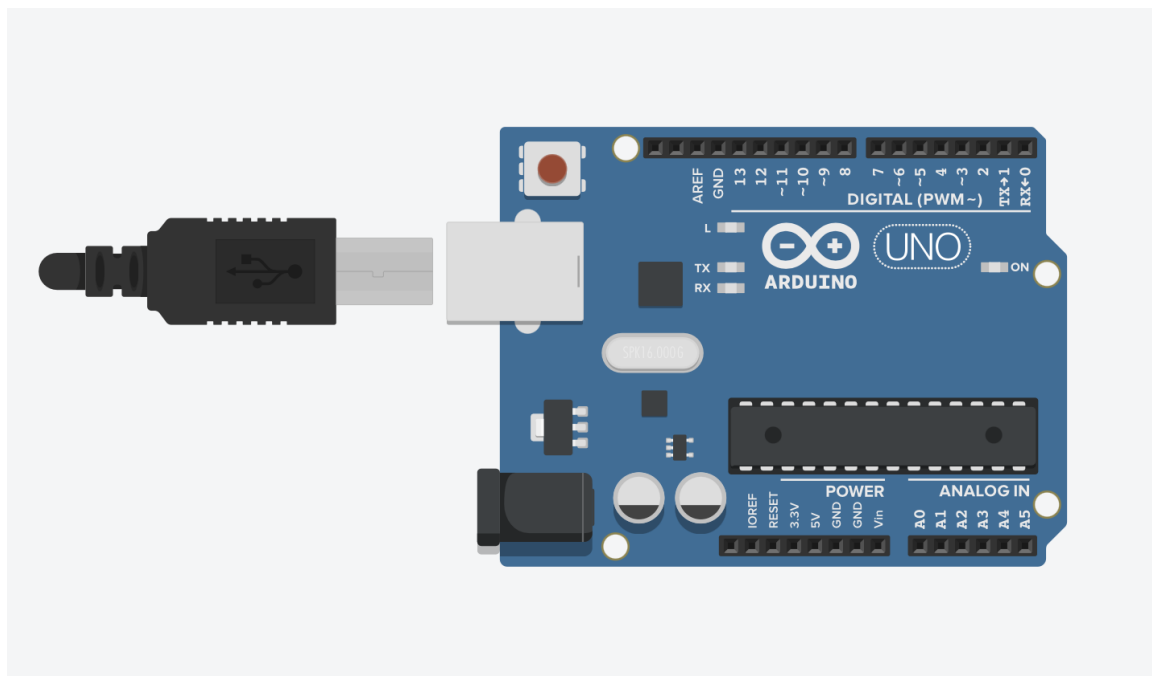


Рис. 1.3.1 - Arduino Uno R3

Попри зазначені обмеження, Arduino залишається цінним інструментом для розробки прототипів та дослідження можливостей IoT-систем завдяки своїй простоті, гнучкості та широкій підтримці. Вона є ефективною платформою для вивчення фундаментальних принципів Інтернету речей та демонстрації концепцій розумного будинку. Подальші розділи роботи будуть присвячені детальному розгляду застосування Arduino Uno для реалізації функціональності розробленої системи керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою.

1.4 Огляд технологій керування освітленням і кліматом

Сучасні системи автоматизації будинку для створення комфортного та енергоефективного життєвого простору використовують різноманітні технологічні підходи до керування освітленням та мікрокліматом.

У сфері керування освітленням еволюція відбулася від простих механічних рішень до інтелектуальних систем. Сьогодні широко застосовуються як традиційні методи, що включають звичайні вимикачі та диммери для регулювання яскравості, так і більш складні системи, що використовують цифрові протоколи передачі даних, такі як DALI, KNX, а також бездротові технології

Zigbee, Z-Wave та Bluetooth Mesh. Останні забезпечують гнучке керування параметрами освітлення, включаючи яскравість та колір, а також інтеграцію з іншими пристроями розумного будинку. Крім того, для оптимізації енергоспоживання використовуються сенсори присутності та освітленості, що автоматично регулюють світло залежно від зовнішніх умов та наявності людей.

Що стосується керування мікрокліматом, то поряд з традиційними та програмованими термостатами, які дозволяють встановлювати бажану температуру та її зміни за розкладом, все більшого поширення набувають інтелектуальні системи. До них належать зональне керування, що забезпечує індивідуальне регулювання температури в різних приміщеннях, та "розумні" термостати з можливістю віддаленого керування та самонавчання для оптимізації енергоспоживання. Важливу роль відіграють системи вентиляції з рекуперацією тепла, що підвищують енергоефективність провітрювання, а також датчики температури та вологості, які є основою для автоматичного регулювання роботи кліматичного обладнання.

Вибір конкретних технологій керування освітленням та мікрокліматом залежить від специфіки проєкту, наявного бюджету та необхідного рівня функціональності. У подальших розділах буде розглянуто застосування мікроконтролера Arduino Uno для реалізації базових функцій у цих сферах.

DS18B20 відрізняється високою точністю та можливістю підключення кількох датчиків до однієї шини.

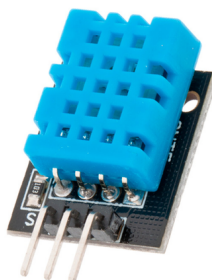


Рис. 2.1.2 - Датчик температури DHT11

Порівнюючи ці типи датчиків, можна відзначити, що вибір конкретного датчика залежить від вимог до точності, діапазону вимірювання, складності обробки сигналу та вартості системи. Для простих систем моніторингу температури часто використовують LM35 завдяки його лінійності та легкості інтеграції. У випадках, коли важливим є одночасне вимірювання температури та вологості, а також простота цифрового інтерфейсу, датчики DHT-серії є вдалим вибором. Для застосувань, що потребують високої точності та можливості адресації кількох датчиків, DS18B20 може бути кращим рішенням. Термістори, хоча й чутливі, вимагають більш складної обробки сигналу для лінеаризації їхньої характеристики.

2.2 Методи та пристрої для моніторингу якості повітря та виявлення пожежної небезпеки

Підтримання здорового та безпечного повітряного середовища в сучасному розумному будинку є завданням, що вирішується за допомогою різноманітних технологічних підходів. Для моніторингу складу повітря та своєчасного виявлення потенційних загроз, таких як продукти горіння, використовуються різні типи сенсорів.

Одним з основних інструментів є датчики диму, принцип дії яких може базуватися на оптичних або іонізаційних методах. Оптичні датчики фіксують розсіювання світлового променя на мікроскопічних частинках диму, тоді як іонізаційні датчики реагують на зміну іонізації повітря, викликану появою

продуктів горіння. Кожен з цих типів має свої переваги та особливості застосування залежно від виду пожежі, яку необхідно виявити.

Окрім виявлення безпосередньо диму, важливим є контроль наявності у повітрі небезпечних газів, таких як чадний газ. Для цього використовуються електрохімічні датчики, які спеціально розроблені для реагування на молекули СО, надаючи інформацію про його концентрацію.

Для ширшого аналізу якості повітря застосовуються газові датчики різного типу. Напівпровідникові сенсори здатні вимірювати рівень вмісту в повітрі широкого спектра летких органічних сполук та інших газів, включаючи ті, що виділяються під час горіння. Аналіз змін опору чутливого елемента такого датчика дозволяє оцінювати загальний стан повітря та фіксувати різкі відхилення, які можуть свідчити про небезпеку. Також існують датчики, що вимірюють концентрацію твердих частинок різного розміру, що є важливим для оцінки забруднення повітря та виявлення задимлення.

Інтеграція цих різноманітних сенсорів у систему розумного будинку створює комплексну картину повітряного середовища. Отримані дані обробляються центральним контролером, який на основі заданих алгоритмів може ініціювати різноманітні дії – від увімкнення вентиляції до активації системи тривоги у разі виявлення критичних змін. Таким чином, комбіноване використання різних методів та пристроїв моніторингу є запорукою створення безпечного та комфортного мікроклімату в сучасному житлі.

2.3 Датчики та системи моніторингу рівня освітленості

У сучасних системах розумного будинку важливу роль відіграє ефективне керування освітленням, для чого необхідний точний моніторинг рівня природного та штучного світла в приміщеннях. Існують різноманітні датчики, здатні вимірювати інтенсивність світлового потоку, кожен з яких має свої особливості та сфери застосування. Одним з найпростіших та найпоширеніших є фоторезистор, принцип дії якого ґрунтується на зміні електричного опору матеріалу під впливом світла. Зі збільшенням освітленості опір фоторезистора зменшується, і навпаки. Це дозволяє використовувати його в простих схемах для якісної оцінки рівня освітлення.

Більш точні вимірювання забезпечують фотодіоди та фототранзистори. Фотодіод генерує електричний струм, пропорційний інтенсивності падаючого на нього

світла, а фототранзистор підсилює цей струм, забезпечуючи вищу чутливість. Ці пристрої характеризуються швидшою реакцією на зміни освітленості та ширшим динамічним діапазоном порівняно з фоторезисторами.

Для кількісного вимірювання рівня освітленості в люксах використовуються люксметри. Вони містять спеціальні фільтри, що коригують спектральну чутливість датчика, наближаючи її до чутливості людського ока. Люксметри забезпечують найбільш точні та стандартизовані вимірювання, що є важливим для систем, де потрібне підтримання певного рівня освітленості для комфорту або енергоефективності.

Системи моніторингу рівня освітленості можуть бути як окремими пристроями, що передають дані на центральний контролер, так і інтегрованими в більш складні датчики мікроклімату. Отримані дані використовуються для автоматичного регулювання штучного освітлення, наприклад, для увімкнення світла при зниженні рівня природного освітлення або для димування світильників з метою економії енергії. Інтеграція даних про освітленість з іншими параметрами розумного будинку, такими як присутність людей, дозволяє створювати більш складні та ефективні сценарії керування освітленням, спрямовані на забезпечення комфорту та оптимізацію енергоспоживання.

2.4 Бездротові технології передачі даних для систем моніторингу

У сфері систем моніторингу мікроклімату та якості повітря бездротові технології передачі даних відіграють ключову роль, забезпечуючи гнучкість встановлення датчиків, масштабованість систем та зручність інтеграції з центральними контролерами або хмарними платформами. Різноманіття доступних бездротових протоколів дозволяє розробникам обирати оптимальне рішення залежно від конкретних вимог до дальності зв'язку, енергоспоживання, пропускної здатності та вартості.

Однією з найпоширеніших технологій є Wi-Fi (IEEE 802.11). Завдяки широкій інфраструктурі домашніх Wi-Fi мереж, вона є зручним вибором для систем, де потрібна висока пропускна здатність для передачі значних обсягів даних, наприклад, показань з багатьох датчиків або навіть потокового відео з камер спостереження, інтегрованих у систему розумного будинку. Однак, Wi-Fi зазвичай характеризується вищим енергоспоживанням порівняно з іншими бездротовими технологіями, що може бути обмеженням для датчиків з автономним живленням.

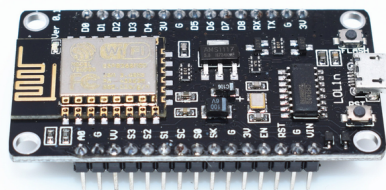


Рис. 2.4.1 - WI-FI модуль NodeMCU ESP8266 CH340

Іншою популярною технологією є Bluetooth (IEEE 802.15.1), особливо його низькоенергетична версія Bluetooth Low Energy (BLE). BLE вирізняється значно нижчим енергоспоживанням, що робить його ідеальним для живлення від батарейок протягом тривалого часу, що є важливим для багатьох датчиків моніторингу. BLE забезпечує надійний зв'язок на невеликих відстанях і часто використовується для безпосереднього підключення датчиків до смартфонів або центральних хабів.

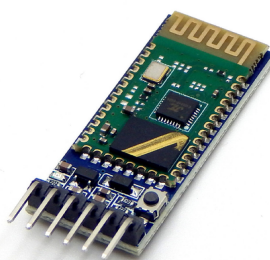


Рис. 2.4.2 - Bluetooth модуль HC-05

Для створення низькошвидкісних мереж з низьким енергоспоживанням, спеціально розроблених для IoT-пристроїв, широко застосовуються протоколи Zigbee (IEEE 802.15.4) та Z-Wave. Ці технології утворюють mesh-мережі, де кожен пристрій може виступати ретранслятором сигналу, значно збільшуючи загальне покриття мережі та забезпечуючи стійкість зв'язку. Zigbee та Z-Wave є оптимальним вибором для великих систем розумного будинку з великою кількістю датчиків та пристроїв керування.

Окрім згаданих, існують й інші бездротові технології, такі як LoRaWAN та NB-IoT, які характеризуються великою дальністю зв'язку та низьким

енергоспоживанням, але зазвичай використовуються для ширших територіальних мереж і можуть бути менш поширеними в типових домашніх системах моніторингу.

Вибір конкретної бездротової технології для системи моніторингу залежить від балансу між вимогами до дальності зв'язку, обсягу переданих даних, енергоспоживання датчиків та загальної вартості системи. Розвиток бездротових технологій продовжується, пропонуючи все більш ефективні та гнучкі рішення для збору та передачі даних у системах розумного будинку.

2.5 Тенденції розвитку технологій моніторингу мікроклімату та якості повітря в розумному будинку

Сфера розумного будинку активно розвивається, і технології моніторингу мікроклімату та якості повітря не є винятком. Спостерігається кілька ключових тенденцій, які визначають майбутній напрямок розвитку цих систем.

Однією з провідних тенденцій є інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (ML). Алгоритми ШІ та ML використовуються для аналізу великих обсягів даних, що надходять від датчиків, виявлення закономірностей, прогнозування змін параметрів мікроклімату та якості повітря, а також для персоналізації роботи систем відповідно до потреб та звичок мешканців. Наприклад, система може самостійно оптимізувати режими вентиляції або опалення на основі прогнозу погоди та історії попередніх налаштувань користувача.

Ще однією важливою тенденцією є підвищення точності та надійності датчиків, а також розширення спектру вимірюваних параметрів. Розробляються нові, більш чутливі та селективні датчики, здатні виявляти широкий спектр забруднюючих речовин у повітрі, включаючи леткі органічні сполуки (ЛОС), дрібнодисперсні частинки (PM2.5 та PM10), рівень вуглекислого газу (CO2) та інші шкідливі гази. Це дозволяє отримувати більш повну картину стану повітря в приміщенні та своєчасно реагувати на потенційні загрози здоров'ю.

Спостерігається тенденція до мініатюризації та зниження енергоспоживання датчиків, що сприяє їхній більш непомітній інтеграції в інтер'єр розумного будинку та забезпечує тривалий термін служби від одного заряду батареї для бездротових пристроїв. Розвиток бездротових технологій з низьким

енергоспоживанням, таких як BLE та Zigbee, є ключовим фактором у цьому напрямку.

Зростає важливість сумісності та інтероперабельності між різними пристроями та екосистемами розумного будинку. Розробники прагнуть до створення відкритих стандартів та протоколів, що дозволяють датчикам мікроклімату та якості повітря безперешкодно взаємодіяти з іншими розумними пристроями, такими як системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря (ОВК), очищувачі повітря та зволожувачі.

Крім того, розвиваються візуалізація даних та інтерфейси користувача, що стають все більш інтуїтивно зрозумілими та інформативними. Користувачі отримують доступ до детальних даних про стан повітря та мікроклімат через мобільні застосунки та веб-інтерфейси, часто з графіками, історичними даними та рекомендаціями щодо покращення якості повітря та комфорту.

Нарешті, зростає увага до інтеграції систем моніторингу з системами енергоменеджменту розумного будинку. Дані про температуру, вологість та якість повітря можуть використовуватися для оптимізації роботи систем ОВК з метою зниження енергоспоживання та зменшення витрат на комунальні послуги.

Усі ці тенденції свідчать про подальший розвиток інтелектуальних, точних, енергоефективних та зручних у використанні систем моніторингу мікроклімату та якості повітря, які ставатимуть невід'ємною частиною сучасного розумного будинку.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НА БАЗІ ARDUINO

3.1 Формулювання вимог до системи моніторингу

Перш ніж перейти до етапу практичної реалізації автоматизованої системи моніторингу мікроклімату та якості повітря на базі мікроконтролера Arduino, необхідно детально визначити її функціональні можливості та експлуатаційні характеристики. Ці вимоги стануть своєрідним компасом, що спрямовуватиме подальший процес проєктування, розробки та оцінки ефективності створеного рішення.

Насамперед, система має забезпечувати безперервне відстеження ключового параметра мікроклімату – температури повітря. Це передбачає регулярне зчитування даних з відповідного датчика та їхню фіксацію для подальшого аналізу та відображення. Важливим аспектом є забезпечення адекватної частоти оновлення температурних показників, щоб користувач мав актуальну інформацію про стан середовища.

Окрім температури, критично важливим є моніторинг якості повітря. У контексті даної роботи це включає виявлення наявності певних газових компонентів або твердих частинок, концентрація яких може свідчити про забруднення повітря або наявність диму як потенційної загрози безпеці. Система повинна бути спроможною фіксувати ці параметри з достатньою чутливістю для своєчасного реагування на зміни.

Для забезпечення зручності користування передбачається візуалізація зібраних даних. На початковому етапі проєкту планується використовувати РК-дисплей, підключений до мікроконтролера Arduino, для відображення поточної інформації про виміряні температуру та якість повітря. Такий підхід дозволить користувачеві отримувати швидкий візуальний feedback про стан контрольованого середовища.

Не менш важливим є аспект оповіщення у випадку виявлення небезпечних ситуацій. Якщо система зафіксує критичні значення параметрів якості повітря, що можуть становити загрозу, вона повинна своєчасно попередити користувача. Для цього на першому етапі реалізації передбачається використання звукового сигналу, що генеруватиметься п'єзовипромінювачем.

З точки зору експлуатаційних характеристик, до системи висуваються вимоги надійності та стабільності функціонування протягом тривалого часу.

Безперервний збір та коректна обробка даних є ключовими для забезпечення довіри користувача до системи. Також важливим фактором є економічність розробленого рішення, що обумовлює вибір доступної платформи Arduino та відносно недорогих сенсорних компонентів. Зважаючи на навчальний характер проєкту, важливе значення має простота розробки та налагодження системи в середовищі віртуального моделювання Tinkercad.

Цей комплекс сформульованих вимог визначає основні функціональні можливості та експлуатаційні характеристики майбутньої системи моніторингу, слугуючи орієнтиром для подальших етапів проєктування та реалізації.

3.2 Вибір апаратних засобів (Arduino Uno, датчики, РК-дисплей, звуковий сигналізатор)

Для реалізації спроектованої автоматизованої системи моніторингу мікроклімату та якості повітря було здійснено обґрунтований вибір ключових апаратних компонентів, кожен з яких відіграє важливу роль у забезпеченні функціональності системи.

В якості центрального керуючого елемента було обрано мікроконтролер Arduino Uno. Це рішення зумовлене його широкою популярністю, доступністю, наявністю великої кількості навчальних матеріалів та розвиненою спільнотою розробників. Arduino Uno надає достатню кількість цифрових та аналогових виводів для підключення необхідних сенсорів та виконавчих пристроїв, а його програмне середовище розробки є інтуїтивно зрозумілим, що спрощує процес програмування та налагодження, особливо на етапі віртуального моделювання в середовищі Tinkercad.

Для вимірювання одного з ключових параметрів мікроклімату – температури – було обрано датчик температури LM35. Цей аналоговий датчик характеризується лінійною залежністю вихідної напруги від температури, що значно спрощує процес перетворення отриманих даних у градуси Цельсія за допомогою аналогового входу Arduino Uno. Його достатня точність та стабільність роблять його придатним для завдань моніторингу в житлових приміщеннях.

Для контролю якості повітря та виявлення потенційної загрози задимлення було обрано датчик газу MQ-серії (MQ-2). Цей напівпровідниковий датчик є чутливим до широкого спектра газів, включаючи продукти горіння, що дозволяє використовувати його як для оцінки загального стану повітря, так і для виявлення різкого збільшення концентрації диму. Аналоговий вихід датчика підключається

до аналогового входу Arduino Uno для постійного моніторингу рівня газової концентрації.

Для відображення зібраних даних про температуру та якість повітря передбачено використання РК-дисплея (LCD 16x2). Цей пристрій забезпечує візуалізацію інформації в зручному для користувача форматі, дозволяючи оперативно отримувати дані про стан контролюваного середовища. Підключення РК-дисплея до Arduino Uno здійснюється через цифрові виводи.

Нарешті, для забезпечення звукового оповіщення у випадку виявлення критичних рівнів забруднення повітря, до системи інтегровано звуковий сигналізатор (п'єзоелемент). Цей простий та ефективний пристрій дозволяє генерувати звукові сигнали тривоги, привертаючи увагу користувача до потенційної небезпеки. Керування п'єзоелементом здійснюється через один з цифрових виводів Arduino Uno.

Вибір саме цих апаратних засобів ґрунтується на їхній функціональності, сумісності з платформою Arduino Uno, доступності для моделювання в Tinkercad, відносно низькій вартості та здатності забезпечити виконання основних вимог, сформульованих для системи моніторингу мікроклімату та якості повітря.

До перелічених компонентів також слід додати маленький мотор, який у віртуальному середовищі Tinkercad слугуватиме імітацією вентилятора. Цей мотор підключається до одного з цифрових виводів Arduino Uno через транзисторний ключ або безпосередньо, якщо його робоча напруга та струм відповідають можливостям мікроконтролера. Логіка керування мотором передбачає його автоматичне ввімкнення у випадку, якщо температура, зафіксована датчиком LM35, перевищить встановлений пороговий показник, забезпечуючи таким чином базову функціональність клімат-контролю.

Для реалізації керування освітленням до системи було інтегровано ультразвуковий датчик відстані. Цей датчик підключається до цифрових виводів Arduino Uno та використовується для виявлення присутності об'єктів поблизу. Згідно з задумом, при наближенні людини до датчика на певну відстань, Arduino Uno подаватиме сигнал на лампочку, підключену через реле або транзистор, вмикаючи таким чином освітлення.

Крім того, в схемі присутній сервопривід, який підключається до одного з цифрових виводів з підтримкою ШІМ. У даній конфігурації сервопривід виконує функцію автоматичного відчинення дверей. Логіка керування передбачає, що при певних умовах (наприклад, виявлення присутності перед дверима за допомогою

ультразвукового датчика або отримання сигналу від іншого модуля системи), Arduino Uno керуватиме кутом повороту сервопривода, забезпечуючи відчинення дверей.

Таким чином, обраний набір апаратних засобів, включаючи Arduino Uno, датчики температури та газу, РК-дисплей, звуковий сигналізатор, мотор (імітатор вентилятора), ультразвуковий датчик відстані, лампочку та сервопривід, надає можливість реалізувати не лише функції моніторингу мікроклімату та якості повітря, але й базове автоматизоване керування освітленням та імітацію відчинення дверей, що розширює функціональність розробленої системи розумного будинку в віртуальному середовищі Tinkercad.

3.3 Схема з'єднання в середовищі Tinkercad

У віртуальному середовищі розробки Tinkercad було створено детальну схему електричних з'єднань автоматизованої IoT-системи керування розумним будинком. Схема включає дві плати Arduino Uno (U1 та U2), кожен з яких відповідає за певну частину функціональності системи, та ряд периферійних компонентів, необхідних для реалізації керування освітленням, моніторингу мікроклімату та імітації елементів пожежної безпеки.

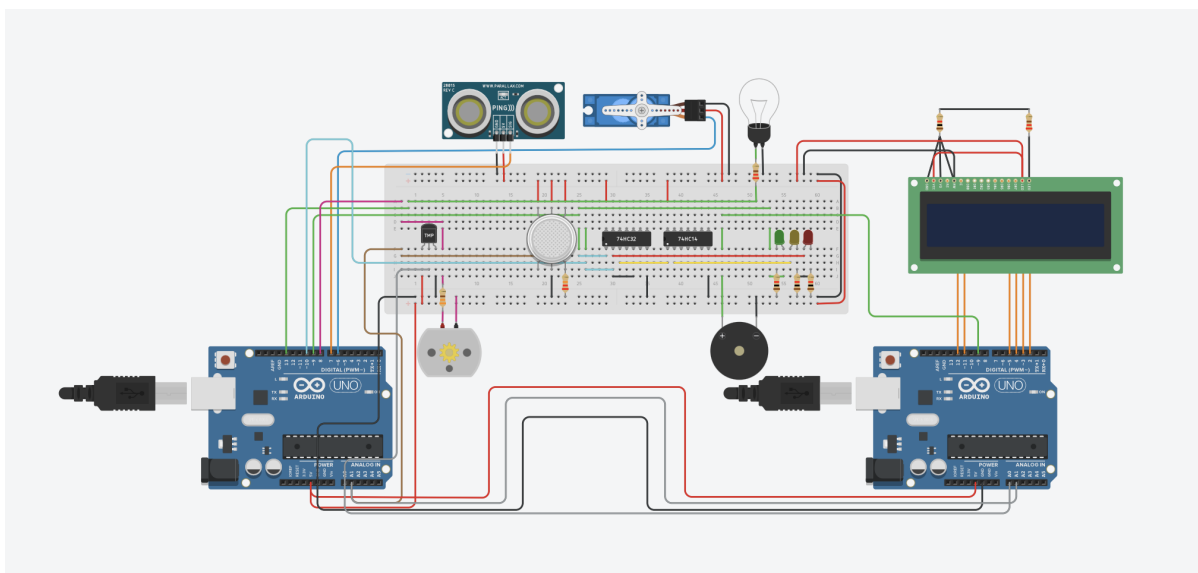


Рис. 3.3.1 - Схема з'єднання

Arduino Uno (U2): Керування інтерфейсом користувача та освітленням

Одна з плат Arduino Uno (U2) у схемі відповідає за взаємодію з користувачем та керування освітленням. До її цифрових виводів підключено:

- РК-дисплей (LCD 16x2): Використовується для відображення інформації про поточну температуру та якість повітря. Підключення здійснюється до цифрових пінів Arduino (D4-D7, EN, RS), що є стандартним інтерфейсом для керування LCD-дисплеями з використанням бібліотеки LiquidCrystal.
- Сервопривід (SERVO1): Підключений до цифрового піна 6. Згідно з програмним кодом Arduino 1, цей сервопривід використовується для імітації відчинення дверей при виявленні об'єкта ультразвуковим датчиком.
- Логічні елементи (U4: 74HC32 - АБО, U5: 74HC14 - інвертуючий тригер Шмітта): Ці мікросхеми використовуються для комбінування та обробки цифрових сигналів. На схемі видно їхнє підключення до світлодіодів D1 (червоний), D2 (зелений) та D3 (жовтий). Ці світлодіоди використовуються для візуальної індикації стану системи.

Arduino Uno (U1): Моніторинг середовища та керування виконавчими пристроями

Друга плата Arduino Uno (U1) відповідає за збір даних з датчиків та керування виконавчими пристроями:

- Ультразвуковий датчик (PING1): Підключений до цифрового піна 7. Згідно з кодом Arduino 1, цей датчик використовується для вимірювання відстані до об'єкта перед дверима та керування сервоприводом і лампочкою освітлення.
- Датчик температури : Підключений до аналогового входу A0. Використовується для вимірювання температури навколишнього середовища.
- Датчик газу : Підключений до аналогового входу A1. Використовується для моніторингу якості повітря та виявлення потенційного задимлення.
- DC-мотор (M1): Підключений через транзистор (Q2) та реле (RELAY2) до цифрового виводу Arduino (ймовірно, пін 8). Використовується для імітації вентилятора, що вмикається при перевищенні встановленого температурного порогу.
- Лампочка (L1): Підключена через транзистор (Q1) та реле (RELAY1) до цифрового виводу Arduino (ймовірно, пін 13). Вмикається при виявленні об'єкта ультразвуковим датчиком.
- П'єзовипромінювач (BUZZER1): Підключений до цифрового виводу Arduino (ймовірно, пін 9 з коду Arduino 2). Використовується для звукового оповіщення при виявленні низької якості повітря.
- Світлодіоди (RED, GREEN): Підключені до цифрових виводів Arduino (піни 10 та 9 відповідно з коду Arduino 1) для візуальної індикації якості повітря (зелений – добре, червоний – погано).

З'єднання між Arduino:

Важливою особливістю схеми є з'єднання аналогових виводів обох плат Arduino. Аналоговий вихід A0 з Arduino (U1) підключений до аналогового входу A0 Arduino (U2), і аналоговий вихід A1 з Arduino (U1) підключений до аналогового входу A1 Arduino (U2). Це свідчить про те, що Arduino (U1) передає аналогові значення, що представляють дані з датчика температури та датчика газу, на Arduino (U2) для подальшої обробки та відображення на РК-дисплеї.

Таким чином, схема з'єднання в Tinkercad відображає розподілену архітектуру системи, де одна Arduino відповідає за збір даних з основних датчиків та керування виконавчими пристроями, пов'язаними з мікрокліматом та освітленням, а інша – за інтерфейс користувача (РК-дисплей) та керування дверима. Обмін даними між платами відбувається через аналогові сигнали, що передаються з однієї Arduino на іншу.

3.4 Алгоритми роботи функціональних модулів

Функціонування розробленої автоматизованої IoT-системи керування у розумному будинку базується на чіткій послідовності дій, визначеній алгоритмами для кожного з її функціональних модулів, забезпечуючи їхню скоординовану роботу.

Модуль керування освітленням активується на основі даних з ультразвукового датчика відстані, підключеного до однієї з плат Arduino Uno. Система безперервно аналізує відстань до об'єктів у зоні дії датчика. При наближенні людини або іншого об'єкта на відстань, меншу за встановлений поріг, відбувається ввімкнення лампочки освітлення через відповідний керуючий сигнал на реле. Одночасно з цим, інша плата Arduino Uno отримує команду на поворот сервопривода, що імітує відчинення дверей, створюючи сценарій зустрічі користувача. Після віддалення об'єкта на безпечну відстань, сервопривід повертається у вихідне положення, а освітлення вимикається.

Контроль мікроклімату здійснюється шляхом періодичного зчитування температурних показників з відповідного датчика. Отримана аналогова інформація обробляється мікроконтролером, перетворюється на цифрові значення температури та передається для відображення на РК-дисплеї. Крім того, система відстежує поточну температуру та, при її перевищенні заданого комфортного порогу, активує DC-мотор, що виконує функцію віртуального вентилятора, забезпечуючи таким чином регулювання температури в приміщенні.

Модуль пожежної безпеки функціонує на основі даних, що надходять від датчика газу, який виконує подвійну функцію – моніторингу якості повітря та виявлення продуктів горіння. Аналогові сигнали з датчика обробляються для визначення рівня забруднення повітря. У випадку різкого зростання концентрації газів або досягнення певних порогових значень, що можуть свідчити про задимлення, система генерує попереджувальні сигнали. На РК-дисплеї відображається інформація про якість повітря, а при досягненні небезпечного рівня вмикається звуковий сигналізатор та змінюється стан світлодіодів індикації, попереджаючи про можливу загрозу.

Таким чином, злагоджена робота цих алгоритмів забезпечує комплексну автоматизацію ключових аспектів життєвого середовища в розумному будинку, від адаптивного керування освітленням та підтримки комфортного мікроклімату до своєчасного виявлення потенційних небезпек.

3.5 Характеристика використаних датчиків та компонентів

Центральним елементом системи керування є мікроконтролер Arduino Uno. Ця плата забезпечує обчислювальні можливості для обробки даних з датчиків та керування виконавчими пристроями. Її вибір обумовлений доступністю, широкою підтримкою та великою кількістю бібліотек, що спрощує розробку.

Для виявлення присутності об'єктів використовується ультразвуковий датчик відстані. Він генерує ультразвукові хвилі та вимірює час їх повернення після відбиття від перешкоди, що дозволяє точно визначати відстань. Цей датчик застосовується для керування освітленням та імітації відчинення дверей при наближенні людини.



Рис. 3.5.1 - Ультразвуковий датчик відстані

Моніторинг температури навколишнього середовища здійснюється за допомогою датчика температури (LM35). Цей аналоговий датчик перетворює температуру в електричний сигнал, який зчитується Arduino Uno для контролю мікроклімату та керування віртуальним вентилятором.

Для оцінки якості повітря та виявлення потенційного задимлення використовується датчик газу (MQ-2). Цей напівпровідниковий датчик реагує на різні гази, включаючи продукти горіння, надаючи інформацію про рівень забруднення повітря.

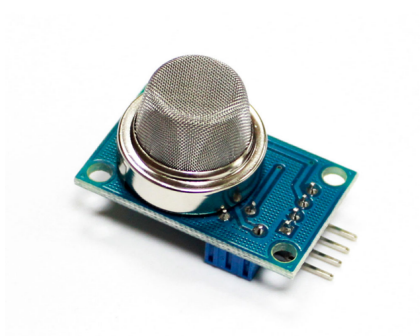


Рис. 3.5.3 - Датчик газу (MQ-2)

Функцію імітації відчинення дверей виконує сервопривід. Цей електромеханічний пристрій забезпечує поворотний рух на певний кут, що використовується для візуалізації відчинення дверей.



Рис. 3.5.4 - Сервопривід

Для імітації роботи системи вентиляції застосовується DC-мотор. Його ввімкнення та вимкнення контролюється Arduino Uno на основі даних з датчика температури для підтримання заданого мікроклімату.

Візуальне відображення інформації про температуру та якість повітря здійснюється за допомогою РК-дисплея (LCD 16x2). Цей компонент підключається до Arduino Uno та відображає текстові або цифрові дані.



Рис. 3.5.5 - РК-дисплей (LCD 16x2)

Звукове сповіщення про низьку якість повітря або потенційну небезпеку здійснюється за допомогою п'єзовипромінювача (Buzzer). Він генерує звуковий сигнал під керуванням Arduino Uno.



Рис. 3.5.6 - Buzzer

Візуальна індикація стану якості повітря здійснюється за допомогою світлодіодів (червоного та зеленого). Їхній стан контролюється Arduino Uno на основі даних з датчика газу.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1 Структура програмного коду для Arduino Uno

Програмний код для мікроконтролерів Arduino Uno, що забезпечує функціонування автоматизованої IoT-системи керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою, розроблено в середовищі Arduino IDE на мові C++. Враховуючи розподілену архітектуру системи з використанням двох плат Arduino Uno, програмний код для кожної плати має свою специфічну структуру, хоча й базується на спільних принципах.

Загальна структура програмного коду для кожної плати Arduino включає декілька ключових розділів:

1. Підключення бібліотек: На початку коду здійснюється підключення необхідних бібліотек, які спрощують роботу з певними апаратними компонентами. До таких бібліотек належать *LiquidCrystal.h* для керування РК-дисплеєм та *Servo.h* для керування сервоприводом.
2. Оголошення глобальних констант та змінних: У цьому розділі визначаються піни Arduino, до яких підключені різні датчики та виконавчі пристрої (наприклад, `const int ultrasonicSensor = 7;`, `const int tempSensor = A0;`, `int servoPin = 9;` тощо). Також оголошуються глобальні змінні, які використовуються для зберігання значень, отриманих від датчиків (наприклад, `temperature`, `smokeLevel`, `cm`), та об'єктів керування (наприклад, `Servo myServo;`, `LiquidCrystal lcd(...)`).
3. Функція `setup()`: Ця функція виконується один раз при запуску програми. У ній відбувається ініціалізація пінів вводу/виводу за допомогою функції `pinMode()`, ініціалізація послідовного порту для налагодження (`Serial.begin()`), ініціалізація РК-дисплея (`lcd.begin()`), підключення сервопривода до відповідного піна (`servo.attach()`) та інші початкові налаштування.
4. Функція `loop()`: Ця функція виконується циклічно після завершення функції `setup()`. Вона містить основну логіку роботи системи, включаючи послідовне виконання функцій опитування датчиків, обробки отриманих даних та керування виконавчими пристроями.
5. Функції керування функціональними модулями: Програмний код структуровано у вигляді окремих функцій, кожна з яких відповідає за роботу певного функціонального модуля системи:

- *openDoor()* (Arduino 1): Містить алгоритм керування сервоприводом дверей на основі даних з ультразвукового датчика відстані.
 - *tempetureControl()* (Arduino 1 та Arduino 2): Відповідає за зчитування даних з датчика температури, їх перетворення та (на Arduino 2) виведення на РК-дисплей, а також (на Arduino 1) керування віртуальним вентилятором.
 - *smokeControl()* (Arduino 1 та Arduino 2): Здійснює зчитування даних з датчика газу, їх обробку для визначення рівня якості повітря та реалізацію логіки оповіщення (звуковий сигнал та індикація світлодіодами).
 - *setColor()* (якщо використовується керування RGB-світлодіодом): Містить алгоритм зміни кольору світіння RGB-світлодіода на основі команд, отриманих від ПЧ-пульта (якщо ця функціональність реалізована).
6. Допоміжні функції: У коді присутні допоміжні функції для виконання специфічних завдань, таких як перетворення аналогових значень в фізичні величини (*map()*), виведення інформації на РК-дисплей (*lcd.print()*, *lcd.setCursor()*), генерація звукових сигналів (*analogWrite()* для п'єзовипромінювача) та керування цифровими виходами (*digitalWrite()*).

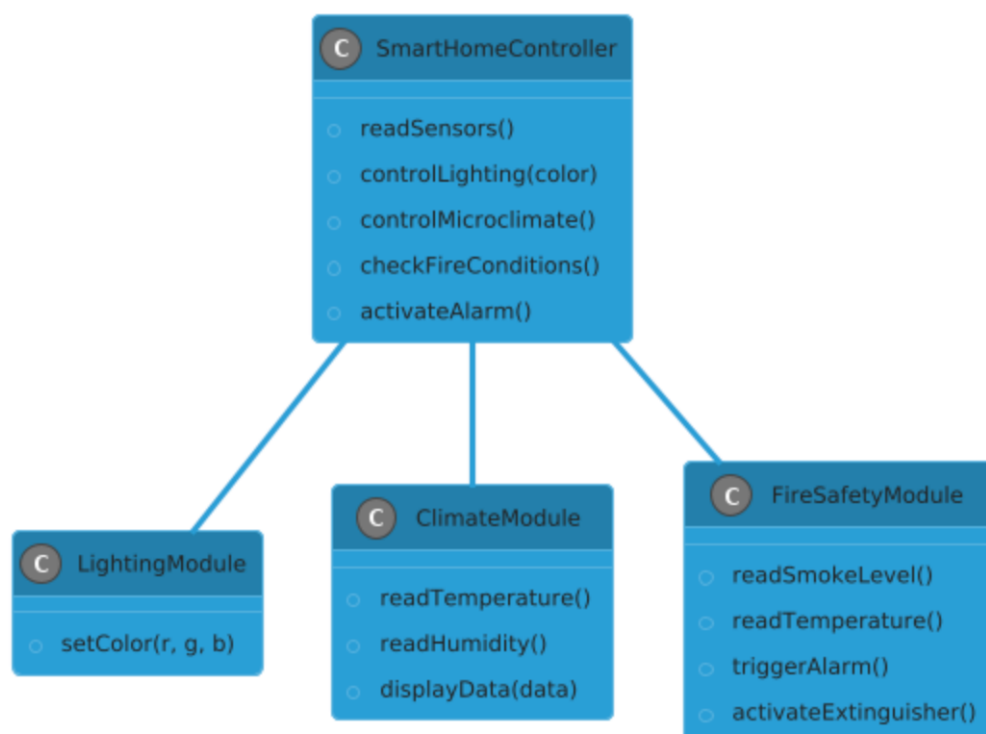


Рис. 4.1.1 – Діаграма класів

Структурування програмного коду на окремі функціональні модулі полегшує його розуміння, налагодження та подальше розширення. Кожна плата Arduino Uno виконує свій набір функцій, обмінюючись даними (у даному випадку через

аналогові піни) для забезпечення злагодженої роботи всієї автоматизованої системи керування розумним будинком.

4.2 Опис функцій керування освітленням

Програмна реалізація модуля керування освітленням у розробленій автоматизованій IoT-системі базується на обробці даних, отриманих від ультразвукового датчика відстані, та керуванні відповідними виконавчими пристроями – лампочкою освітлення та сервоприводом дверей.

Функція *openDoor()*, що виконується на платі Arduino Uno, відповідає за керування освітленням на основі відстані до об'єкта. Алгоритм роботи цієї функції наступний:

1. На початку функції налаштовується режим роботи цифрового піна, до якого підключено ультразвуковий датчик, на вихід, і на нього подається короткий імпульс низького рівня, за яким слідує імпульс високого рівня тривалістю 5 мікросекунд. Це необхідно для ініціювання вимірювання відстані датчиком.
2. Потім режим роботи того ж піна змінюється на вхід, і за допомогою функції *pulseIn()* вимірюється тривалість імпульсу високого рівня, що є часом від моменту відправлення ультразвукового сигналу до отримання відбитого сигналу.
3. Отримана тривалість імпульсу переводиться у відстань в сантиметрах за допомогою формули, що враховує швидкість звуку. Оскільки сигнал проходить подвійну відстань (до об'єкта і назад), результат ділиться на 2.
4. Далі відбувається порівняння виміряної відстані (cm) з встановленим пороговим значенням у 60 сантиметрів.
5. Якщо відстань до об'єкта є меншою або рівною 60 сантиметрам, що інтерпретується як наближення людини, сервопривід, підключений до цифрового піна 6, повертається на кут 180 градусів, імітуючи відчинення дверей. Одночасно з цим на цифровий пін, до якого підключено лампочку освітлення (bulb, пін 13), подається високий рівень сигналу, вмикаючи світло.
6. Якщо відстань до об'єкта перевищує 60 сантиметрів, через затримку в 2000 мілісекунд сервопривід повертається у вихідне положення (0 градусів), а на пін лампочки подається низький рівень сигналу, вимикаючи світло.

```

if(cm <= 60){
    servo.write(180);
    digitalWrite(bulb, HIGH);
}else if (cm > 60 ){
    delay(2000);
    servo.write(0);
    digitalWrite(bulb, LOW);
}

```

Рис. 4.2.1 - Автоматичне вмикання освітлення

Таким чином, реалізований алгоритм забезпечує автоматичне ввімкнення освітлення та імітацію відчинення дверей при наближенні людини до будинку, підвищуючи зручність користування системою розумного будинку.

4.3 Опис функцій контролю мікроклімату та пожежною безпекою

Програмна реалізація модуля контролю мікроклімату та системи пожежної безпеки в розробленій автоматизованій IoT-системі передбачає обробку даних з відповідних датчиків та керування виконавчими пристроями для забезпечення комфортного середовища та своєчасного виявлення небезпечних ситуацій.

Контроль мікроклімату:

Функція *temperatureControl()*, що виконується на платі Arduino Uno, відповідає за моніторинг температури та керування віртуальним вентилятором. Алгоритм роботи цієї функції наступний:

1. Зчитується аналогове значення з датчика температури, підключеного до аналогового входу A0 (*tempSensor*).
2. Отримане аналогове значення перетворюється на значення температури в градусах Цельсія за допомогою функції *map()*, яка лінійно відображає вхідний діапазон значень датчика на вихідний температурний діапазон (-40°C до +125°C).
3. Отримане значення температури виводиться на РК-дисплей за допомогою бібліотеки *LiquidCrystal*, відображаючи текст "Actual Temp" та числове значення температури з позначенням градусів Цельсія.
4. Одночасно здійснюється порівняння поточного значення температури з встановленим порогом у 27°C.
5. Якщо температура перевищує поріг, на цифровий вивід, до якого підключено DC-мотор (*dcMotor*, пін 8), подається високий рівень сигналу, що призводить до ввімкнення віртуального вентилятора.

6. Якщо температура нижча або дорівнює порогу, на відповідний цифровий вивід подається низький рівень сигналу, вимикаючи вентилятор.

```
void tempertureControl(){
    int tmp = analogRead(tempSensor);
    int isTmpCelsius = map(tmp, 20, 358, -40, 125);
    digitalWrite(dcMotor, isTmpCelsius > 27 ? HIGH : LOW);
}
```

Рис. 4.3.1 - Температурний контроль

```
void tempertureControl(){
    int tmp = analogRead(A0);
    int tmpCelsius = map(tmp, 20, 358, -40, 125);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("Actual Temp");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(tmpCelsius);
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print("C");
    delay(1000);
}
```

Рис. 4.3.2 - Вивід показників температури на дисплей

Система пожежної безпеки:

Функція *smokeControl()*, що виконується на платі Arduino Uno, відповідає за моніторинг якості повітря (який може свідчити про наявність диму) та активацію системи оповіщення. Алгоритм роботи цієї функції наступний:

1. Зчитується аналогове значення з датчика газу, підключеного до аналогового входу A1 (*gasSensor*).
2. Отримане аналогове значення перетворюється на умовний відсоток якості повітря в діапазоні від 0 до 100 за допомогою функції *map()*, яка лінійно відображає вхідний діапазон значень датчика на цей відсотковий діапазон.
3. На РК-дисплей виводиться текст "Air Quality".
4. Далі здійснюється аналіз отриманого відсоткового значення якості повітря:
 - Якщо значення менше 50, на дисплей виводиться "Good".
 - Якщо значення знаходиться в діапазоні від 50 до 80 (включно), на дисплей виводиться "Warning" та генерується короткий звуковий сигнал через

п'єзовипромінювач (buzzer, пін 9) шляхом подачі на нього ШІМ-сигналу з частотою, що відповідає значенню 210, на 250 мілісекунд.

- Якщо значення більше 80, на дисплей виводиться "Dangerous" та генерується тривалий звуковий сигнал через п'єзовипромінювач шляхом подачі на нього ШІМ-сигналу з частотою, що відповідає значенню 80, на 1000 мілісекунд.

```
void smokeControl(){
    int gas = analogRead(gasSensor);
    int isGasMap = map(gas, 682, 950, 0, 100);
    digitalWrite(greenPin, isGasMap < 50 ? HIGH : LOW );
    digitalWrite(redPin, isGasMap > 80 ? HIGH : LOW );
}
```

Рис. 4.3.3 - Контроль якості повітря (задимленості)

```
void smokeControl(){
    int gas = analogRead(gasSensor);
    int gasMap = map(gas, 682, 950, 0, 100);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("Air Quality");
    lcd.setCursor(7,1);
    if (gasMap<50){
        lcd.setCursor(6,1);
        lcd.print("Good");
    }
    else if (gasMap> 50 && gasMap < 80){
        lcd.setCursor(5,1);
        lcd.print("Warning");
        analogWrite(buzzer,210);
        delay(250);
        analogWrite(buzzer,0);
    }
    else if (gasMap > 80){
        lcd.setCursor(3,1);
        lcd.print("Dangerous");
        analogWrite(buzzer,80);
        delay(1000);
        analogWrite(buzzer,0);
    }
    delay(1000);
}
```

Рис. 4.3.4 - Вивід стану повітря на дисплей

Таким чином, програмна реалізація модуля контролю мікроклімату забезпечує автоматичне регулювання температури за допомогою віртуального вентилятора, а модуль пожежної безпеки здійснює моніторинг якості повітря та оповіщення користувача у разі виявлення потенційної небезпеки задимлення за допомогою звукових сигналів та текстових повідомлень на дисплеї.

4.4 Опис функцій керування сервоприводом та індикацією

Програмна реалізація функцій керування сервоприводом та індикацією в розробленій автоматизованій IoT-системі забезпечує взаємодію з механізмом відчинення дверей та візуальне сповіщення про стан якості повітря.

Керування сервоприводом:

Функція *openDoor()*, що виконується на платі Arduino Uno, відповідає за керування сервоприводом, підключеним до цифрового піна 6 (*servo*). Алгоритм роботи цієї функції наступний:

1. Функція опитує ультразвуковий датчик відстані, визначаючи відстань до об'єкта перед ним.
2. Якщо виміряна відстань є меншою або рівною 60 сантиметрам, що інтерпретується як наближення людини до дверей, сервопривід отримує команду на поворот на 180 градусів (*servo.write(180)*). Це імітує процес відчинення дверей.
3. Якщо відстань перевищує 60 сантиметрів, після затримки в 2000 мілісекунд сервопривід повертається у вихідне положення (0 градусів, *servo.write(0)*), імітуючи зачинення дверей.

Таким чином, сервопривід автоматично змінює своє положення залежно від присутності людини поблизу дверей, реалізуючи базову функціональність автоматичного керування доступом.

Індикація стану якості повітря:

Індикація стану якості повітря реалізується за допомогою світлодіодів (червоного та зеленого), підключених до цифрових виводів Arduino Uno (*redPin* - пін 10, *greenPin* - пін 9), у функції *smokeControl()*. Алгоритм роботи індикації наступний:

1. Функція *smokeControl()* аналізує рівень якості повітря, отриманий від датчика газу та перетворений у відсотковий діапазон.
2. Якщо рівень якості повітря є "Good" (менше 50%), на цифровий вивід, підключений до зеленого світлодіода (*greenPin*), подається високий рівень сигналу (*digitalWrite(greenPin, HIGH)*), вмикаючи зелений світлодіод. На цифровий вивід, підключений до червоного світлодіода (*redPin*), подається низький рівень сигналу (*digitalWrite(redPin, LOW)*), вимикаючи червоний світлодіод.
3. Якщо рівень якості повітря є "Dangerous" (більше 80%), на цифровий вивід, підключений до червоного світлодіода (*redPin*), подається високий рівень

сигналу (*digitalWrite(redPin, HIGH)*), вмикаючи червоний світлодіод. На цифровий вивід, підключений до зеленого світлодіода (*greenPin*), подається низький рівень сигналу (*digitalWrite(greenPin, LOW)*), вимикаючи зелений світлодіод.

4. У проміжному стані "Warning" (50-80%), стан світлодіодів не змінюється, але генерується звуковий сигнал.

Таким чином, зелений світлодіод індикує прийнятну якість повітря, а червоний світлодіод сигналізує про потенційно небезпечний рівень забруднення, надаючи користувачеві візуальну інформацію про стан повітряного середовища.

5 ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ У TINKERCAD

5.1 Створення віртуального макету

Віртуальне моделювання автоматизованої IoT-системи керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку було здійснено в інтерактивному середовищі Tinkercad. Цей етап став ключовим у процесі розробки, оскільки дозволив створити функціональну віртуальну копію майбутньої системи, дослідити її поведінку та протестувати алгоритми керування без необхідності використання реальних електронних компонентів на початковій стадії.

У віртуальному робочому просторі Tinkercad було ретельно відтворено електричну схему системи. Центральними елементами макету стали дві віртуальні плати Arduino Uno, кожна з яких виконує визначений набір завдань. Одна плата була сконфігурована для керування інтерфейсом користувача та підсистемою освітлення. До її цифрових виводів було підключено віртуальний РК-дисплей, призначений для відображення інформації про поточні значення температури та стан якості повітря, а також віртуальний сервопривід, що імітує механізм відчинення дверей. Для обробки логічних сигналів та керування світлодіодами індикації стану системи також було інтегровано віртуальні логічні елементи.

Друга плата Arduino Uno була задіяна для моделювання збору даних від сенсорного блоку та керування виконавчими пристроями. До її аналогових входів було підключено віртуальні моделі ультразвукового датчика відстані, датчика температури та датчика газу, що дозволило імітувати процеси виявлення присутності, вимірювання температури та аналізу якості повітря відповідно. До цифрових виводів цієї плати було під'єднано віртуальні моделі DC-мотора, що імітує вентилятор, лампочки освітлення та п'єзовипромінювача для звукових сповіщень. Також було додано віртуальні світлодіоди для візуальної індикації стану якості повітря.

Для забезпечення взаємодії між двома віртуальними платами Arduino було використано віртуальні аналогові з'єднання. Аналогові виходи першої плати, до яких підключено віртуальні датчики температури та газу, були з'єднані з аналоговими входами другої плати. Це дозволило імітувати передачу аналогових сигналів, що представляють виміряні значення, для подальшої обробки та відображення на віртуальному РК-дисплеї, керованому другою платою Arduino.

Створення детального віртуального макету в Tinkercad дозволило не лише візуалізувати електричні з'єднання всіх компонентів системи, але й отримати можливість для подальшого завантаження програмного коду на віртуальні плати Arduino та проведення симуляції роботи системи в різних сценаріях, що є важливим етапом у процесі розробки та тестування автоматизованих IoT-систем.

5.2 Тестування модуля контролю температури

Етап тестування модуля контролю температури був спрямований на оцінку коректності зчитування температурних показників віртуальним датчиком LM35 та адекватності роботи алгоритму керування віртуальним вентилятором на основі отриманих даних у середовищі Tinkercad.

Процес тестування розпочався зі створення простого віртуального стенду, що включав плату Arduino Uno та підключений до неї датчик температури LM35. Було завантажено програмний код, відповідальний за зчитування аналогових даних з датчика, їх перетворення у градуси Цельсія за допомогою функції `map()` та виведення отриманого значення на віртуальний послідовний порт Arduino.

Для імітації зміни температури навколишнього середовища використовувався інструмент зміни параметрів компонента Tinkercad, що дозволяло поступово збільшувати та зменшувати значення температури, яке "відчуває" віртуальний датчик. Під час цих змін уважно відстежувалися значення, що відображалися у віртуальному послідовному порту. Результати показали, що модуль контролю температури коректно перетворює аналоговий сигнал датчика у відповідні температурні значення в межах заданого діапазону (-40°C до $+125^{\circ}\text{C}$).

Спостерігалася лінійна залежність між зміною віртуальної температури та значеннями, що виводилися програмою.

Наступним етапом тестування стала перевірка алгоритму керування віртуальним вентилятором (DC-мотором). До віртуальної схеми було додано DC-мотор, підключений через транзистор до одного з цифрових виводів Arduino Uno. В програмному коді було реалізовано умову, за якої при перевищенні температурою порогу в 27°C на відповідний цифровий вивід подавався сигнал високого рівня, що імітувало ввімкнення вентилятора. Під час симуляції було зафіксовано, що при досягненні та перевищенні встановленого температурного порогу віртуальний DC-мотор починав обертатися, візуально відображаючи його ввімкнення у Tinkercad. Після зниження температури нижче порогу, обертання мотора припинялося.

Результати тестування модуля контролю температури підтвердили коректність зчитування температурних даних віртуальним датчиком LM35 та адекватну роботу алгоритму керування віртуальним вентилятором на основі цих даних у віртуальному середовищі Tinkercad.

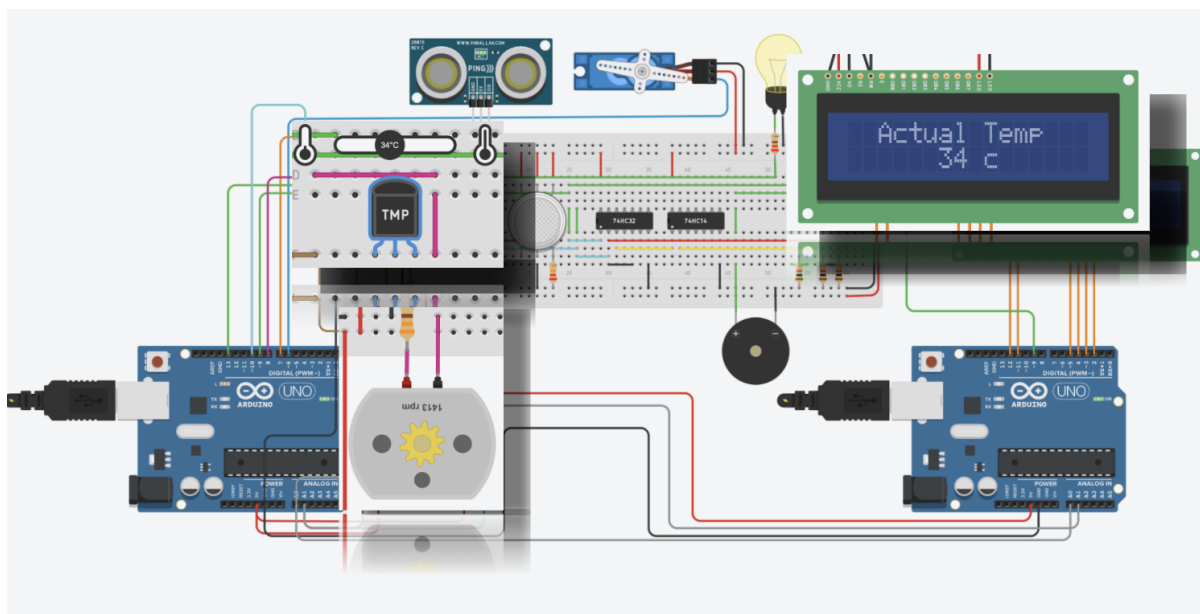


Рис. 5.2.1 - Тестування системи мікроклімату

5.3 Тестування модуля контролю якості повітря

Тестування модуля контролю якості повітря було спрямоване на оцінку здатності віртуального датчика газу MQ-2 виявляти зміни в якості повітря та коректність роботи алгоритму оповіщення (звукового сигналу та індикації світлодіодами) при досягненні певних порогових значень у віртуальному середовищі Tinkercad.

Для проведення тестування було створено віртуальний стенд, що включав плату Arduino Uno та підключений до неї віртуальний датчик газу MQ-2. В програмному коді було реалізовано зчитування аналогових даних з датчика, їх перетворення в умовний відсоток якості повітря за допомогою функції `map()` та логіку спрацювання звукового сигналу та зміни стану світлодіодів залежно від цього відсотка.

Імітація зміни якості повітря здійснювалася шляхом використання інструменту зміни параметрів компонента Tinkercad для поступової зміни значення "концентрації газу", що впливало на аналоговий вихід віртуального датчика MQ-2. Під час симуляції уважно відстежувалися значення, що відображалися у

віртуальному послідовному порту (як проміжний крок для розуміння вихідних даних датчика) та зміни стану віртуального п'єзовипромінювача та світлодіодів на віртуальній макетній платі.

Було проведено серію тестів з поступовим збільшенням віртуальної "концентрації газу" для перевірки спрацювання алгоритму на різних рівнях. Результати показали, що при досягненні значення, що відповідає діапазону "Warning" (50-80%), віртуальний п'єзовипромінювач видавав короткий звуковий сигнал. При подальшому збільшенні "концентрації газу" до рівня "Dangerous" (понад 80%), звуковий сигнал ставав тривалішим, а стан віртуальних світлодіодів на платі Arduino змінювався відповідно до закладеної логіки (вмикався червоний та вимикався зелений). Після повернення віртуальної "концентрації газу" до безпечних рівнів, звуковий сигнал припинявся, а світлодіоди поверталися до початкового стану.

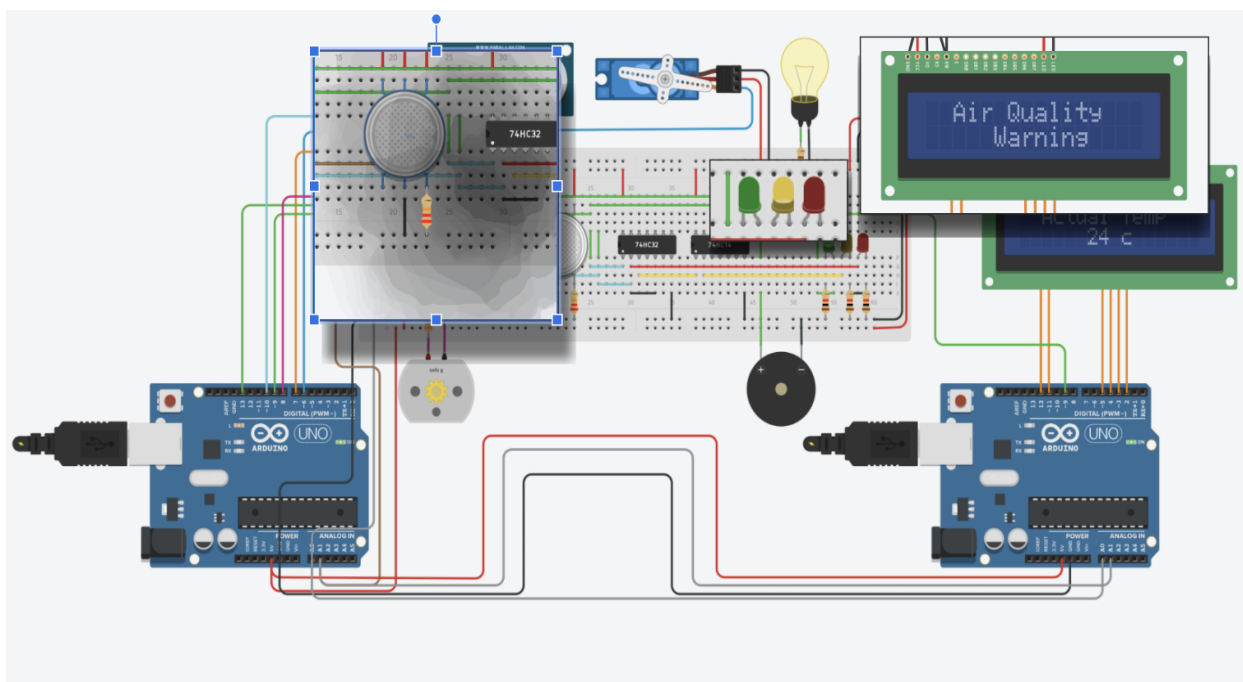


Рис. 5.3.1 - "Концентрація газу" 50-80%

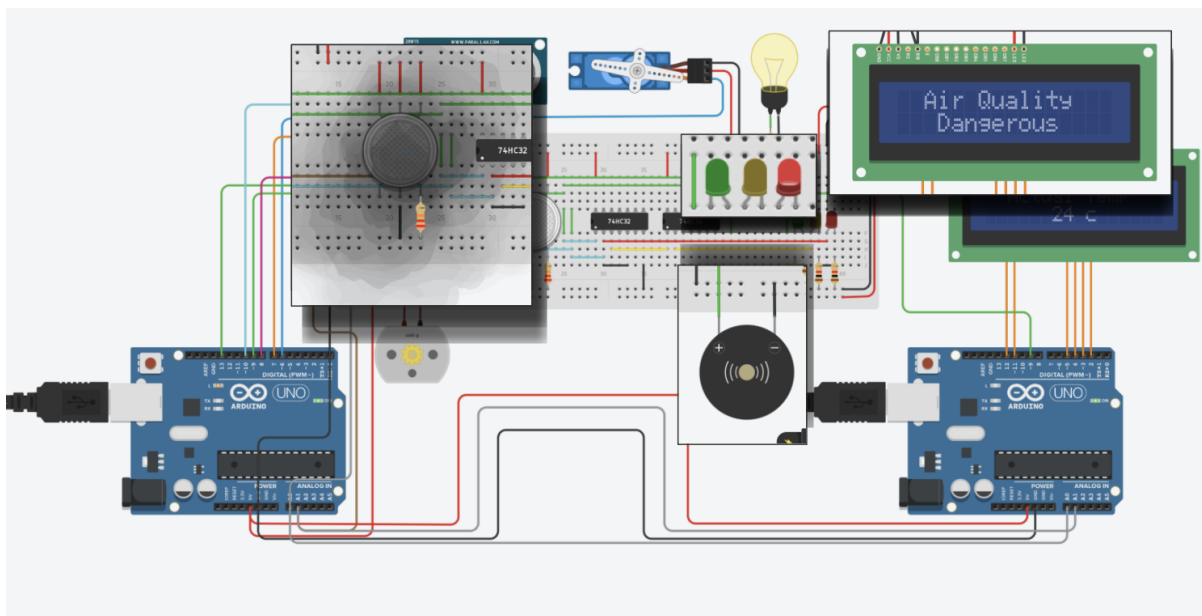


Рис. 5.3.2 - "Концентрація газу" понад 80%

Результати тестування модуля контролю якості повітря підтвердили здатність віртуального датчика газу MQ-2 реагувати на імітовані зміни якості повітря та коректну роботу алгоритму оповіщення за допомогою звукового сигналу та світлодіодної індикації у віртуальному середовищі Tinkercad.

5.4 Аналіз роботи системи оповіщення

Етап аналізу роботи системи оповіщення був зосереджений на оцінці ефективності та адекватності засобів попередження користувача про потенційно небезпечні ситуації, пов'язані з якістю повітря, у віртуальному середовищі Tinkercad. Тестуванню підлягали звуковий сигнал, що генерується п'єзовипромінювачем, та візуальна індикація стану якості повітря за допомогою світлодіодів.

Для аналізу звукового оповіщення проводилася серія симуляцій з поступовим збільшенням віртуальної "концентрації газу", що імітувало погіршення якості повітря. Фіксувалися пороги спрацювання звукового сигналу ("Warning" та "Dangerous") та характеристики самого сигналу (тривалість короткого та тривалого сигналу). Результати показали, що звукове оповіщення коректно активувалося при досягненні встановлених порогів. Короткий сигнал на рівні "Warning" слугував попередженням, а тривалий сигнал на рівні "Dangerous" чітко вказував на критичний стан якості повітря.

Аналіз візуального оповіщення включав спостереження за станом світлодіодів (зеленого та червоного) при різних рівнях віртуальної "концентрації газу". Було зафіксовано, що у "безпечному" діапазоні ("Good") активним був зелений світлодіод, вказуючи на належну якість повітря. При досягненні "небезпечного" рівня ("Dangerous") зелений світлодіод вимикався, а вмикався червоний, що слугувало чітким візуальним сигналом тривоги.

Загалом, аналіз роботи системи оповіщення показав її здатність своєчасно та адекватно інформувати користувача про зміни у якості повітря. Звукове попередження на рівні "Warning" надавало можливість вжити превентивних заходів, а інтенсивний звуковий сигнал у поєднанні з червоним світлодіодом на рівні "Dangerous" чітко сигналізував про необхідність термінової реакції. Візуальна індикація у "безпечному" стані забезпечувала постійне інформування про належну якість повітря.

5.5 Тестування модуля керування освітленням

Етап тестування модуля керування освітленням був спрямований на оцінку коректності роботи алгоритму ввімкнення лампочки та керування сервоприводом дверей на основі даних з віртуального ультразвукового датчика відстані в середовищі Tinkercad.

Для проведення тестування було створено віртуальний стенд, що включав плату Arduino Uno та підключений до неї ультразвуковий датчик, лампочку та сервопривід. В програмному коді було реалізовано логіку, згідно з якою при наближенні віртуального об'єкта на відстань менше 60 см вмикалася лампочка та сервопривід повертався на 180 градусів.

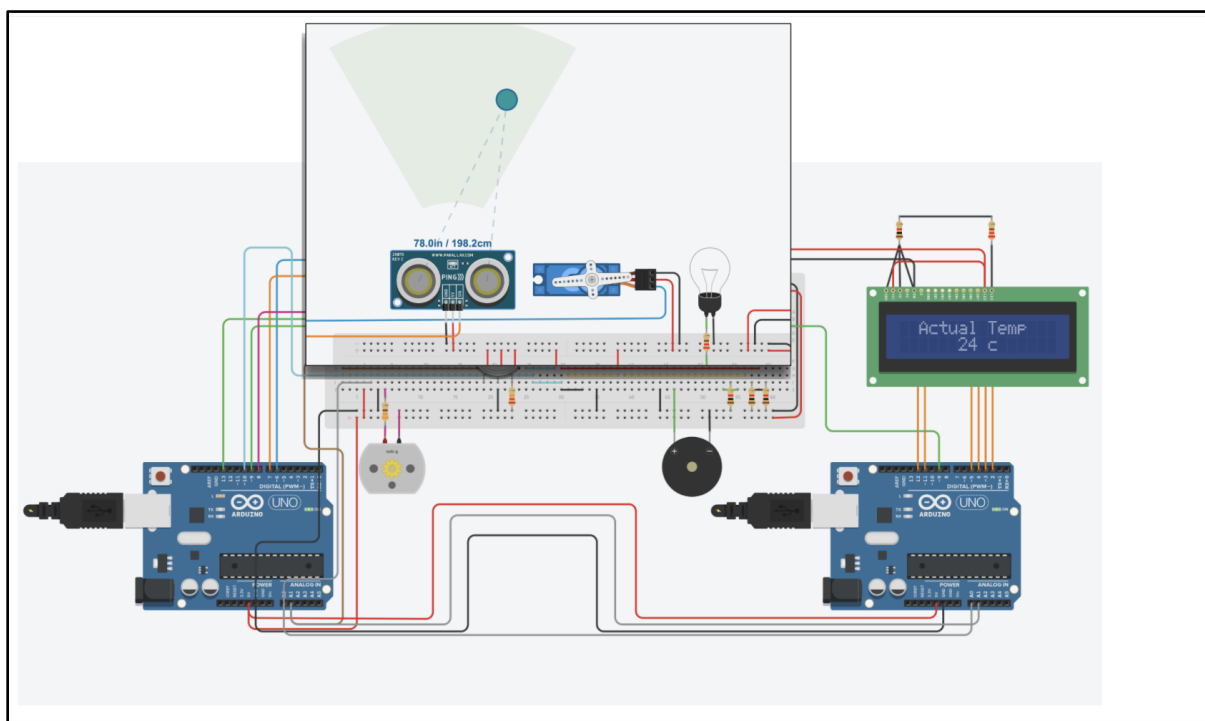


Рис. 5.5.1 - Відстань до об'єкта понад 60 см

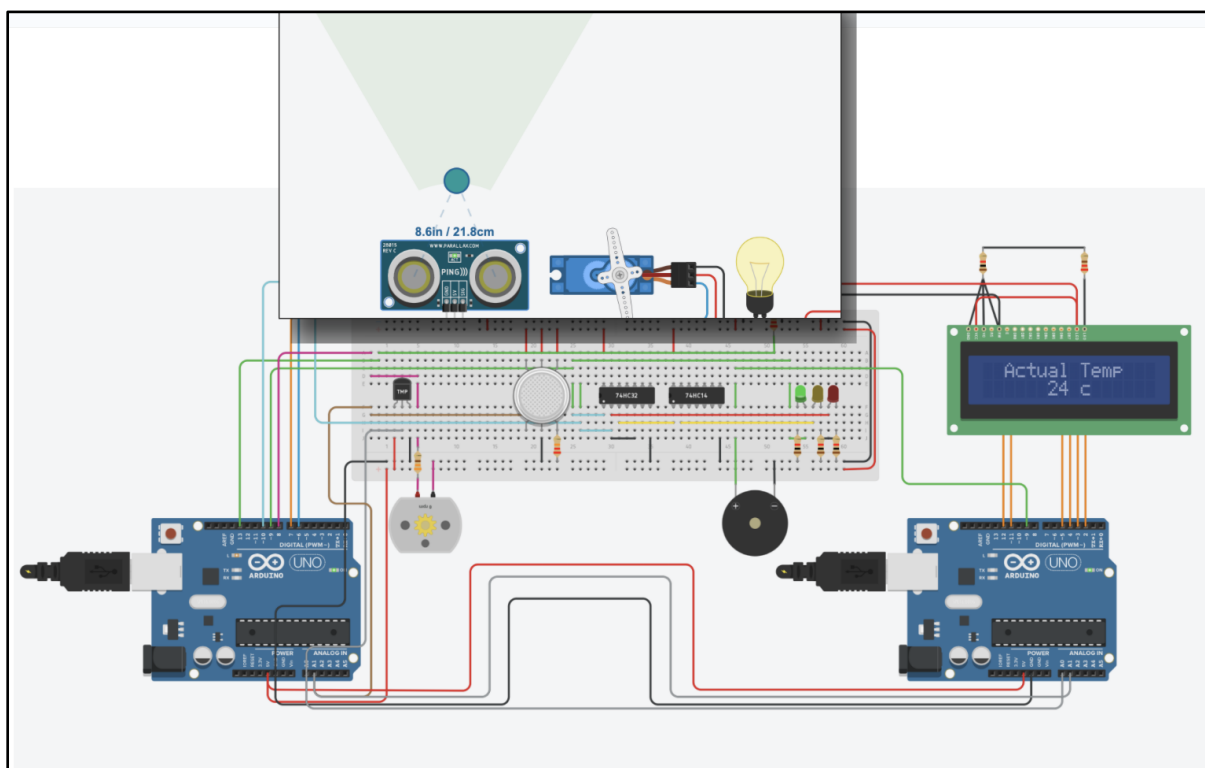


Рис. 5.5.2 - Відстань до об'єкта менше 60 см

Під час симуляції змінювалася відстань до віртуального об'єкта перед датчиком. Було зафіксовано, що при наближенні об'єкта на відстань, меншу за встановлений поріг, віртуальна лампочка вмикалася, а сервопривід здійснював поворот, імітуючи відчинення дверей. Після віддалення об'єкта на відстань понад 60 см,

сервопривід повертався у вихідне положення, а лампочка вимикалася. Час реакції системи на зміну відстані був практично миттєвим у віртуальному середовищі.

Результати тестування модуля керування освітленням підтвердили коректність роботи алгоритму ввімкнення освітлення та керування сервоприводом дверей на основі даних з віртуального ультразвукового датчика відстані.

5.6 Загальні результати моделювання

Проведене віртуальне моделювання автоматизованої IoT-системи керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку в середовищі Tinkercad продемонструвало принципову працездатність розроблених алгоритмів та взаємодію основних функціональних модулів.

Тестування модуля керування освітленням підтвердило можливість автоматичного ввімкнення світла та імітації відчинення дверей на основі даних з ультразвукового датчика відстані, що свідчить про потенціал реалізації базової функції "розумного" освітлення та інтеграції з системою контролю доступу.

Модуль контролю температури успішно зчитував температурні показники віртуальним датчиком та керував віртуальним вентилятором при досягненні заданого температурного порогу, демонструючи можливість автоматичної підтримки мікроклімату в приміщенні.

Тестування модуля контролю якості повітря показало здатність віртуального датчика газу реагувати на імітовані зміни концентрації забруднювачів та коректну роботу системи оповіщення (звукового сигналу та світлодіодної індикації) при досягненні встановлених порогових значень, що є важливим елементом системи пожежної безпеки.

Аналіз роботи системи оповіщення підтвердив її здатність своєчасно інформувати користувача про потенційно небезпечні рівні якості повітря за допомогою візуальних та звукових сигналів.

Моделювання дозволило всебічно верифікувати спроектовану архітектуру, підтвердивши логічність розподілу функцій між двома мікроконтролерами Arduino Uno. Було встановлено, що програмний код ефективно обробляє вхідні дані від різних сенсорів, таких як ультразвуковий датчик відстані, датчики температури та газу, та своєчасно генерує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв, включаючи сервопривід, лампочку, DC-мотор, а також світлодіодні та звукові індикатори.

Узагальнюючи результати моделювання, можна констатувати, що розроблена віртуальна модель автоматизованої IoT-системи продемонструвала функціональну відповідність основним вимогам, сформульованим на початку проєкту. Всі ключові модулі – керування освітленням, контроль мікроклімату та базове оповіщення про якість повітря – показали працездатність в умовах віртуального середовища Tinkercad. Отримані результати є підґрунтям для подальшої оптимізації алгоритмів та розгляду можливостей фізичної реалізації системи.

6 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ

6.1 Досягнуті результати

У рамках даної кваліфікаційної роботи було успішно спроектовано та змодельовано в середовищі Tinkercad автоматизовану IoT-систему керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку з використанням мікроконтролерів Arduino Uno.

В процесі дослідження було проведено аналіз існуючих технологій та рішень у сфері розумного будинку та Інтернету речей, що дозволило визначити актуальність теми та сформулювати вимоги до розроблюваної системи. Було обґрунтовано вибір апаратних засобів, включаючи мікроконтролери Arduino Uno, ультразвуковий датчик відстані, датчик температури, датчик газу, фоторезистор, сервопривід, DC-мотор, лампочку, п'єзовипромінювач та світлодіоди, а також РК-дисплей для візуалізації даних.

Розроблено архітектуру системи, що передбачає взаємодію двох плат Arduino Uno для керування різними функціональними модулями. Створено детальну схему з'єднання компонентів у віртуальному середовищі Tinkercad, яка відображає підключення всіх обраних апаратних засобів.

Були розроблені та протестовані основні алгоритми роботи функціональних модулів:

- Автоматичне керування освітленням на основі даних з ультразвукового датчика відстані.
- Імітація автоматичного відчинення дверей за допомогою сервопривода при виявленні присутності.
- Моніторинг температури повітря та керування віртуальним вентилятором (DC-мотором) для підтримки мікроклімату.
- Моніторинг якості повітря за допомогою датчика газу та оповіщення про потенційно небезпечні рівні.
- Візуалізація даних про температуру та якість повітря на РК-дисплеї.
- Базова індикація стану якості повітря за допомогою світлодіодів та звукового сигналу.

Проведене віртуальне моделювання в середовищі Tinkercad підтвердило принципову працездатність розробленої системи та відповідність її

функціонування закладеній логіки. Всі основні функціональні модулі продемонстрували коректну роботу в умовах симуляції.

Таким чином, у рамках даної роботи було успішно створено та протестовано віртуальну модель автоматизованої IoT-системи керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку з використанням мікроконтролерів Arduino Uno, що є важливим кроком на шляху до потенційної фізичної реалізації та подальшого вдосконалення системи.

6.2 Можливості удосконалення та розширення системи

Незважаючи на успішне віртуальне моделювання основних функцій розробленої IoT-системи, існує значний потенціал для її подальшого удосконалення та розширення функціональних можливостей, що дозволить підвищити її практичну цінність та інтеграцію в сучасне житлове середовище.

Одним з перспективних напрямків є розширення функціональності моніторингу шляхом інтеграції додаткових сенсорів. Впровадження датчика вологості дозволить здійснювати більш комплексний контроль мікроклімату, а додавання датчиків чадного газу, летких органічних сполук та твердих частинок значно розширить можливості моніторингу якості повітря та своєчасного виявлення потенційних небезпек.

У сфері керування освітленням можлива реалізація більш гнучких сценаріїв, включаючи регулювання яскравості, зміну колірної температури залежно від часу доби або подій, а також інтеграцію з датчиком освітленості для автоматичної адаптації рівня світла.

Для підвищення рівня безпеки системи пожежної безпеки планується впровадження більш чутливих та специфічних датчиків диму, а також розгляд можливості інтеграції з існуючими системами пожежної сигналізації будинку.

Важливим напрямком розвитку є інтеграція системи з іншими елементами розумного будинку. Взаємодія з системами безпеки (камерами відеоспостереження, датчиками руху), мультимедійними пристроями та побутовою технікою дозволить створити більш цілісну та інтелектуальну екосистему.

Перспективним є також розробка зручного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача для керування системою та відображення даних. Це може бути

мобільний додаток або веб-інтерфейс, що надасть користувачам можливість дистанційного контролю та моніторингу стану свого розумного будинку.

Нарешті, розгляд можливостей впровадження елементів штучного інтелекту для аналізу зібраних даних, навчання системи на основі поведінки користувачів та автоматичної оптимізації роботи різних підсистем відкриває нові горизонти для створення дійсно інтелектуального та адаптивного житлового простору.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було успішно розроблено та змодельовано автоматизовану IoT-систему керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у розумному будинку з використанням мікроконтролерів Arduino Uno в середовищі Tinkercad. Проведене дослідження дозволило досягти поставленої мети – реалізації інтегрованої системи, здатної автоматизовано керувати ключовими аспектами життєвого середовища в будинку.

Значимість даної роботи полягає у створенні бюджетного та гнучкого рішення для автоматизації розумного будинку на основі доступної та популярної платформи Arduino. Впровадження такої системи сприяє підвищенню рівня комфорту користувачів завдяки автоматичному керуванню освітленням на основі присутності, підтримці оптимального мікроклімату шляхом контролю температури та імітації вентиляції. Крім того, розроблена система включає базову функціональність пожежної безпеки, здійснюючи моніторинг якості повітря та оповіщення про потенційну загрозу задимлення.

Наукова цінність роботи полягає в комплексному підході до інтеграції різних підсистем керування в єдиній IoT-архітектурі на базі мікроконтролерів. В рамках дослідження було проаналізовано існуючі технології та рішення, спроектовано оригінальну архітектуру системи з розподілом функцій між двома платами Arduino Uno, розроблено алгоритми роботи окремих функціональних модулів та створено віртуальну модель системи в середовищі Tinkercad.

Новизною впроваджених рішень є поєднання в одній системі керування освітленням на основі ультразвукового датчика, контролю мікроклімату з імітацією активного регулювання температури, та базового моніторингу якості повітря з функцією оповіщення, реалізоване на платформі Arduino та протестоване у віртуальному середовищі. Такий підхід дозволяє наочно продемонструвати можливості інтеграції різних сенсорів та виконавчих пристроїв для створення комплексної системи автоматизації розумного будинку.

Результати проведеного моделювання підтвердили працездатність розроблених алгоритмів та функціональну відповідність створеної віртуальної моделі основним вимогам, сформульованим на початку дослідження. Кожен з розроблених модулів – керування освітленням, контроль мікроклімату та моніторинг якості повітря – продемонстрував коректну роботу в умовах віртуальної симуляції.

Перспективи подальшого розвитку системи включають розширення функціональності моніторингу шляхом інтеграції додаткових датчиків (вологості, чадного газу, твердих частинок), вдосконалення алгоритмів керування освітленням та мікрокліматом, реалізацію дистанційного керування через мережу Інтернет, а також інтеграцію з іншими системами розумного будинку для створення більш комплексної та інтелектуальної екосистеми.

Отримані в ході виконання даної кваліфікаційної роботи результати можуть бути використані як основа для подальших досліджень у галузі автоматизації розумного будинку на базі доступних мікроконтролерних платформ, а також для розробки практичних прототипів подібних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino Documentation – <https://www.arduino.cc/en/Guide>
2. Arduino: Перші кроки з платформою Arduino – <https://arduino.ua>
3. Tinkercad Circuits. Онлайн симулятор Arduino – <https://www.tinkercad.com>
4. Султанов В. Arduino для початківців. Навчальний посібник. – Київ: Дієз, 2020. – 144 с.
5. Мовчан С. І. Розробка автоматизованих систем керування на базі Arduino: метод. рек. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 68 с.
6. Programming Arduino: Getting Started with Sketches / Simon Monk. – 2nd ed. – McGraw-Hill Education, 2016. – 192 p.
7. LiquidCrystal Library – Arduino
Reference– <https://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
8. MQ-2 Gas Sensor Module – Datasheet and Application Notes –
<https://www.olimex.com>
9. Servo Motor Basics and Control with Arduino – <https://lastminuteengineers.com>
10. HC-05 Bluetooth Module: Data Sheet and Configuration Guide
– <https://www.electronicwings.com>
11. ESP8266 WiFi Module Overview and Programming
– <https://randomnerdtutorials.com>
12. nRF24L01 Wireless Module with Arduino – <https://howtomechatronics.com>
13. Data Communication Between Two Arduinos Using I2C
– <https://circuitdigest.com>
14. DHT11/LM35 Temperature Sensor Datasheet – <https://components101.com>
15. Інтернет речей та його використання в автоматизованих системах –
– <https://www.iotsworldcongress.com>
16. Маніфест Інтернету речей (IoT) – <https://iotuk.org.uk>
17. Мережеві технології в мікроконтролерних системах / І. П. Зінченко, П. О. Коваленко. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 105 с.
18. Кудрявцев О. В. Мікропроцесорна техніка. – Київ: Кондор, 2020. – 200 с.

19. Системи моніторингу та керування: підручник / за ред. В. С. Білецького. – Донецьк: ДонНТУ, 2020. – 213 с.
20. Державні будівельні норми України. Системи пожежної безпеки (ДБН В.2.5-56:2014). – К.: Мінрегіонбуд України, 2014.
21. Raj, P. & Raman, A. (2017). *The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases*. CRC Press. – ISBN: 978-1-4987-6127-0.
22. Muhammad Ali Mazidi, Sarmad Naimi, Sepehr Naimi. *AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C for ATmega32*. Pearson Education, 2018.
23. IBM Developer. "IoT and Smart Home Integration"
– <https://developer.ibm.com/technologies/iot>

ПРЕЗЕНТАЦІЯ

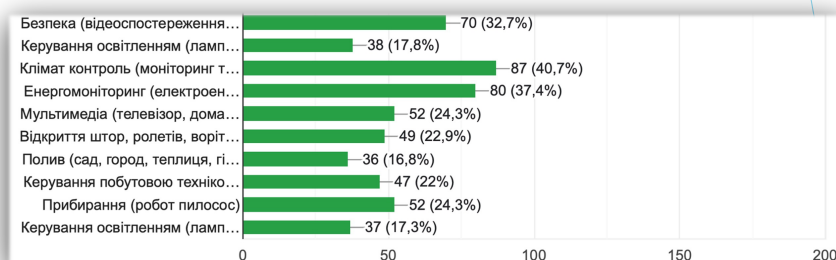


IoT-система для керування освітленням, мікрокліматом і пожежною безпекою у «розумному будинку»



Борисюк Катерина ІСД-42

Актуальність теми



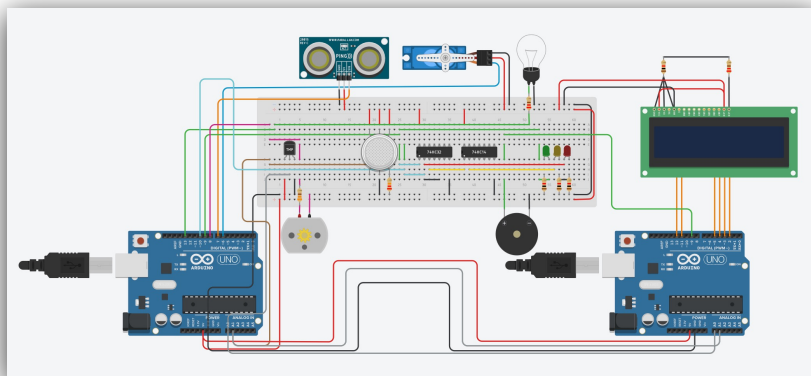
Сучасне життя вимагає від житлового простору не лише комфорту, а й підвищеної безпеки та енергоефективності. Надане дослідження демонструє, що саме **клімат-контроль, безпека та керування освітленням** є найбільш пріоритетними функціями для користувачів розумних будинків. Враховуючи ці ключові запити суспільства, розробка інтегрованої IoT-системи, що поєднує ці аспекти, є надзвичайно актуальним завданням, спрямованим на створення доступних та ефективних рішень на базі платформи Arduino



Мета та Завдання

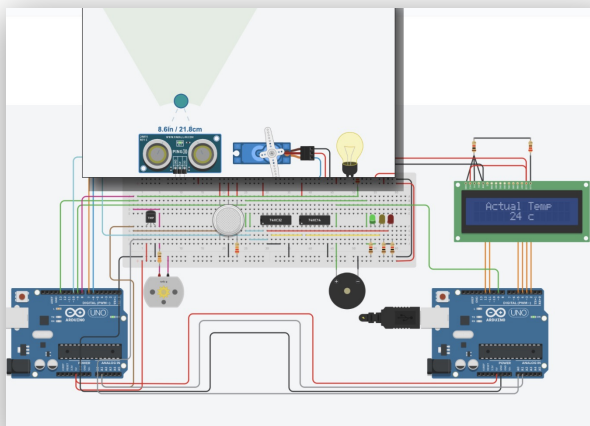
- Моя робота спрямована на реалізацію інтегрованої IoT-системи для автоматизованого керування освітленням, мікрокліматом та пожежогасінням, що забезпечує оптимальну роботу всіх компонентів у єдиній екосистемі. Для цього я проаналізувала існуючі рішення, спроектувала архітектуру та обрала компоненти, розробила програмне забезпечення та алгоритми, реалізувала автоматичний контроль і провела тестування системи в умовах моделювання.

Схема підключення



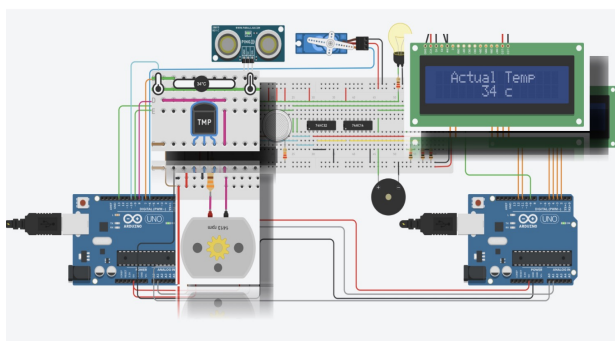
В основі моєї системи лежить мікроконтролер Arduino Uno, який виступає центральним керуючим елементом. Він інтегрує та координує роботу всіх модулів: освітлення, моніторингу мікроклімату та пожежної безпеки, забезпечуючи їх злагоджену взаємодію. Вся архітектура віртуально реалізована в середовищі Tinkercad.

Розумне освітлення



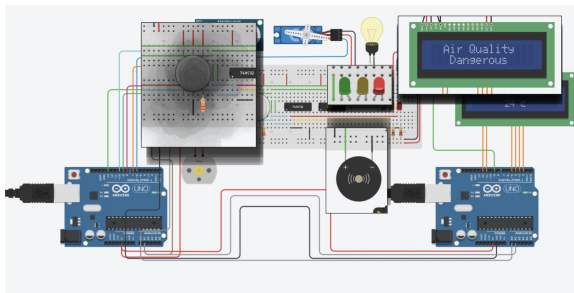
► Модуль забезпечує автоматичне керування доступом за допомогою ультразвукового датчика та сервопривода. При наближенні світло вмикається, а двері відчиняються, підвищуючи комфорт та автоматизуючи вхід у приміщення.

Контроль мікроклімату



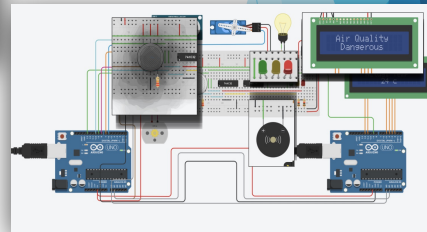
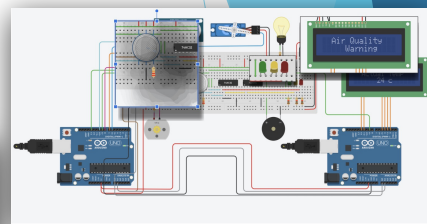
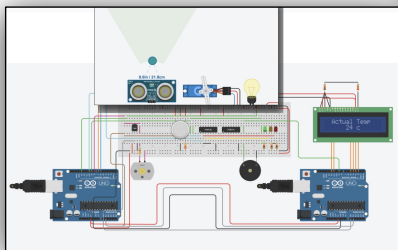
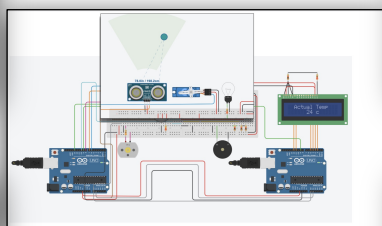
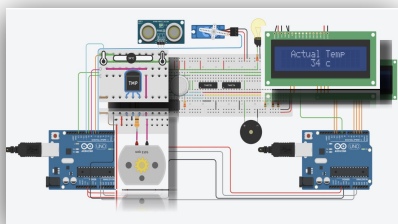
► Цей модуль, реалізований на окремому мікроконтролері, здійснює безперервний моніторинг температури та якості повітря в приміщенні. Отримані дані відображаються на РК-дисплеї з текстовою інтерпретацією, що дозволяє користувачу завжди бути обізнаним про стан мікроклімату та потенційні загрози.

Пожежна безпека



- Система пожежної безпеки забезпечує миттєве реагування на загрозу. Датчик диму постійно контролює повітря, і при виявленні небезпечного рівня система активує комплексний сигнал тривоги: світлодіод стає червоним, звучить сирена, а на дисплеї з'являється попередження "Небезпечно".

Демонстрація та Результати



Практичне завдання

Безпека

Енергоефективність

Зручність

Практичне завдання полягає у розробці та демонстрації інтегрованої моделі локальної IoT-системи для розумного будинку, що комплексно поєднує керування освітленням, моніторинг мікроклімату та багаторівневу систему пожежної безпеки (візуальне, звукове, текстове сповіщення), повністю реалізованої та перевіреної в віртуальному середовищі Tinkercad. Це демонструє новий підхід до бюджетного прототипування складних інтегрованих систем без необхідності фізичної реалізації на початковому етапі.

Можливості вдосконалення



► Реалізована віртуальна модель закладає фундамент для подальшого розвитку. Передбачається впровадження динамічних світлових сценаріїв з плавним переливанням кольорів та точним регулюванням яскравості. Модуль мікроклімату буде розширено додаванням датчика вологості та інтеграцією з мобільним застосунком для повного контролю та автоматичного керування кліматичним обладнанням. Критичним удосконаленням безпеки є автоматизоване відключення електроживлення квартири при виявленні пожежі, що підвищить ефективність пожежогасіння.

Висновки

► Успішно розроблено та віртуально змодельовано функціональну IoT-систему керування освітленням, мікрокліматом та пожежною безпекою на базі Arduino Uno в Tinkercad. Підтверджено коректну роботу та злагоджену взаємодію всіх інтегрованих модулів: автоматичне керування освітленням при наближенні, моніторинг кліматичних параметрів з відображенням статусу, а також багаторівневе оповіщення про пожежу. Це демонструє ефективність застосованого підходу до прототипування та закладає міцну основу для створення доступних, надійних та масштабованих рішень для розумного будинку.



Апробація результатів роботи

Борисюк К.В. «ІОТ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ». Тези доповіді на ВСЕУКРАЇНСЬКІЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ «СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІОТ» — Київ, 7 квітня 2023 року
с. 119-120

Дякую за увагу!

