

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та безпеки

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ БУДИНКІВ З ПІЧНИМ
ОПАЛЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА
ПЛАТФОРМИ ARDUINO UNO**

**SECURITY MONITORING SYSTEM FOR HOUSES WITH STOVE
HEATING USING IOT TECHNOLOGIES ON THE ARDUINO
UNO PLATFORM**

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-42
Понидельник Віктор Миколайович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Христинець Наталія Анатоліївна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« 04 » червня 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та безпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц. Т. Терлецький

« 10 » 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Понидельнику Віктору Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Система моніторингу безпеки будинків з пічним опаленням з використанням IoT-технологій на платформі Arduino Uno*

Керівник роботи *Христинець Наталія Анатоліївна*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «04» січня 2025 року № 11/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 10.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи *науково-технічна література та публікації в періодичних Виданнях по темі Інтернету речей, опубліковані роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування*

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

Аналіз питань технічного моніторингу стану безпеки житла

Технічне забезпечення системи

Розробка системи моніторингу

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз питань технічного моніторингу стану безпеки житла</i>	<i>Христинець Н.А, доцент</i>		
<i>Технічне забезпечення системи</i>	<i>Христинець Н.А, доцент</i>		
<i>Розробка системи моніторингу</i>	<i>Христинець Н.А, доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>	_____ %		
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О.І., ст. викладач</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Огляд літератури з питань розробки</i>	до 10.02.2025 р.	Виконано
2.	<i>Вибір апаратної та програмної бази для проєкту</i>	до 02.03.2025 р.	Виконано
3.	<i>Проектування та тестування системи моніторингу</i>	до 02.04.2025 р.	Виконано
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	до 10.04.2025 р.	Виконано
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 15.04.2025 р.	Виконано
6.	<i>Формування додатків</i>	до 10.05.2025 р.	Виконано
7.	<i>Представлення остаточного варіанту кваліфікаційної роботи керівнику</i>	до 15.05.2025 р.	Виконано
8.	<i>Нормоконтроль</i>	до 31.05.2025 р.	Виконано
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 04.06.2025 р.	Виконано
10.	<i>Представлення кваліфікаційної та всіх супровідних документів на кафедру</i>	до 10.06.2025 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Понидельник В.М.

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Христинець Н.А.

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Понидельник В. М. Система моніторингу безпеки будинків з пічним опаленням з використанням IoT-технологій на платформі Arduino Uno. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду питань розробки. Проаналізовано переваги використання IoT технологій та здійснено огляд апаратних платформ для реалізації систем моніторингу якості мікроклімату житлових приміщень.

В другому розділі розглянуто та обґрунтовано апаратні компоненти системи: контролер Arduino Uno R4 Minima, датчик температури DS18B20, газові сенсори MQ-7 та MQ-9, OLED-дисплей 0.96" I2C 128x64, макетна плата MB-102, звуковий модуль та блок живлення 9V.

У третьому розділі описано етапи розробки системи: логіку системи моніторингу, обробку даних з датчиків, вивід результатів моніторингу та реалізацію сигналізації. Проведено ретельне поетапне тестування усіх компонентів системи та аналіз сповіщень.

Ключові слова: система моніторингу, датчики, IoT-технології, мікроконтролер, Arduino Uno, DS18B20, MQ-7, MQ-9

ANNOTATION

Ponydelnyk V. Security monitoring system for houses with stove heating using IoT technologies on the Arduino Uno platform. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP «Computer Engineering» specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of sources used, an appendix.

The first chapter is devoted to an analytical review of development issues. The advantages of using IoT technologies are analyzed and a review of hardware platforms for implementing systems for monitoring the quality of the microclimate of residential premises is carried out.

The second section discusses and justifies the hardware components of the system: Arduino Uno R4 Minima controller, DS18B20 temperature sensor, MQ-7 and MQ-9 gas sensors, 0.96" I2C 128x64 OLED display, MB-102 breadboard, sound module and 9V power supply.

The third section describes the stages of system development: monitoring system logic, sensor data processing, monitoring results output and alarm implementation. A thorough phased testing of all system components and analysis of notifications was carried out.

Keywords: monitoring system, sensors, IoT-technologies, microcontroller, Arduino Uno, DS18B20, MQ-7, MQ-9

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ БЕЗПЕКИ ЖИТЛА	9
1.1 Проблеми безпеки будинків з пічним опаленням	9
1.2 Види загроз для будинків з пічним опаленням	10
1.3 Огляд існуючих систем моніторингу безпеки	13
1.4 Переваги використання IoT-технологій у системах моніторингу	17
1.5 Огляд апаратних платформ для реалізації систем моніторингу	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ	23
2.1 Огляд апаратних компонентів	23
2.1.1 Контролер Arduino Uno R4 Minima	23
2.1.2. Цифровий датчик температури DS18B20	24
2.1.3. Газовий сенсор MQ-7	24
2.1.4. Газовий сенсор MQ-9	26
2.1.5. OLED-дисплей 0.96" I2C 128x64.....	28
2.1.6. Макетна плата MB-102	29
2.1.7. Звуковий модуль та блок живлення.....	30
2.2 Схема підключення апаратних елементів	32
2.3 Функціональні можливості системи	35
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ.....	37
3.1 Логіка роботи системи моніторингу.....	37
3.2 Обробка даних з датчиків	41
3.3 Вивід результатів моніторингу	45
3.4 Реалізація сигналізації.....	48
3.5 Тестування та налагодження системи	50
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Актуальність теми розробки системи моніторингу безпеки будинків із пічним опаленням з використанням IoT-технологій зумовлена зростаючими ризиками, пов'язаними з витокami чадного газу, метану та інших горючих речовин у побутових умовах. Особливо це стосується сільської місцевості та приватного житлового сектору, де пічне опалення досі широко використовується, але системи автоматичного контролю часто відсутні. Впровадження недорогого, надійного та гнучкого рішення на базі Arduino Uno дозволяє не лише своєчасно виявляти потенційні загрози, а й інтегруватися в більш широку інфраструктуру "розумного дому», забезпечуючи захист життя та майна користувачів.

Метою роботи є розробка та впровадження прототипу системи моніторингу безпеки для будинків із пічним опаленням, що базується на мікроконтролері Arduino Uno та IoT-технологіях, з використанням датчиків для виявлення шкідливих газів і сигналізації про небезпечні ситуації. Реалізація такої системи дозволить підвищити рівень безпеки в побуті, забезпечити оперативне інформування мешканців про загрозу та зменшити ризики, пов'язані з отруєнням або вибухами внаслідок витоків газу.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу стану повітря в житлових приміщеннях із пічним опаленням за допомогою сенсорних елементів та мікроконтролерних систем на базі Arduino Uno.

Предметом дослідження є технічні та програмні засоби побудови системи виявлення небезпечних газів із використанням датчиків MQ-7 і MQ-9, мікроконтролера Arduino Uno та методів оповіщення про загрозу, в межах концепції IoT.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– дослідити особливості та загрози, пов'язані з експлуатацією пічного опалення в житлових будинках, а також провести огляд існуючих технічних рішень і апаратних платформ для створення систем моніторингу;

- обґрунтувати доцільність використання IoT-технологій у таких системах та вибору платформи Arduino Uno R4 Minima як основного контролера;
- розробити технічну схему системи, яка включає сенсори температури та газу MQ-7, MQ-9 та DS18B20, дисплей і засоби сигналізації;
- реалізувати програмну частину системи в середовищі Arduino IDE, яка забезпечує зчитування даних з датчиків, обробку цих даних та реагування на перевищення порогів безпеки;
- візуалізувати результати моніторингу на OLED-дисплеї та на веб-сервері в реальному часі;
- спроектувати механізм подачі звукових попереджень про небезпечні ситуації, такі як перевищення температури або концентрації чадного газу;
- провести тестування системи на макетній платі, оцінити її працездатність, точність вимірювань та стабільність роботи.

Новизна роботи полягає у поєднанні простих і доступних апаратних засобів на базі Arduino Uno з сучасними підходами до моніторингу безпеки житлових приміщень. У межах цієї розробки реалізовано інтеграцію сенсорів MQ-7 та MQ-9 для виявлення небезпечних газів, що дозволяє ефективно реагувати на загрози, пов'язані з пічним опаленням.

На відміну від стандартних автономних сигналізаторів, запропонована система є відкритою до модифікацій та може бути доповнена IoT-модулями для віддаленого сповіщення, збору статистики та інтеграції в системи «розумного дому». Це дозволяє зробити безпеку більш гнучкою, адаптивною та персоналізованою під потреби конкретного користувача.

Апробація. Результати роботи представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні», яка проходила з 10 по 11 квітня 2025 року [1] та наведені у додатку А кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ БЕЗПЕКИ ЖИТЛА

1.1 Проблеми безпеки будинків з пічним опаленням

Пічне опалення залишається поширеним способом обігріву житла в багатьох регіонах України, особливо в сільській місцевості та у приватному секторі. Його популярність зумовлена низкою переваг: відносно низькою вартістю обладнання, можливістю використовувати доступне паливо (дерево, вугілля, брикети), а також незалежністю від центральних систем енергопостачання.

Така автономність є особливо важливою в умовах енергетичної нестабільності або аварійних відключень електроенергії. Разом з тим, пічне опалення часто не має сучасних систем контролю, що створює потенційну небезпеку для життя та здоров'я мешканців [2].

Однією з найсерйозніших загроз є утворення чадного газу (СО) внаслідок неповного згоряння палива. Цей газ є безбарвним і без запаху, тому без спеціальних сенсорів його наявність у приміщенні неможливо виявити. Отруєння чадним газом зазвичай відбувається непомітно. Людина може просто не прокинутися вранці.

Ще однією небезпекою є перегрів елементів печі – труб, димаря, топки. Це може призвести до займання дерев'яних конструкцій будинку або предметів, що зберігаються поблизу. Зокрема, старі печі, які не обслуговувались роками, становлять реальну загрозу.

Пожежі через порушення правил експлуатації печі – це ще одна серйозна проблема. Неправильна кладка, відсутність протипожежних екранів, тріщини в димоході – усе це підвищує ризик загоряння.

Крім того, вентиляція в таких будинках часто не відповідає нормам, що спричиняє не лише загрозу накопичення СО, а й загальне погіршення якості повітря в приміщенні, особливо в зимовий період [3].

За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), щороку в Україні фіксуються десятки тисяч пожеж, значна частина яких спричинена неправильним використанням пічного опалення. Особливо сумною є статистика отруєнь чадним газом: згідно з офіційними джерелами, лише за один опалювальний сезон фіксується до 1000 випадків отруєння, частина з яких має летальні наслідки [4].

Особливо вразливими до наслідків аварій, пов'язаних з пічним опаленням, є літні люди, діти, особи з обмеженими можливостями. Часто вони не мають можливості своєчасно перевірити технічний стан опалювального обладнання або вчасно відреагувати на загрозу. Також у сільській місцевості поширеною є практика самостійної кладки печей без дотримання технічних норм.

Усе вищезазначене свідчить про те, що традиційні засоби безпеки вже не забезпечують належного рівня захисту. Для зниження ризиків необхідне впровадження автоматизованих систем моніторингу, які здатні виявляти потенційно небезпечні ситуації на ранньому етапі й оперативно сповіщати мешканців. Саме в цьому контексті системи на базі IoT-технологій і мікроконтролерів, таких як Arduino, стають перспективним і доступним рішенням для приватного житла.

1.2 Види загроз для будинків з пічним опаленням

Попри свій традиційний затишок та простоту, пічне опалення й досі залишається джерелом підвищеної небезпеки в домогосподарствах. Особливо це актуально для сільських і малозабезпечених родин, де піч – це не просто опалювальний прилад, а необхідність в умовах відсутності централізованого опалення. Однак тепло, здобуте з дров або вугілля, може дорого коштувати, якщо не приділяти увагу техніці безпеки.

Щороку трапляються випадки отруєння чадним газом, пожежі через перегрів печі чи несправний димар, а в газифікованих будинках – ще й витіки газу, що можуть призвести до вибуху. Часто люди навіть не усвідомлюють, що

їхній побут несе в собі приховані загрози: порушена вентиляція, засмічений димохід або банальна звичка сушити речі на печі можуть призвести до трагедії.

Будинки з пічним опаленням мають велику кількість загроз (рисунок 1.1). Однією з найбільш розповсюджених загроз у домівках з пічним опаленням є ризик виникнення пожежі. Найчастіше причиною стає перегрів елементів печі, особливо якщо вона тривалий час експлуатується без належного догляду. Ситуація ускладнюється в разі порушення правил безпеки: багато хто використовує піч для сушки одягу, тримає поблизу легкозаймисті предмети, зберігає дрова впритул до гарячої поверхні. З часом у кладці можуть з'являтися тріщини, що дозволяють вогню чи жару проникати до конструкцій будинку, що значно підвищує ризик загоряння.



Рисунок 1.1 – Загрози в будинках з пічним опаленням [4]

Ще одна надзвичайно підступна загроза – чадний газ, або оксид вуглецю (CO). Цей газ не має запаху і кольору, тому його присутність в приміщенні можна виявити лише за допомогою спеціальних газових сенсорів. Найчастіше чадний

газ утворюється внаслідок неповного згоряння палива – дров або вугілля. В умовах поганої вентиляції або забитого димоходу, він накопичується в кімнаті, отруюючи повітря. Симптоми отруєння починаються з головного болю та нудоти, а при високих концентраціях можуть призвести до втрати свідомості та смерті.

У будинках, де використовується газова плита або газифікована піч, додається ще один ризик, а саме витік побутового газу. Через старі труби, погані з'єднання або механічні пошкодження в повітрі може накопичуватись вибухонебезпечна концентрація газу. Достатньо лише іскри, увімкнення світла чи відкритого полум'я, щоб стався вибух або пожежа. Саме тому необхідно передбачити використання датчика загазованості, який вчасно попередить про витік.

Занадто інтенсивне опалення або постійне перевантаження печі призводить до перегріву стін, димоходу та перекриттів. Це не тільки небезпечно для здоров'я, але й поступово руйнує саму конструкцію, викликаючи тріщини, осипання цегли та втрату герметичності. Як наслідок, ризики пожежі й отруєння лише зростають.

У процесі горіння дров або вугілля активно використовується кисень із повітря, тому при відсутності провітрювання рівень кисню у кімнаті знижується, а натомість зростає вміст вуглекислого газу (CO_2). Це призводить до сонливості, головного болю, відчуття задухи. У групі ризику знаходяться діти, люди похилого віку та хворі.

Сучасні системи опалення часто використовують допоміжні електропристрої, реле, датчики, вентилятори. Якщо система не має заземлення, встановлена з порушеннями або перевантажена, можливе коротке замикання, іскріння або навіть займання. Тому важливо враховувати електробезпеку при проєктуванні та підключенні додаткових пристроїв.

До потенційних загроз варто додати і кліматичні чинники: різкі перепади температур, які сприяють розтріскуванню цегли та розшаруванню конструкцій печі. Окремо слід згадати і людський фактор: надмірне завантаження палива,

залишення печі без нагляду, недотримання інструкцій. Навіть одна помилка в побуті може стати фатальною.

Пічне опалення, хоч і є ефективним способом обігріву, створює низку серйозних загроз, починаючи від пожеж і отруєнь до вибухів і руйнування конструкцій. Найгірше те, що багато з цих небезпек залишаються невидимими до останнього моменту. Саме тому використання сучасних сенсорів і IoT-технологій для безперервного моніторингу стану повітря, температури й газового середовища – це не розкіш, а життєва необхідність. Вчасне попередження може врятувати не лише майно, а й життя людини.

1.3 Огляд існуючих систем моніторингу безпеки

Системи моніторингу безпеки житла можуть мати різну архітектуру, рівень складності та функціональність. Від вибору типу системи залежить ефективність реагування на небезпечні ситуації, зручність користування, а також витрати на встановлення й обслуговування.

До існуючих систем відносять автономні системи. Це прості системи, які працюють локально, без підключення до інтернету або зовнішніх мереж. Зазвичай складаються з одного або кількох датчиків (наприклад, диму чи чадного газу) і сигналізації у вигляді звукового або світлового сповіщення. Вони не мають можливості надсилати повідомлення користувачу, тому ефективні лише тоді, коли хтось перебуває вдома. Основна перевага таких систем низька вартість і простота.

Найбільшу зручність у користуванні мають системи з дистанційним доступом. Ці системи підключаються до інтернету, Wi-Fi або мобільного зв'язку. Вони можуть надсилати сповіщення на смартфон або інші пристрої, що дозволяє власникам оперативно реагувати, навіть перебуваючи далеко від дому. Часто використовуються хмарні сервіси, мобільні додатки, а також функції запису даних та аналітики.

Наступною категорією систем моніторингу безпеки є інтегровані системи «розумного дому». Такі системи об'єднують кілька компонентів безпеки та автоматизації в єдину екосистему. Вони можуть керувати опаленням, вентиляцією, освітленням, виявляти загрози (газ, дим, вогонь), автоматично перекривати газ чи відкривати вікна для провітрювання. Часто це дорогі рішення, але вони мають високий рівень зручності та ефективності. Типовими представниками є системи від Google (Nest), Amazon (Ring), Xiaomi тощо.

Серед сучасних рішень для моніторингу безпеки житла все більшої популярності набувають комерційні системи безпеки (рисунк 1.2), що пропонуються відомими брендами. До найвідоміших виробників належать Ajax, Xiaomi Smart Home, Netatmo, Google Nest, Ring та інші [5].



Рисунок 1.2 – Комерційні системи моніторингу безпеки [5]

Ці системи здебільшого пропонують користувачеві готові комплекти, до складу яких входять різноманітні сенсори – диму, чадного газу, витоків газу, температури, а також датчики руху, відкриття вікон і дверей. Однією з

найзручніших функцій є можливість отримувати сповіщення на смартфон, навіть перебуваючи поза межами помешкання. Деякі системи мають розширені можливості автоматизації: наприклад, при виявленні чадного газу система може автоматично увімкнути вентиляцію або відкрити вікна (за наявності відповідного обладнання). Це робить комерційні рішення привабливими для користувачів, які прагнуть комплексного захисту з мінімальними зусиллями на налаштування.

Однак разом із перевагами такі рішення мають і суттєві недоліки, особливо в контексті використання у сільській місцевості або в старих будинках з пічним опаленням. По-перше, це висока вартість – комплексна система може коштувати десятки тисяч гривень, що не завжди доступно для мешканців невеликих населених пунктів. По-друге, складність адаптації до специфічних умов – наприклад, відсутність стабільного інтернету, нестандартні планування будівель або наявність печей і димоходів, яких у міських квартирах зазвичай немає. Також варто зазначити обмежену можливість модернізації або локалізації таких систем: часто користувачі не можуть змінити прошивку, додати нестандартні сенсори чи адаптувати інтерфейс під власні потреби. І, нарешті, залежність від хмарних сервісів може стати критичною у випадку втрати інтернет-з'єднання – система просто не зможе надіслати сповіщення або синхронізуватись із додатком, що значно знижує її ефективність у кризових ситуаціях.

Таким чином, попри сучасність і зручність комерційних систем, у контексті сільських будинків з пічним опаленням часто доцільніше обрати індивідуально розроблену систему на базі відкритих IoT-платформ, яка буде адаптована до конкретних умов і потреб користувача.

Ще одним напрямом у сфері систем моніторингу безпеки є так звані DIY-рішення на базі Arduino або ESP32. Це підхід, що дозволяє створити індивідуальну систему з нуля, використовуючи доступні мікроконтролери, датчики та відкритий програмний код. Головною перевагою такого підходу є низька вартість реалізації – більшість необхідних компонентів можна придбати за доступною ціною. Крім того, гнучкість і відкритість платформи дозволяє

адаптувати систему до будь-яких потреб користувача – додати або прибрати функціональність, змінити спосіб оповіщення, реалізувати власну логіку роботи.

Такі DIY-системи здатні виконувати широкий спектр завдань: від виводу даних на OLED-дисплей, до увімкнення звукової сирени у разі перевищення допустимого рівня чадного газу або температури. Можна реалізувати також управління вентиляцією, відправлення повідомлень на телефон (через Telegram-бота або email за допомогою ESP32 з Wi-Fi), та інші корисні функції. Найчастіше використовуються такі датчики: MQ-7 (чадний газ), MQ-2 (дим і газ), DS18B20 (температура), а також сенсори вологості, руху, відкриття дверей тощо. Усе це дозволяє зібрати повноцінну систему моніторингу, що відповідає реальним умовам сільського будинку з пічним опаленням.

Системи моніторингу безпеки житла відіграють важливу роль у запобіганні небезпечним ситуаціям, особливо у випадках, коли йдеться про старі будинки з пічним опаленням. Проаналізувавши сучасні підходи, можна дійти висновку, що існує кілька основних категорій таких рішень – від простих автономних сигналізаторів до складних інтегрованих систем «розумного дому».

Комерційні рішення відомих брендів, безперечно, мають високу функціональність, естетичний вигляд та зручність користування. Проте їхня вартість, складність налаштування та залежність від інтернету часто роблять їх малопридатними для використання в умовах сільської місцевості.

Натомість DIY-рішення на базі Arduino або ESP-платформ стають все більш привабливою альтернативою. Вони дозволяють створити повністю індивідуальну систему, адаптовану під конкретні умови житла, з урахуванням особливостей пічного опалення, нестабільного інтернету чи обмеженого бюджету. Такий підхід відкриває простір для творчості та забезпечує оптимальне поєднання ціни, надійності та функціональності.

Таким чином, найкращим варіантом для захисту приватних будинків у сільській місцевості часто є не готові комерційні рішення, а персоналізовані системи моніторингу, зібрані власноруч або з допомогою спеціаліста на основі відкритих IoT-технологій [6].

1.4 Переваги використання IoT-технологій у системах моніторингу

У сучасному світі безпека житла дедалі більше залежить не лише від міцності замків чи фізичних бар'єрів, а й від здатності систем розумно та своєчасно реагувати на потенційні загрози. Саме тут на допомогу приходять технології Інтернету речей (IoT) – платформи та пристрої, які можуть взаємодіяти між собою, обмінюватись інформацією та автоматично вживати заходів для захисту життя і майна. Особливо це актуально для приватних будинків із пічним опаленням, де небезпека може виникнути зненацька й потребує швидкої реакції.

Використання IoT дозволяє не просто відслідковувати ситуацію в будинку, а створити справжню «екосистему безпеки», яка працює постійно, без участі людини, і при цьому залишається гнучкою, адаптивною й доступною [7].

Однією з ключових переваг IoT-систем є їх здатність постійно збирати та передавати дані про стан середовища в будинку. Це означає, що показники температури, рівня чадного газу, диму чи вологи можуть фіксуватися щосекунди або через задані інтервали. Такий підхід значно підвищує шанси вчасно виявити критичну ситуацію.

Коли всі ці дані передаються в реальному часі на центральний контролер або безпосередньо до смартфона користувача, виникає повна картина того, що відбувається в домі. Наприклад, раптове зростання температури або підвищення рівня CO може негайно викликати спрацьовування сигналізації або запуск системи вентиляції.

Крім того, збереження історії показників дозволяє аналізувати поведінку печі, димоходу чи мікроклімату будинку протягом часу, виявляти аномалії та запобігати загрозам ще до того, як вони стануть небезпечними. Це особливо цінно для старих будинків, де проблеми накопичуються поступово. Завдяки цьому підходу IoT-системи не просто реагують, а стають прогностичним інструментом, що дозволяє діяти на випередження.

Ще однією важливою перевагою систем на базі технологій Інтернету речей є можливість віддаленого доступу до свого будинку. Навіть перебуваючи за десятки чи сотні кілометрів, власник може дізнатись, яка температура в оселі, чи фіксувалися небезпечні показники чадного газу, чи працює піч належним чином. Це дарує відчуття контролю та спокою, особливо коли вдома залишаються родичі або будинок на якийсь час порожній [8].

Звичайний смартфон перетворюється на центр керування. Він приймає сповіщення у разі будь-яких змін, дозволяє переглядати дані в реальному часі, а іноді навіть управляти окремими функціями. Наприклад, вимкнути подачу живлення на піч чи активувати систему вентиляції, якщо виникла потреба. І все це без фізичної присутності на місці.

Ще одна річ, яка кардинально змінює уявлення про безпеку це автоматизація. У традиційних системах усе залежить від людини: вона повинна почути сигналізацію, прийняти рішення, щось зробити. А от розумна IoT-система діє самостійно. Вона постійно аналізує показники, і щойно помічає щось підозріле і одразу реагує [9]. Зростає температура – включається вентилятор. Виявлено чадний газ – система подає сигнал тривоги і надсилає повідомлення власнику. Виникає дим – спрацьовує сирена.

Завдяки такій автоматизації будинок буквально починає «думати». Він не просто фіксує події, а й уміє захищати своїх мешканців, приймати рішення самостійно. І це не фантастика, а цілком реальна можливість для кожного, хто має мінімальні технічні навички та бажання зробити своє житло безпечним.

Однією з головних переваг сучасних IoT-систем є їхня гнучкість. Користувач може почати з простого варіанту, наприклад, з датчика температури чи чадного газу, а з часом розширити систему новими модулями. При цьому не потрібно нічого повністю перероблювати. Кожен компонент легко додається або замінюється, що особливо зручно в умовах сільського будинку, де обладнання часто встановлюється поетапно.

Також важливою є енергоефективність. Завдяки малому споживанню електроенергії більшість датчиків можуть працювати на батарейках тривалий

час. Це забезпечує автономність системи навіть у разі перебоїв із живленням. У критичній ситуації, коли немає світла, система продовжує працювати та попереджає про небезпеку.

Ще одна перевага полягає в доступності. Компоненти, необхідні для побудови такої системи, сьогодні можна легко придбати в інтернет-магазинах за помірною ціною. Програмне забезпечення, інструкції та приклади проектів доступні у відкритому доступі. Це означає, що кожен охочий, навіть без спеціальної технічної освіти, може зібрати власну систему безпеки, що повністю відповідатиме його потребам.

Застосування IoT також знижує ризик людської помилки. Людина може не помітити задимлення або не відчутти запаху газу, тоді як датчик фіксує зміну миттєво. Завдяки автоматичним алгоритмам реакція на загрозу може відбуватися ще до того, як користувач зрозуміє, що щось не так. Наприклад, можна автоматично увімкнути сирену або повідомити власника через телефон.

Отже, впровадження IoT у сфері безпеки житла – це не просто технологічний тренд, а реальний спосіб зробити життя комфортнішим і спокійнішим. Сільські будинки з пічним опаленням особливо потребують надійних, адаптивних і доступних рішень, які можна налаштувати під конкретні умови. І саме індивідуальні IoT-системи здатні забезпечити такий підхід.

1.5 Огляд апаратних платформ для реалізації систем моніторингу

Для побудови надійної системи моніторингу важливо обрати відповідну апаратну платформу – тобто той пристрій, який буде керувати всією системою: приймати сигнали від датчиків, обробляти інформацію та вмикати сповіщення або інші виконавчі механізми. Сьогодні існує чимало таких платформ, і кожна має свої сильні й слабкі сторони. Було розглянуто найпопулярніші з платформ, за допомогою яких можна реалізувати систему моніторингу безпеки будинків з пічним опаленням (рисунок 1.3)

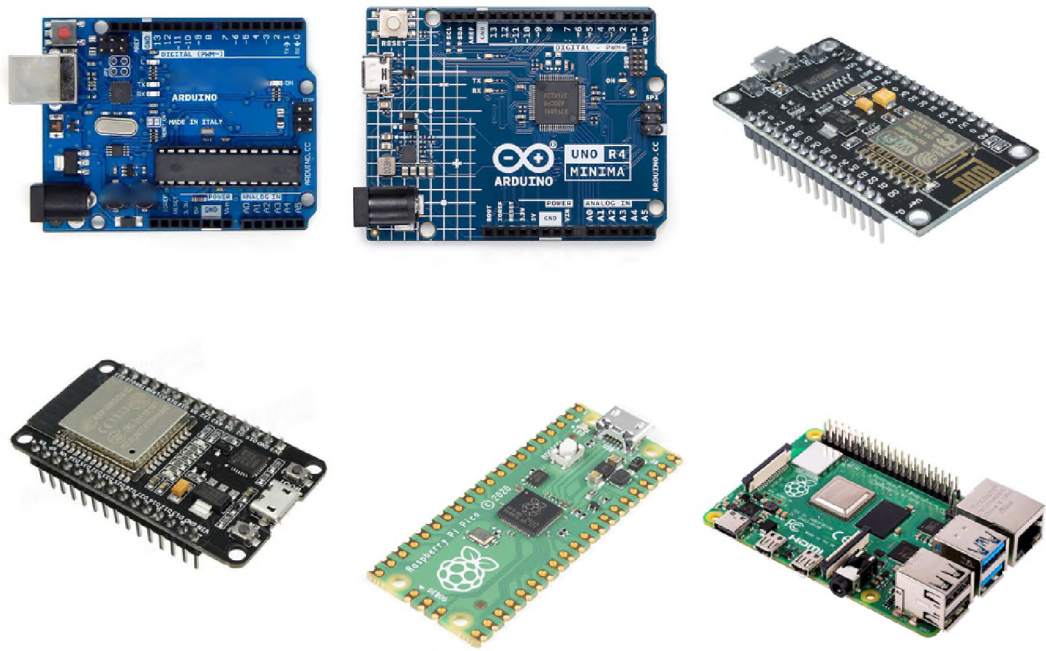


Рисунок 1.3 – Найпопулярніші платформи розробки системи моніторингу [10]

Почнемо з класичних рішень, а саме з плат Arduino. Вони добре відомі у спільноті DIY та освіті, оскільки дуже прості у використанні й мають велику підтримку спільноти. Найбільш розповсюдженою є Arduino UNO, яку часто обирають новачки. Нещодавно з'явилась її оновлена версія – Arduino UNO R4 Minima, яка має більшу продуктивність, більше пам'яті та сучасніший мікроконтролер. Ця плата зберігає простоту, але при цьому відкриває більше можливостей для реалізації складніших проєктів.

Інший популярний варіант – це ESP8266 і ESP32. Вони вже «з коробки» мають Wi-Fi, а ESP32 ще й Bluetooth. Це зручно для систем, які мають передавати дані в інтернет або надсилати сповіщення на смартфон. Однак такі плати трохи складніші в налаштуванні й потребують базових знань роботи з мережами.

Якщо ж потрібна більш складна система з графікою, камерами або багатьма одночасними процесами, на допомогу приходять Raspberry Pi – це вже фактично повноцінні міні-комп'ютери. Вони дозволяють будувати цілі сервери, вебінтерфейси, системи зберігання даних, але вимагають більше ресурсів, енергії та часу на налаштування. Для простої системи моніторингу – це часто надлишок.

Щоб зручніше було порівняти всі ці варіанти, було створено узагальнену таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика найпопулярніших платформ розробки

Платформа	Продуктивність	Wi-Fi / Bluetooth	Простота роботи	Орієнтовна ціна	Коментар
Arduino UNO R3	Низька	Немає	Дуже проста	300–400 грн	Класичне рішення, обмежені можливості
Arduino UNO R4 Minima	Середня	Немає	Дуже проста	400–700 грн	Сучасна версія UNO, більше ресурсів
ESP8266 (NodeMCU)	Середня	Wi-Fi	Середня	150–250 грн	Оптимально для віддаленого доступу
ESP32 DevKit	Висока	Wi-Fi + Bluetooth	Середня	200–450 грн	Потужна, але складніша в налаштуванні
Raspberry Pi Pico	Середня	Немає	Середня	200–300 грн	Немає зв'язку, більше підійде для локальних задач
Raspberry Pi 4	Дуже висока	Wi-Fi + Bluetooth	Складна	від 2000 грн	Зайва для простої системи, енергозатратна

Після порівняння можна зробити логічний висновок: хоча всі згадані платформи мають свої переваги, для завдання моніторингу безпеки у сільському будинку з пічним опаленням найкраще підходить Arduino UNO R4 Minima.

Ця плата поєднує простоту, надійність та достатню продуктивність. Вона не потребує складного налаштування, працює стабільно, не залежить від інтернету, а також дозволяє зручно підключати різні датчики – чадного газу, диму, температури та інші. До того ж, її ціна цілком прийнятна, що робить її доступною для більшості користувачів [11].

Отже, UNO R4 Minima – це ідеальний компроміс між сучасністю, зручністю та можливістю працювати в автономному режимі, що особливо

важливо в умовах, де немає постійного інтернет-з'єднання або де електроживлення може бути нестабільним.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

2.1 Огляд апаратних компонентів

Щоб система моніторингу безпеки працювала надійно і виконувала всі поставлені завдання, потрібно підібрати правильні апаратні компоненти. Кожен елемент у цій конструкції має свою чітку роль. Контролер керує всіма процесами, датчики фіксують температуру та наявність небезпечних газів, дисплей показує важливу інформацію, а звуковий модуль повідомляє про загрозу. Усе це об'єднується на макетній платі та живиться через окремий блок живлення [12].

Цей розділ знайомить із тими складовими, які використовуються в системі. Кожен компонент було підбрано з урахуванням його функціональності, доступності, енергоефективності та зручності у використанні. Разом вони утворюють компактну, доступну й ефективну систему, здатну забезпечити своєчасне попередження про можливу небезпеку.

2.1.1 Контролер Arduino Uno R4 Minima

Контролер Arduino Uno R4 Minima (китайська версія) є центральним елементом усієї системи моніторингу безпеки. Це сучасна оновлена плата, яка прийшла на зміну класичній Uno, і тепер базується на потужному мікроконтролері Renesas RA4M1 з ядром ARM Cortex-M4. Такий контролер має тактову частоту 48 МГц, що дозволяє обробляти сигнали від кількох сенсорів одночасно, швидко реагувати на зміни умов та виконувати складні алгоритми в реальному часі. У порівнянні зі старими версіями, плата отримала значно більше пам'яті – 256 КБ флеш-пам'яті та 32 КБ оперативної пам'яті, що відкриває можливості для реалізації розширених функцій без потреби в додаткових модулях [13].

Arduino Uno R4 Minima підтримує різні типи з'єднань: UART, I2C, SPI та навіть CAN-шину, що дозволяє зручно підключати сенсори, дисплеї, модулі зв'язку та інші периферійні пристрої. Для живлення можна використовувати як

USB Type-C, так і стандартний роз'єм постійного струму. Незважаючи на модернізацію, розміри плати залишилися стандартними – 68,85 на 53,34 мм, тому вона сумісна з макетними платами та корпусами, створеними для класичних Arduino Uno.

Китайська версія плати відрізняється більш доступною ціною, при цьому зберігає повну функціональність та сумісність з оригіналом. Її можна легко інтегрувати в будь-яку систему на базі Arduino. Саме цю версію було обрано для реалізації проєкту, оскільки вона забезпечує необхідну продуктивність, має надійність, а також дозволяє знизити загальну вартість реалізації системи без шкоди для якості [14].

На рисунку 2.1 зображено вигляд плати Arduino Uno R4 Minima китайського виробництва.

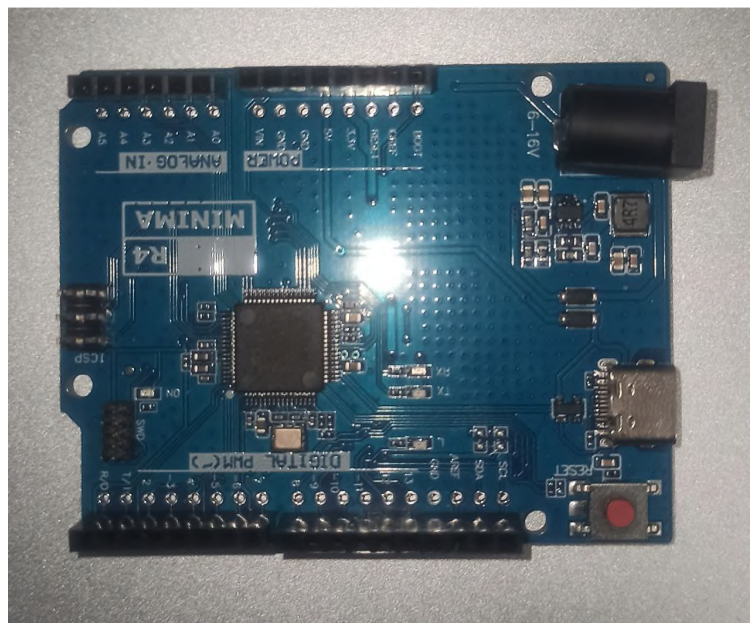


Рисунок 2.1 – Контролер Arduino Uno R4 Minima (китайська версія)

2.1.2. Цифровий датчик температури DS18B20

Цифровий датчик температури DS18B20 є одним з найпопулярніших сенсорів для точного вимірювання температури в системах моніторингу. Його головною перевагою є цифровий інтерфейс, що забезпечує високу точність та стабільність вимірювань без необхідності в калібруванні або складному аналізі

аналогового сигналу. Сенсор підтримує інтерфейс 1-Wire, який дозволяє підключати кілька датчиків до одного піну контролера, що зручно для побудови розгалужених або багатозонних систем вимірювання. Зовнішній вигляд датчика температури DS18B20 відображено на рисунку 2.2.

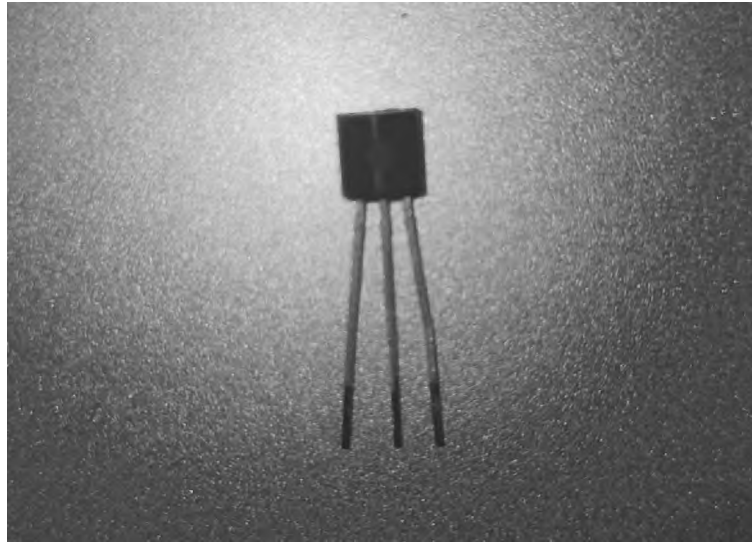


Рисунок 2.2 – Цифровий температурний датчик DS18B20

DS18B20 працює в широкому температурному діапазоні – від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з точністю до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ у межах основного діапазону. Це робить його придатним як для моніторингу кімнатної температури, так і для використання поблизу опалювальних пристроїв, таких як печі або димоходи. Датчик має високу роздільну здатність – до 12 біт, що дозволяє отримувати детальні дані про зміну температури навіть у межах одного градуса.

Для проекту системи моніторингу безпеки будинків з пічним опаленням використовується герметичний варіант DS18B20 у металевій гільзі, що дозволяє проводити вимірювання в умовах підвищеної вологості, запиленості або при прямому контакті з нагрітими поверхнями. Така конструкція підвищує довговічність пристрою та дозволяє встановлювати його в димоходах, вентиляційних каналах або поблизу печей, що критично для безпечної експлуатації [15].

Датчик не потребує окремого джерела живлення – він може працювати як у звичайному режимі, так і в режимі «parasite power», що спрощує його інтеграцію в малопотужні та автономні системи.

2.1.3. Газовий сенсор MQ-7

Газовий сенсор MQ-7 призначений для виявлення концентрації чадного газу (CO) у повітрі. Цей компонент є надзвичайно важливим для систем моніторингу безпеки в будинках з пічним опаленням, оскільки чадний газ є безбарвним, без запаху і надзвичайно токсичним. Його витік або накопичення у приміщенні може стати смертельно небезпечним для мешканців.

Принцип роботи сенсора полягає у зміні електричного опору напівпровідникового матеріалу в залежності від концентрації CO у повітрі. MQ-7 здатний виявляти чадний газ у межах від 20 до 2000 частин на мільйон (ppm), що покриває як допустимі, так і критично небезпечні рівні. Для роботи сенсору потрібне коротке прогрівання, після чого він стабільно видає аналоговий сигнал, який зчитується мікроконтролером для подальшої обробки. На рисунку 2.3 зображено типовий вигляд сенсора MQ-7 у вигляді модуля для підключення до Arduino або іншого мікроконтролера.

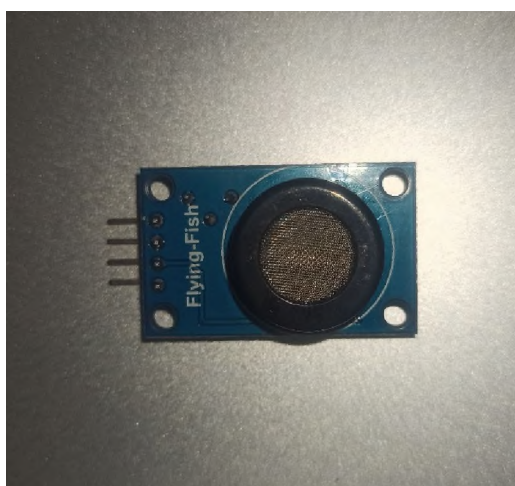


Рисунок 2.3 – Газовий сенсор MQ-7 для виявлення чадного газу

Сенсор може бути встановлений у місцях можливого накопичення чадного газу – біля печей, камінів, димоходів, або в місцях, де природна вентиляція

ускладнена. Варто також відзначити, що MQ-7 має високу чутливість до CO, але при цьому слабо реагує на інші типи газів, що робить його доволі точним у контексті специфічних завдань.

Завдяки простоті використання, доступності та сумісності з Arduino Uno R4 Minima, сенсор MQ-7 ідеально підходить для побудови систем раннього попередження про небезпечний рівень чадного газу. Його застосування дозволяє суттєво підвищити безпеку житла, особливо в умовах, де використовується пічне опалення або тверде паливо.

2.1.4. Газовий сенсор MQ-9

Газовий сенсор MQ-9 (рисунок 2.4) є ще одним важливим елементом у складі системи моніторингу безпеки, який дозволяє виявляти наявність потенційно небезпечних газів у повітрі. Основною особливістю цього сенсора є здатність виявляти не лише чадний газ (CO), як у випадку з MQ-7, а й метан (CH₄), пропан (C₃H₈) та інші легкозайmistі гази, що можуть виникати у побуті в результаті неправильного горіння або витоків палива.

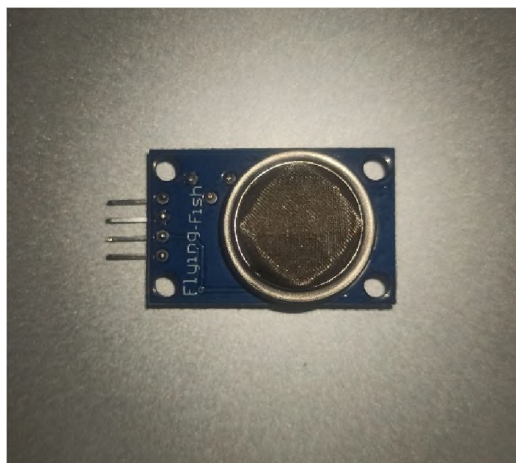


Рисунок 2.4 – Газовий сенсор MQ-9 для виявлення чадного газу та легкозайmistих газів

Принцип дії MQ-9 базується на зміні опору чутливого елемента при контакті з газовими молекулами. Сенсор має два режими роботи – при високій і низькій температурі нагрівача – що дозволяє йому по-різному реагувати на

вуглеводні та оксид вуглецю. Завдяки цьому забезпечується ширший діапазон виявлення та підвищується точність аналізу повітря.

Сенсор MQ-9 підключається до мікроконтролера через аналоговий або цифровий вихід, що дозволяє легко інтегрувати його у систему на базі Arduino Uno R4 Minima. Він добре підходить для розміщення у приміщеннях, де використовуються газові прилади, пічки або існує ризик витоків горючих газів. Таким чином, MQ-9 доповнює MQ-7, забезпечуючи комплексніший підхід до моніторингу повітря.

Завдяки здатності виявляти як чадний газ, так і горючі гази, MQ-9 значно розширює функціональність системи безпеки і робить її придатною для встановлення в умовах підвищеного ризику витоків або неповного згорання палива.

2.1.5. OLED-дисплей 0.96" I2C 128x64

OLED-дисплей з діагоналлю 0.96 дюйма та роздільною здатністю 128x64 пікселі є зручним і практичним засобом візуального виведення інформації у системі моніторингу безпеки. Його компактні розміри дозволяють без проблем інтегрувати дисплей у невеликі проєкти, а енергоефективна OLED-технологія забезпечує яскраве зображення навіть за слабкого освітлення.

Цей дисплей використовує інтерфейс I2C, що дозволяє підключати його лише за допомогою двох проводів – SDA та SCL, значно спрощуючи підключення до контролера Arduino Uno R4 Minima. Така особливість є особливо корисною у випадках, коли кількість вільних пінів обмежена, або потрібно залишити простір для інших компонентів.

Дисплей підтримує як виведення тексту, так і графіки, що дозволяє відображати не лише значення температури чи рівня газу, але й індикатори, піктограми чи прості схеми. У контексті системи моніторингу він слугує як інтерфейс взаємодії з користувачем, дозволяючи оперативно контролювати параметри середовища в реальному часі.

OLED-дисплей також має низьке енергоспоживання, завдяки чому може працювати в автономному режимі тривалий час без потреби в постійному

живленні. Його застосування значно підвищує зручність користування системою, роблячи її не лише функціональною, але й привабливою з точки зору ергономіки. Вигляд дисплею відображено на рисунку 2.5.

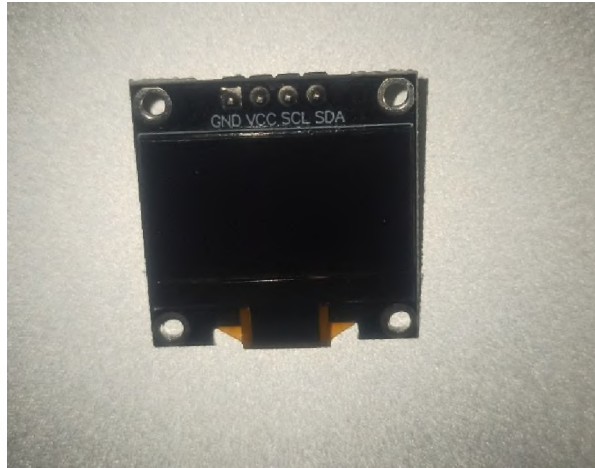


Рисунок 2.5 – OLED-дисплей 0.96" I2C для виводу інформації в системі моніторингу

2.1.6. Макетна плата MB-102

Макетна плата типу MB-102 (рисунок 2.6) є незамінним інструментом на етапі проектування та тестування електронних схем. У межах даної системи моніторингу безпеки будинків з пічним опаленням вона планується до використання виключно під час первинного збирання та налаштування прототипу, до етапу остаточного монтажу та пайки.

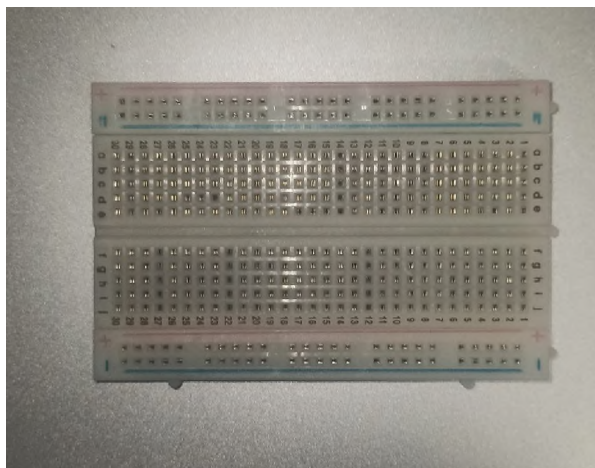


Рисунок 2.6 – Макетна плата MB-102 для початкового збирання системи

Макетна плата дозволяє швидко та без використання паяльника під'єднувати різні електронні компоненти до контролера, тестуючи працездатність окремих вузлів та функціональність системи в цілому. Це особливо важливо при роботі з великою кількістю елементів, таких як датчики, дисплеї, звукові модулі та живлення, коли потрібно перевірити сумісність та логіку взаємодії між ними.

Макетна плата MB-102 має стандартну структуру з двома живильними шинами та зоною для підключення мікроконтролера і модулів. Вона сумісна з більшістю провідників типу «male-to-male» або «dupont», що робить з'єднання надійними та легко змінними. Це особливо корисно на етапі експериментів, коли необхідно часто вносити зміни у схему або замінювати окремі компоненти.

Після того як функціональність системи буде перевірено, планується перехід до фінальної збірки з використанням пайки та стаціонарного монтажу на друкованій платі або в корпусі. Таким чином, макетна плата відіграє критичну роль саме на підготовчому етапі розробки.

2.1.7. Звуковий модуль та блок живлення

Звуковий модуль, що використовується в даній системі, виконує важливу роль у забезпеченні миттєвого попередження про виявлену загрозу. У разі перевищення допустимих рівнів чадного газу, газу або температури, система активує звуковий сигнал, який привертає увагу мешканців навіть у випадку, коли вони не знаходяться біля дисплея або не мають доступу до смартфона. Це особливо важливо для сільських будинків, де оперативність реагування є критичною.

Модуль складається з п'єзоелектричного звукового елемента, який може видавати гучний сигнал на частоті близько 2-4 кГц. У нашому випадку використовується активний звуковий модуль, що генерує сигнал самостійно при подачі напруги на відповідний пін мікроконтролера. Такий тип модуля не потребує зовнішнього генератора частоти, що значно спрощує реалізацію та зменшує навантаження на контролер.

Звуковий модуль, який зображено на рисунку 2.7, підключається безпосередньо до цифрового виходу контролера Arduino Uno R4 Minima, і активується програмно. У разі виявлення перевищення одного з порогових значень, контролер подає логічний сигнал високого рівня, що активує оповіщення.

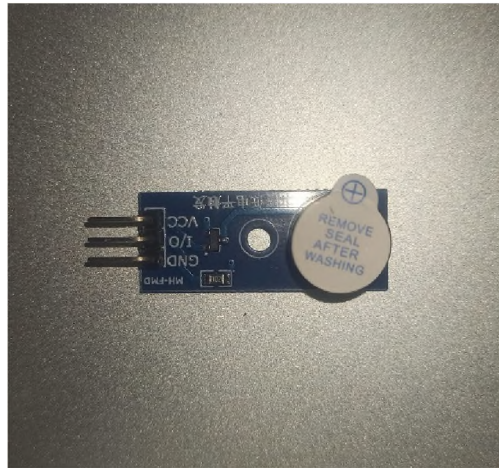


Рисунок 2.7 – Звуковий модуль (п'єзомодуль) для звукового оповіщення

Цей компонент особливо корисний у нічний час або в разі, коли користувач не має доступу до смартфона чи візуального інтерфейсу. Звуковий сигнал є універсальним засобом попередження, що не потребує спеціального сприйняття або інтерпретації, тому ефективно працює у всіх сценаріях експлуатації системи.

Блок живлення є невід'ємною частиною системи моніторингу, оскільки забезпечує стабільну роботу всіх електронних компонентів, зокрема контролера, датчиків, дисплея та звукового модуля. Від надійності джерела живлення залежить загальна ефективність та безперебійність функціонування всієї системи, особливо в умовах постійного моніторингу критичних параметрів.

У даній системі планується використання стабілізованого імпульсного блока живлення з вихідною напругою 9 вольт і струмом щонайменше 2 ампер. Такий блок живлення дозволяє без проблем жити контролер Arduino Uno R4 Minima, OLED-дисплей, кілька газових датчиків MQ-7, MQ-9, температурний сенсор DS18B20 та звуковий модуль. Важливо, щоб блок мав захист від перевантаження та короткого замикання, що підвищує безпеку системи в процесі

експлуатації. Блок живлення, який задовольняє такі умови зображено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Стабілізований імпульсний блок живлення 9В

Живлення системи може здійснюватись як від стаціонарної електромережі, так і через акумулятор або павербанк, що забезпечує додаткову гнучкість та дозволяє організувати резервне живлення у разі знеструмлення. На етапі тестування та налагодження можливе також живлення через USB-кабель від комп'ютера або програматора.

Таким чином, правильно підібраний блок живлення є запорукою стабільної, безпечної та тривалої роботи системи моніторингу, особливо в умовах сільського середовища, де можливі перепади напруги або відключення електроенергії.

2.2 Схема підключення апаратних елементів

Для того щоб реалізувати систему моніторингу безпеки будинку з пічним опаленням, необхідно спочатку розробити схему підключення всіх апаратних компонентів. Це дає змогу логічно структурувати взаємодію між мікроконтролером та периферійними пристроями, забезпечуючи стабільну роботу всієї системи. Схему було змодельовано у середовищі Wokwi, що дозволяє візуалізувати електронні з'єднання та перевірити їхню коректність

перед фізичною реалізацією. Схему підключення компонентів системи показано на рисунку 2.9.

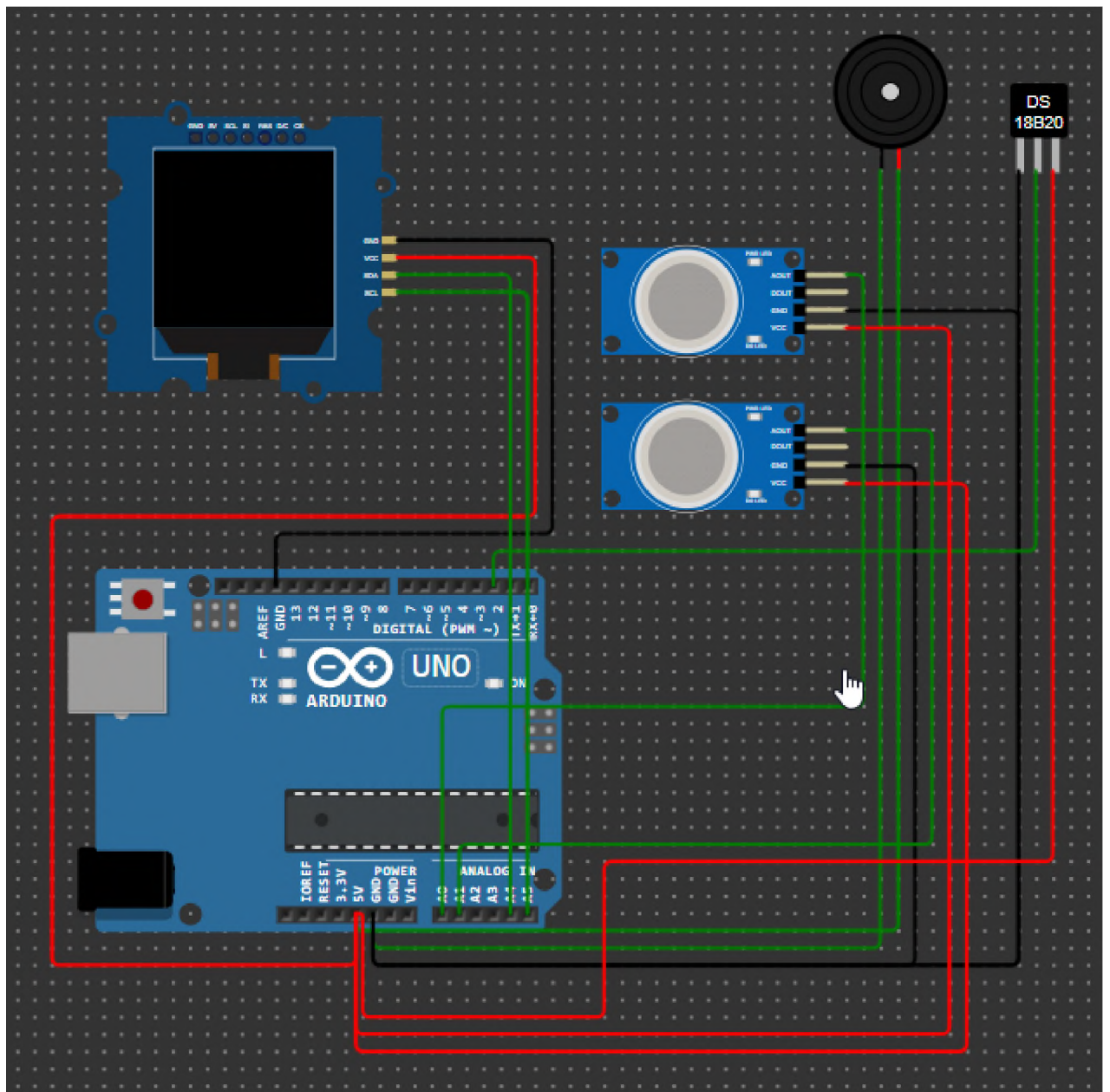


Рисунок 2.9 – Стабілізований імпульсний блок живлення 9В

Центральною ланкою у побудові є мікроконтролер Arduino UNO R4 Minima, до якого підключаються всі сенсори та виконавчі пристрої. Датчик температури DS18B20 під'єднується до цифрового порту D2. Для його стабільної роботи між живленням (5 В) та сигнальним проводом встановлюється

підтягувальний резистор номіналом 4,7 кОм. Заземлення сенсора підключається до загального контакту GND.

Аналогові датчики газу MQ-7 і MQ-9 підключаються до входів A0 та A1 відповідно. Вони живляться від лінії 5 В та мають спільне заземлення з контролером. Вихідні аналогові сигнали зчитуються мікроконтролером для визначення концентрації чадного газу та інших шкідливих речовин.

OLED-дисплей із роздільною здатністю 128×32 пікселі працює через інтерфейс I2C. Його лінія даних SDA підключається до контакту A4, а лінія синхронізації SCL – до контакту A5. Живлення подається з виводу 5 В Arduino, а загальна земля під'єднана до відповідного контакту GND.

Для звукової сигналізації у разі виявлення небезпечної концентрації газу використовується п'єзобузер, який підключається до цифрового порту D3. Його другий контакт з'єднаний із загальним заземленням.

Живлення всієї системи може здійснюватися як через USB-кабель, так і за допомогою зовнішнього джерела напруги 9 В, підключеного до відповідних пінів живлення Arduino. Усі з'єднання реалізовано на макетній платі, що дозволяє швидко монтувати схему та при необхідності вносити зміни.

Для визначення рівня газів використовуються два аналогових сенсори: MQ-7 (чадний газ) і MQ-9 (чадний газ та метан). Вони підключаються до аналогових входів Arduino, наприклад, A0 для MQ-7 і A1 для MQ-9. Обидва сенсори потребують живлення 5 В і заземлення, а також час на прогрів перед початком точного вимірювання. Сигнали з цих датчиків зчитуються контролером, аналізуються та при необхідності спричиняють активацію тривоги.

Вся інформація про стан системи виводиться на OLED-дисплей 0.91" (128x32 пікселі) з інтерфейсом I2C. Підключення дисплея до Arduino здійснюється через пін SDA (A4) та SCL (A5). Цей дисплей дозволяє компактно відображати поточну температуру, рівень газів і повідомлення про стан безпеки у приміщенні.

Для попередження користувачів про небезпечну ситуацію використовується п'єзобузер, який з'єднано з одним із цифрових виходів

Arduino, наприклад, D3. У разі виявлення критичних показників датчиків контролер подає високий логічний рівень на цей пін, активуючи звукову сигналізацію.

Всі апаратні компоненти встановлені на макетній платі, що забезпечує зручність монтажу, налагодження та можливість модифікацій. Система живиться від блоку живлення на 5 В, що підключається до VIN або роз'єму USB Arduino, забезпечуючи стабільну роботу всіх елементів.

Таким чином, всі апаратні компоненти з'єднані між собою у компактну і функціональну систему, здатну в реальному часі контролювати параметри середовища та своєчасно попереджати про небезпеку.

2.3 Функціональні можливості системи

Система моніторингу безпеки будинку з пічним опаленням повинна виконувати низку ключових функцій, спрямованих на забезпечення постійного контролю за мікрокліматом приміщення та своєчасне виявлення потенційно небезпечних ситуацій, пов'язаних із перевищенням допустимих значень температури або концентрації газів.

Однією з основних функціональних можливостей є виведення на OLED-дисплей поточних значень температури, а також рівнів концентрації чадного газу та інших газів, що визначаються за допомогою датчиків MQ-7 і MQ-9. Цей вивід здійснюється в режимі реального часу, що дає змогу користувачеві оперативно відстежувати стан навколишнього середовища в приміщенні.

Крім фактичних показників, система також виводить інформацію про поточний стан її роботи. У нормальному режимі відображається повідомлення про стабільне функціонування. У разі виявлення перевищення допустимого рівня температури або газу, система автоматично переходить в аварійний режим, при якому на дисплеї з'являється опис характеру виявленої проблеми.

Додатковим елементом індикації небезпеки є звукове сповіщення. У випадку, коли одне або кілька значень із сенсорів виходять за межі встановлених безпечних параметрів, активується п'єзобузер, що подає звуковий сигнал, попереджаючи користувача про небезпеку. Це дозволяє швидко зреагувати на ситуацію навіть у випадках, коли візуальне повідомлення залишається непоміченим.

Таким чином, система забезпечує базові механізми моніторингу та оповіщення, необхідні для зниження ризиків, пов'язаних із використанням пічного опалення у побутових умовах.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Розробка системи моніторингу безпеки будинку з пічним опаленням передбачає послідовне втілення апаратної та програмної складових на основі попередньо визначених вимог. На цьому етапі реалізується інтеграція компонентів, що забезпечують збір, обробку та відображення даних, а також реагування на потенційно небезпечні ситуації.

У процесі розробки особливу увагу зосереджено на забезпеченні стабільної роботи сенсорів, відображенні інформації на дисплеї, а також надійності механізму звукового оповіщення. Система створюється з урахуванням практичних умов експлуатації та спрямована на підвищення рівня безпеки в помешканнях із використанням твердопаливного опалення.

3.1 Монтаж системи через макетну плату

Початковим етапом реалізації системи моніторингу є побудова її апаратної частини на макетній платі. Макетна плата – це зручний інструмент для складання прототипів електронних схем без необхідності паяння, що дозволяє швидко змінювати конфігурацію та тестувати різні варіанти підключення компонентів. Такий підхід є особливо корисним на етапі розробки, коли важливо мати можливість гнучко вносити зміни до схеми або замінювати окремі елементи без втрати часу на постійне перепаювання з'єднань.

Для з'єднання компонентів на макетній платі використовувалися гнучкі з'єднувальні провідники, відомі як джампери. Їх застосування дозволяє легко підключати елементи до потрібних пінів контролера Arduino, живлення або землі, забезпечуючи водночас візуальну зручність у читанні та налагодженні схеми. Джампери мають різні кольори, що дозволяє логічно маркувати сигнальні, живильні та заземлюючі з'єднання, зменшуючи ризик помилок при підключенні.

Монтаж системи здійснювався поетапно, з урахуванням принципів логічного компонування елементів – тобто датчики розташовувались групами, провідники не перехрещувалися, а контролер встановлювався таким чином, щоб забезпечити доступ до всіх його пінів. Усі підключення виконувалися за допомогою джамперів, дотримуючись відповідної полярності живлення і послідовності підключення сигналів. Такий підхід дозволив швидко зібрати схему, яка була повністю готовою до подальшого програмування, тестування та налаштування.

Спочатку потрібно забезпечити подачу живлення на макетну плату. Для цього використовується шина живлення: до червоної лінії підключається вивід 5V з контролера Arduino, а до синьої – вивід GND (рисунок 3.1). Це дозволяє зручно підключати живлення до всіх компонентів системи через спільну шину.

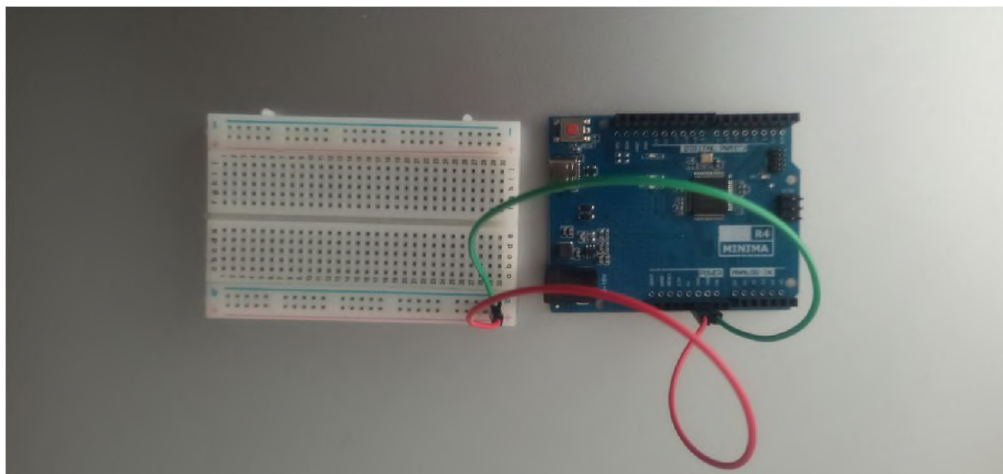


Рисунок 3.1 – Підключення живлення на макетну плату

Після цього здійснюється підключення датчиків до макетної плати. Датчик температури DS18B20 підключається за допомогою трьох проводів: VCC до червоної шини живлення, GND до синьої, а сигнальний пін – до цифрового входу D2 на Arduino.

Для стабільної роботи між сигнальним піном і живленням додається підтягуючий резистор на 4.7 кОм (рисунок 3.2).

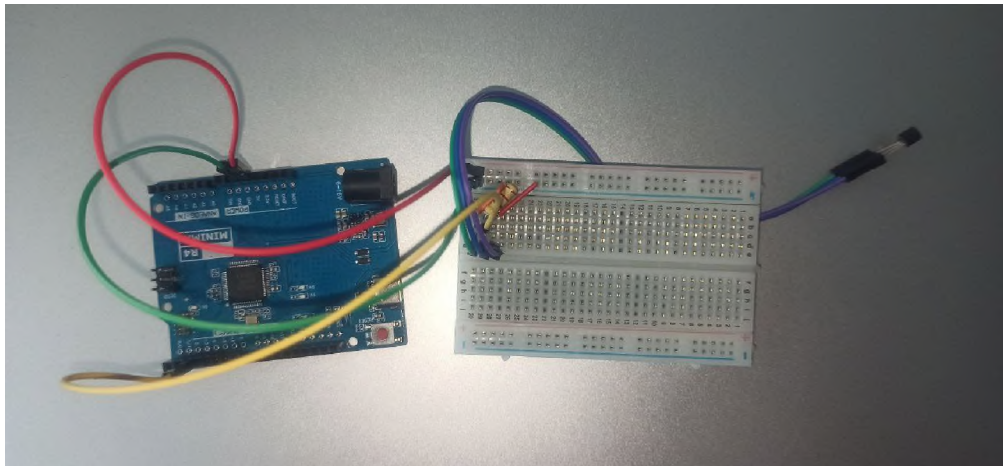


Рисунок 3.2 – Підключення температурного датчику DS18B20

Далі монтуються газові сенсори MQ-7 та MQ-9. Кожен з них підключається аналогічно: VCC – до 5V, GND – до GND, а сигнальні виводи (AO) – відповідно до аналогових входів A0 та A1 контролера (рисунок 3.3). Оскільки ці сенсори споживають більше струму, рекомендується використовувати окреме джерело живлення або перевірити потужність основного блока.

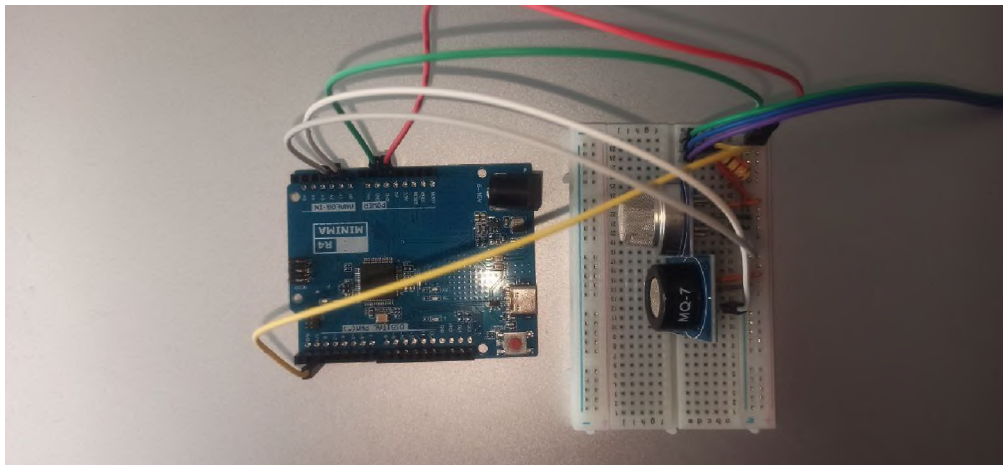


Рисунок 3.3 – Підключення газових сенсорів MQ-7 та MQ-9

Наступним кроком є підключення OLED-дисплея. Оскільки використовується модуль із інтерфейсом I2C, для з'єднання достатньо двох сигнальних проводів – SDA та SCL. Вони підключаються відповідно до виводів A4 (SDA) і A5 (SCL) на Arduino Uno R4 Minima. Живлення дисплея здійснюється через стандартні лінії 5V та GND (рисунок 3.4).

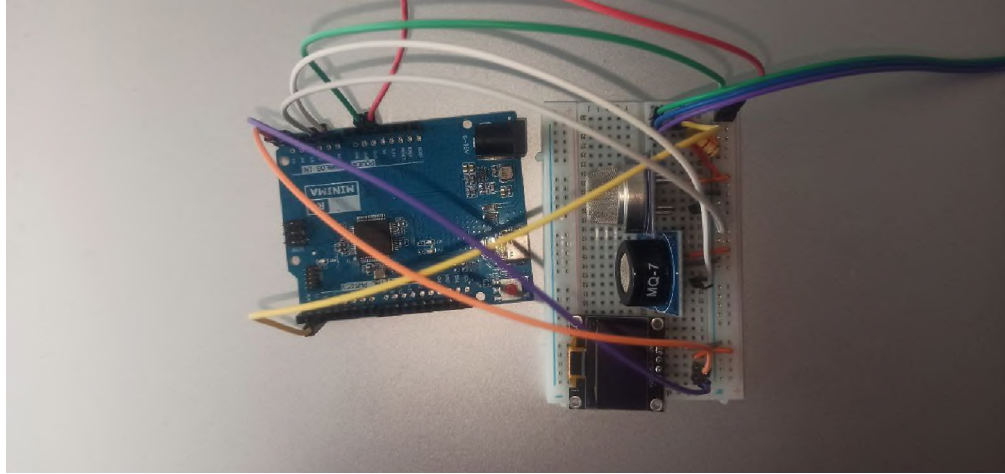


Рисунок 3.4 – Підключення OLED-дисплея

Для реалізації звукового оповіщення до макетної плати підключається пасивний бужер. Його позитивний контакт з'єднується з цифровим виводом D8, а негативний – з GND. Для уникнення перешкод бажано застосувати додатковий резистор або транзисторний ключ, якщо планується постійна інтенсивна робота сигналізації (рисунок 3.5).

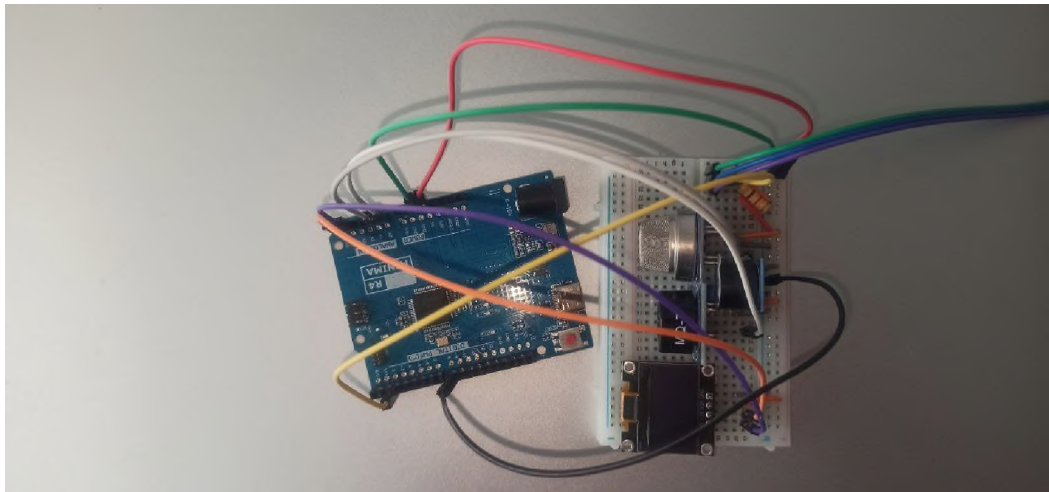


Рисунок 3.5 – Підключення пасивного бужера

Завершальним етапом монтажу є перевірка усіх з'єднань, зокрема правильності полярності живлення, а також міцності контактів у макетній платі. Всі компоненти повинні бути надійно закріплені й зручно розташовані для подальшої діагностики та обслуговування.

У результаті виконаного монтажу апаратної частини системи моніторингу на макетній платі було забезпечено функціональне та надійне з'єднання всіх компонентів. Використання макетної плати та джамперів значно спростило процес побудови прототипу, дозволило уникнути постійного паяння, а також забезпечило можливість швидкої модифікації схеми у разі потреби. Рациональне розташування елементів та дотримання принципів логічного компонування сприяли підвищенню зручності подальшого обслуговування та діагностики.

Усі компоненти системи – температурний датчик, газові сенсори, дисплей та звуковий сигналізатор – були підключені відповідно до технічних вимог та з урахуванням особливостей роботи з мікроконтролером Arduino Uno R4 Minima. Живлення було правильно розведено по шинах, а сигнальні лінії підключені до відповідних входів контролера, що забезпечило належну взаємодію усіх елементів у єдиній системі.

Таким чином, етап монтажу завершено успішно, а отримана апаратна конструкція повністю готова до реалізації програмної частини системи та подальшого тестування її роботи.

3.2 Обробка даних з датчиків

У системі моніторингу безпеки житлових приміщень з пічним опаленням важливу роль відіграє своєчасна та достовірна обробка даних, що надходять від встановлених сенсорів. В основу проекту покладено використання сенсорів MQ-7 для виявлення чадного газу, MQ-9 для виявлення метану та інших горючих газів, а також цифрового термометра DS18B20 для контролю температури повітря. Зібрана інформація дозволяє оцінити поточний стан середовища та оперативно реагувати у разі виявлення потенційної загрози.

Процес обробки даних включає зчитування показників із сенсорів, їхнє перетворення у зручну для інтерпретації форму, а також перевірку на відповідність встановленим граничним значенням. Якщо фіксується перевищення допустимого рівня температури чи концентрації газу, система

автоматично подає сигнал тривоги за допомогою бузера і відображає відповідне повідомлення на OLED-дисплеї. Такий підхід дозволяє забезпечити високий рівень інформованості користувача про потенційні небезпеки в режимі реального часу.

Для моніторингу температурного режиму в приміщеннях з пічним опаленням у системі використовується цифровий датчик DS18B20. Цей сенсор працює за протоколом OneWire, що дозволяє здійснювати обмін даними через один цифровий вивід, що значно спрощує схему з'єднання та зменшує кількість необхідних пінів мікроконтролера.

На етапі ініціалізації в коді Arduino створюється об'єкт шини OneWire та передається у відповідний об'єкт бібліотеки DallasTemperature, що надає зручні методи для зчитування температурних даних (рисунок 3.6).

```
// Ініціалізація температурного датчика DS18B20
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire onewire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&onewire);
```

Рисунок 3.6 – Ініціалізація температурного датчика DS18B20

У функції `setup()` здійснюється ініціалізація датчика температури за допомогою методу `begin()`, що готує пристрій до подальших операцій зчитування. Зчитування температури здійснюється у функції `loop()`, через виклик окремої функції `getTemperature()`, яка ініціює запит до сенсора, очікує відповідь і повертає відкориговане значення температури (рисунок 3.7).

```
// Отримання температури з датчика та її корекція
float getTemperature() {
    sensors.requestTemperatures();
    float rawTemp = sensors.getTempCByIndex(0);
    return rawTemp - 1.0; // Корекція температури
}
```

Рисунок 3.7 – Зчитування значень температури та її корекція

Отримане значення температури далі використовується для оцінки безпечності поточного стану. Якщо температура перевищує критичне значення 40 °С, система реагує активацією сигналізації та виводом повідомлення на OLED-дисплей (рисунок 3.8).

```
// Перевірка перевищення температури
if (temp > 40.0) {
  line1 = "Danger temp";
  hasAlert = true;
}
```

Рисунок 3.8 – Перевірка небезпечних значень температури 3

Для визначення рівня чадного газу (CO) у повітрі в системі моніторингу використовується газовий сенсор MQ-7. Цей датчик є аналоговим і реагує на концентрацію оксиду вуглецю в навколишньому середовищі. Він підключений до аналогового входу мікроконтролера Arduino, що дозволяє зчитувати змінну напругу, пропорційну рівню забруднення повітря. У програмному коді сенсор MQ-7 підключено до аналогового піну A0.

Під час виконання основного циклу програми (loop()) значення з сенсора зчитується за допомогою функції analogRead() (рисунок 3.9).

```
int coValue = analogRead(MQ7_PIN); // Зчитування рівня CO
```

Рисунок 3.9 – Зчитування значень з датчику MQ-7

Отримане значення представляє собою ціле число в діапазоні від 0 до 1023, яке відображає рівень напруги на аналоговому вході. Це значення може бути масштабовано або порівняно з емпірично встановленими порогами для визначення концентрації чадного газу в частинах на мільйон (ppm).

Для контролю концентрації горючих газів, зокрема метану (CH₄), у системі використовується газовий сенсор MQ-9. Він реагує на наявність метану, вуглекислого газу та інших легкозаймистих речовин у повітрі. Датчик

підключено до аналогового входу A1 мікроконтролера, що дозволяє проводити безперервний моніторинг стану атмосфери у приміщенні.

У функції основного циклу (`loop()`) зчитування значення з сенсора відбувається за допомогою стандартної функції `analogRead()` (рисунок 3.10).

```
int ch4Value = analogRead(MQ9_PIN); // Зчитування рівня CH4
```

Рисунок 3.10 – Зчитування значень з датчику MQ-9

Отримане значення `ch4Value` відображає аналогову напругу, що пропорційна рівню газу, і має числовий діапазон від 0 до 1023. У даному проекті визначено, що значення вище 400 одиниць сигналізує про перевищення допустимої концентрації метану.

У підсумку, реалізований підсистемний рівень зчитування даних із датчиків у системі моніторингу безпеки будинку з пічним опаленням забезпечує повноцінне функціонування ключових компонентів: температурного сенсора DS18B20, газових сенсорів MQ-7 для чадного газу та CO та MQ-9 для метану та CH₄. Усі сенсори працюють у реальному часі, а дані від них використовуються для виявлення потенційно небезпечних умов у приміщенні.

Температурний сенсор DS18B20 надає точну інформацію про температуру середовища з урахуванням програмної корекції. Сенсори MQ-7 і MQ-9 дозволяють фіксувати перевищення допустимих рівнів вмісту чадного газу та метану відповідно. Логіка обробки даних передбачає сценарії автоматичного реагування, включаючи зміни статусу системи, вивід повідомлень на OLED-дисплей та активацію звукового попередження через бужер.

Цей рівень функціонування є основою для всієї системи, оскільки саме він забезпечує безперервне отримання критичних параметрів середовища та прийняття рішень у випадку загроз. Надійна робота сенсорного модуля є запорукою ефективного моніторингу безпеки, що особливо важливо для будинків, де застосовується пічне або газове опалення.

3.3 Візуалізація та вивід результатів моніторингу

Візуалізація даних є ключовим етапом у процесі моніторингу, оскільки вона забезпечує користувача зрозумілим і доступним уявленням про стан навколишнього середовища. У системах безпеки, зокрема тих, що використовуються в умовах пічного опалення, своєчасне та чітке інформування про температуру повітря, концентрацію чадного газу (CO) і метану (CH₄) є критично важливим для прийняття рішень.

У розробленій системі моніторингу результати вимірювань виводяться на OLED-дисплей з роздільною здатністю 128x64 пікселів, що забезпечує добру читабельність навіть за складних умов освітлення. На дисплеї циклічно відображається поточна температура, рівень газів, статус безпеки та текстові повідомлення про виявлені загрози.

Після увімкнення системи моніторингу безпеки з пічним опаленням, користувачу на дисплеї відображається послідовність вітальних зображень. Це дозволяє одразу ідентифікувати розробника та назву системи, створюючи візуальну впізнаваність та формуючи довіру до пристрою. Першим виводиться логотип Луцького національного технічного університету (ЛНТУ) (рисунок 3.11), що вказує на навчальний. Після короткої затримки на екрані з'являється логотип самої системи безпеки – FireSafe HOME (рисунок 3.12), яка відповідає за моніторинг параметрів навколишнього середовища.



Рисунок 3.11 – Вивід логотипу ЛНТУ на дисплей



Рисунок 3.12 – Вивід логотипу системи FireSafe HOME на дисплей

За виведення логотипів відповідає функція `showLogo` (рисунок 3.13), яка приймає у вигляді параметра масив XBM-даних зображення. Вона спочатку очищає буфер дисплея, відображає логотип і затримує виконання програми на кілька секунд для його перегляду.

```
// Функція для відображення логотипу на екрані
void showLogo(const unsigned char *logo) {
    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.drawXBMP(0, 0, logo_width, logo_height, logo);
    u8g2.sendBuffer();
    delay(3000); // Пауза на 3 секунди
}
```

Рисунок 3.13 – Код, який відповідає за відображення логотипів на дисплей

Ініціалізація та відображення логотипів реалізована у функції `setup()`, яка виконується один раз під час запуску пристрою (рисунок 3.14).

```
void setup() {
    u8g2.begin();           // Ініціалізація OLED
    sensors.begin();       // Ініціалізація температурного датчика

    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Вимкнення бузера (HIGH – неактивний)

    // Вивід логотипів
    showLogo(epd_bitmap_logo1);
    showLogo(epd_bitmap_logo2);
}
```

Рисунок 3.14 – Функція `setup()`, у якій реалізовано вивід логотипів

Після завершення виводу вітальних логотипів ЛНТУ та системи FireSafe HOME, OLED-дисплей переходить у режим реального часу, в якому постійно

оновлюється та виводиться актуальна інформація про стан навколишнього середовища та безпеки в приміщенні. Вивід даних організовано у вигляді текстових рядків, які логічно згруповані для зручності візуального сприйняття користувачем.

Система моніторингу відображає такі параметри (рисунок 3.15):

- температура повітря – у градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$), отримується з датчика DS18B20;
- концентрація чадного газу (CO) – в умовних одиницях, зчитується з аналогового входу, підключеного до датчика MQ-7;
- концентрація метану (CH₄) – також в умовних одиницях, зчитується з аналогового входу від датчика MQ-9;
- статус системи – ОК або THREAT, залежно від поточної ситуації;
- додаткові повідомлення – інформують про перевищення температури чи наявність небезпечних концентрацій газів.



Рисунок 3.15 – Вивід інформації в режимі реального часу

Код, який відповідає за вивід цих даних відображено на рисунку 3.16. У ньому використовується два шрифти для кращої структури виводу: більший для основних показників і менший – для повідомлень. Після кожного циклу `loop()` дані оновлюються, що забезпечує динамічний режим моніторингу. Повідомлення `line1` і `line2` змінюються залежно від виявлених загроз – наприклад, «High CO», «Danger temp» або «Normal conditions».

```
// Виведення інформації на OLED
u8g2.clearBuffer();
u8g2.setFont(u8g2_font_6x12_tf);
u8g2.drawStr(0, 10, ("Temp: " + String(temp, 1) + " \xB0""C").c_str());
u8g2.drawStr(0, 22, ("CO: " + String(coValue) + " ppm").c_str());
u8g2.drawStr(0, 34, ("CH4: " + String(ch4Value) + " ppm").c_str());
u8g2.drawStr(0, 46, ("Status: " + status).c_str());
u8g2.setFont(u8g2_font_5x8_tf);
u8g2.drawStr(0, 55, "Message:");
u8g2.drawStr(u8g2.getStrWidth("Message: ") + 1, 55, line1.c_str());
u8g2.drawStr(0, 64, line2.c_str());
u8g2.sendBuffer();
```

Рисунок 3.16 – Код для виводу інформації в режимі реального часу

Таким чином, користувач у будь-який момент має наочне уявлення про стан повітря в приміщенні, що особливо важливо для домогосподарств із пічним опаленням.

3.4 Реалізація сигналізації

Одним із важливих елементів системи моніторингу FireSafe HOME є вбудована звукова сигналізація, що дозволяє оперативно попереджати мешканців про виникнення небезпечних ситуацій. У системі використовується п'єзоелектричний бузер, підключений до цифрового виводу плати Arduino UNO R4 Minima. Сигналізація активується автоматично при перевищенні встановлених порогових значень температури або концентрації чадного газу CO і метану CH₄.

Бузер працює у переривчастому режимі, що дозволяє легко розпізнати звукове попередження навіть при фоновому шумі в приміщенні. Такий режим

досягається за рахунок реалізації програмного керування частотою включення/вимкнення сигналу із заданими інтервалами.

У системі FireSafe HOME сигналізація активується при виявленні будь-якої потенційної загрози: перегріву або небезпечно високої концентрації газів. Для цього використовується логіка аналізу даних у основному циклі програми, яка формує стан тривоги. Якщо одна або декілька умов становлять загрозу, викликається функція `handleBuzzer()` – саме вона відповідає за генерацію переривчастого звуку. На рисунку 3.17 подано реалізацію цієї функції.

```
// Керування сигналізацією: генерується переривчастий сигнал
void handleBuzzer() {
    unsigned long currentMillis = millis();
    if ((currentMillis - previousBeepMillis) >= beepInterval) {
        previousBeepMillis = currentMillis;
        buzzerState = !buzzerState;
        digitalWrite(BUZZER_PIN, buzzerState ? LOW : HIGH);
    }
}
```

Рисунок 3.17 – Функція керування бузером

Умови активації сигналізації визначаються у функції `loop()` (рисунок 3.18) після обробки даних з сенсорів.

```
// Перевірка перевищення температури
if (temp > 40.0) {
    line1 = "Danger temp";
    hasAlert = true;
}

// Аналіз стану газів
if (coValue > 180 && ch4Value > 400) {
    line2 = "High CO & CH4";
    hasAlert = true;
} else if (coValue > 180) {
    line2 = "High CO";
    hasAlert = true;
} else if (ch4Value > 400) {
    line2 = "High CH4";
    hasAlert = true;
}
```

Рисунок 3.18 – Умови активації сигналу тривоги

Функція працює на основі обчислення інтервалів часу між вмиканням та вимиканням сигналу. Змінна `buzzerState` змінює свій стан із логічного LOW на HIGH, що й формує звукові імпульси. Перевірка `millis()` дозволяє уникнути затримок і не блокує основний цикл виконання програми.

Коли загроза відсутня, бузер переводиться в неактивний стан логічним рівнем HIGH. За активацію або деактивацію бузера відає код, який відображено на рисунку 3.19.

```
// Умови відсутності загрози
if (!hasAlert) {
  line1 = "";
  line2 = "Normal conditions";
  digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Вимкнення бузера
} else {
  status = "THREAT";
  handleBuzzer(); // Активуємо бузер
}
```

Рисунок 3.19 – Активація, або деактивація бузера

Таким чином, реалізований механізм сигналізації забезпечує своєчасне й чітке оповіщення користувача про аварійну ситуацію, а його програмна реалізація дозволяє налаштувати інтервали тривалості та частоту сигналів без додаткових апаратних засобів.

3.5 Тестування та налагодження системи

Після завершення збирання пристрою на основі платформи Arduino UNO R4 Minima проводиться обов'язкове тестування та налагодження системи. Це дозволяє впевнитися в коректній роботі всіх апаратних і програмних компонентів, а також переконатися у відповідності системи заданим технічним вимогам. Завдяки тестуванню виявляються можливі помилки монтажу, несправності модулів або неточності в логіці роботи програми.

У процесі тестування були перевірені такі компоненти: мікроконтролер Arduino UNO R4 Minima, OLED-дисплей 128x64 пікселів із інтерфейсом I2C,

температурний датчик DS18B20, газові датчики MQ-7 та MQ-9, звуковий сигналізатор (бузер), а також логіка виведення даних на дисплей. Окрему увагу було приділено стабільності живлення від зовнішнього джерела – блока живлення на 9 В.

Перевірка кожного з компонентів дозволила впевнитися, що система правильно визначає та відображає параметри навколишнього середовища, оперативно реагує на перевищення критичних значень та інформує користувача за допомогою звукових і візуальних сигналів.

Після остаточного складання та підключення усіх компонентів система була піддана ретельному поетапному тестуванню. Перевірка розпочалась із подачі живлення від блоку живлення на 9 вольт. У перші секунди після запуску на OLED-дисплеї з'являється логотип Луцького національного технічного університету – ЛНТУ (рисунок 3.20), а за ним – логотип самої системи під назвою FireSafe HOME (рисунок 3.21).

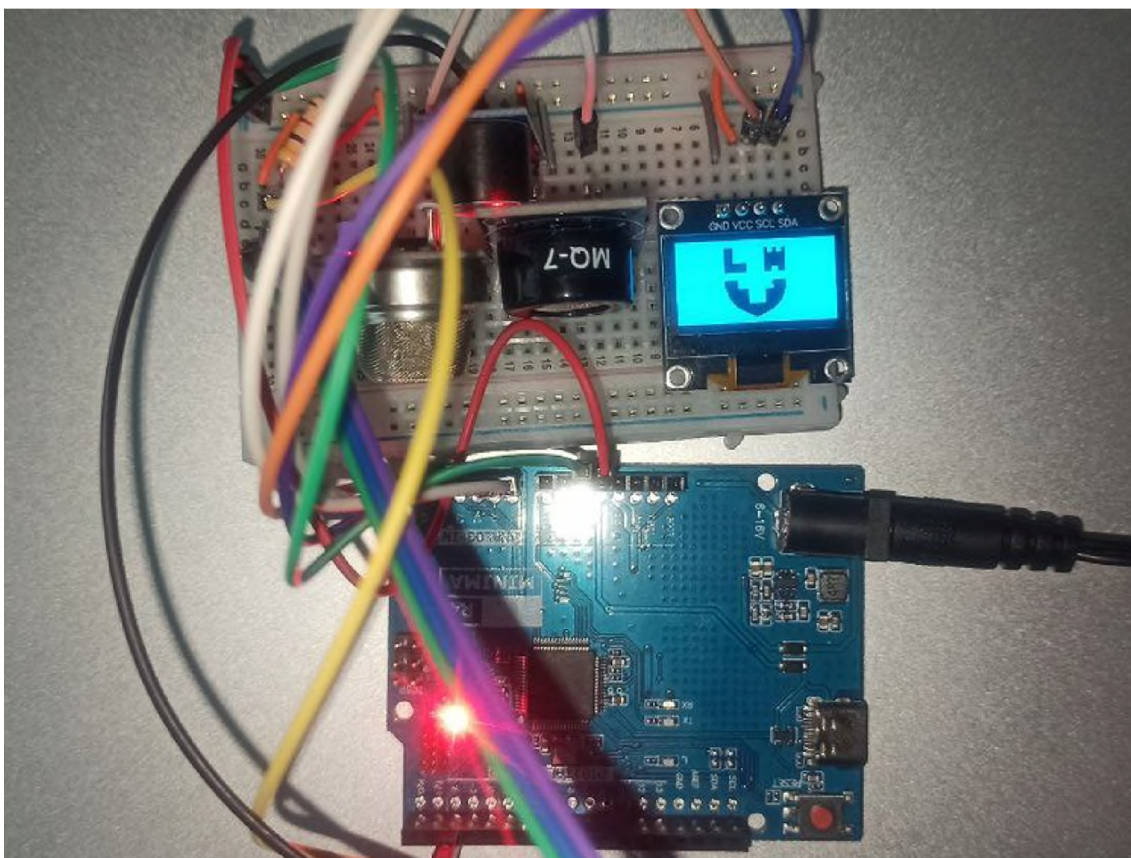


Рисунок 3.20 – Вивід логотипу ЛНТУ

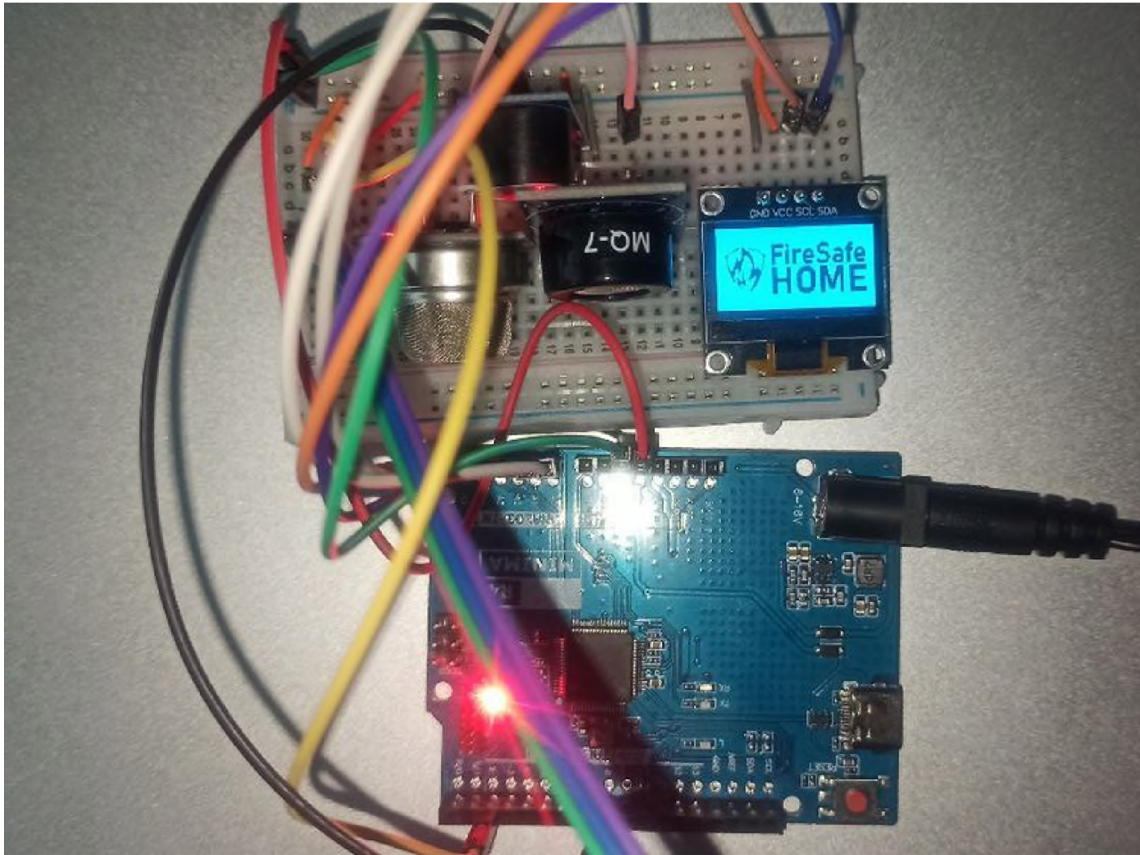


Рисунок 3.21 – Вивід логотипу системи FireSafe HOME

Обидва зображення відображаються послідовно з паузою приблизно три секунди, що дозволяє переконатися в коректній роботі дисплея та початкової ініціалізації.

Після завершення демонстрації логотипів система переходить у звичайний режим моніторингу. На дисплеї постійно відображаються актуальні дані: температура повітря, рівень чадного газу (CO), рівень метану (CH₄), загальний статус системи, а також коротке текстове повідомлення про ситуацію. За замовчуванням, якщо всі параметри в нормі, статус позначається як «OK», а повідомлення вказує на нормальні умови. Дані оновлюються кожні кілька десятків мілісекунд, що забезпечує майже миттєву реакцію на зміни в навколишньому середовищі.

Далі проводилася перевірка роботи кожного з ключових сенсорів. Почали з температурного датчика DS18B20. Щоб імітувати підвищення температури, до

сенсора на кілька секунд підносили звичайну запальничку. Це спричинило швидке зростання температури, і як тільки вона перевищила поріг у 40 градусів Цельсія, система миттєво відреагувала. На екрані з'явилось попередження «Danger temp», статус змінився на «THREAT» (рисунок 3.22), і почалась робота бузера, який подав переривчастий звуковий сигнал.

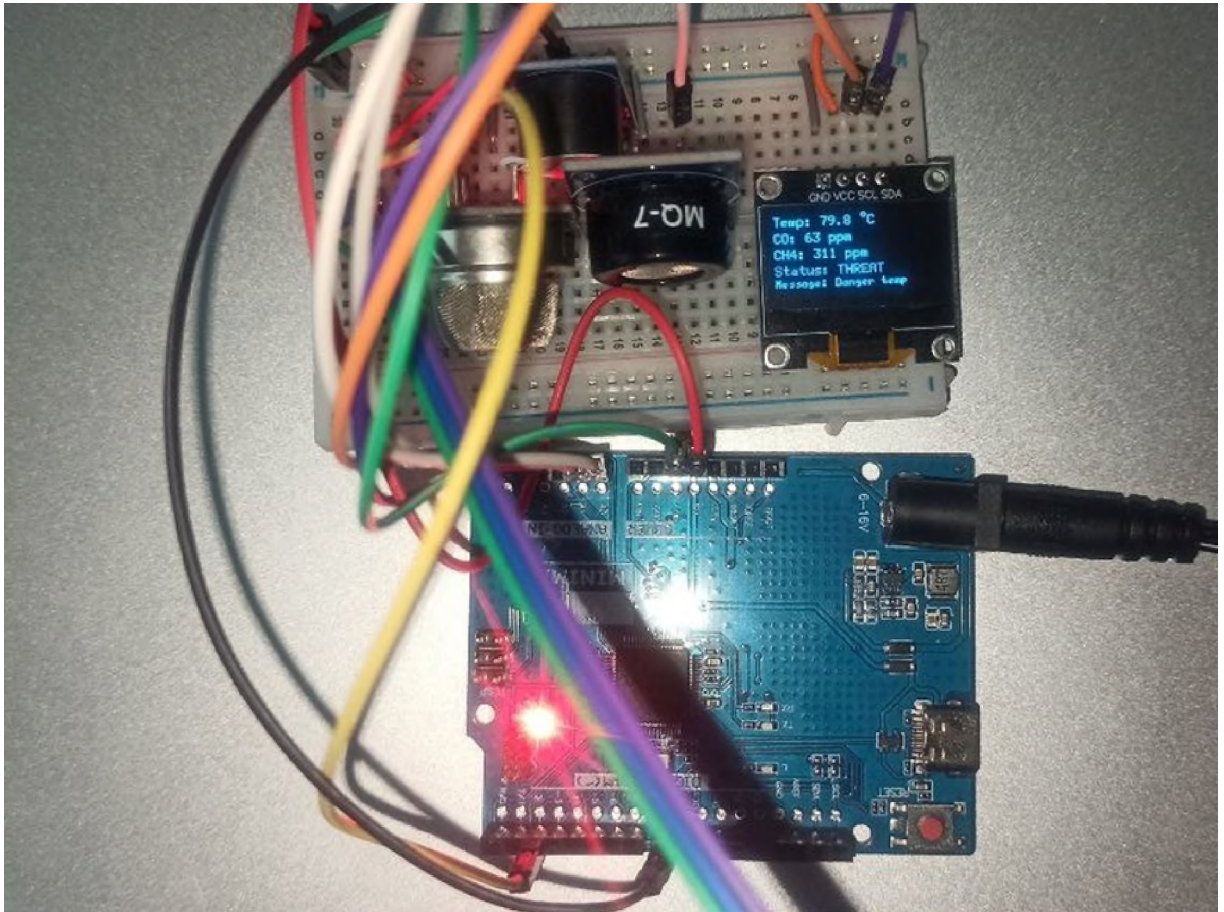


Рисунок 3.22 – Реакція системи на перевищення допустимої температури

Наступним етапом стала перевірка газового сенсора MQ-7, який відповідає за виявлення чадного газу.

Біля датчика запалювали і частково тліли аркуш паперу або серветку, утворюючи дим.

Через кілька секунд на дисплеї з'явилось повідомлення «High CO» (рисунок 3.23), система знову перейшла в режим тривоги, а буюер увімкнувся.

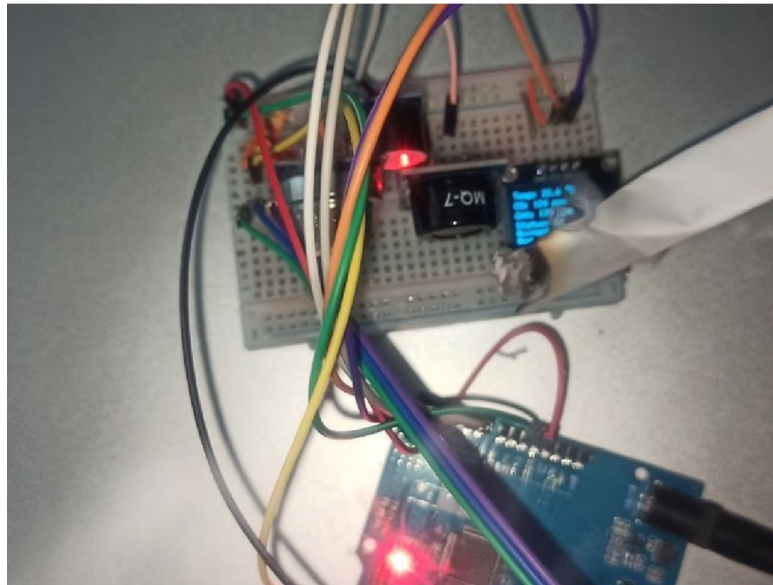


Рисунок 3.23 – Реакція системи на перевищення рівню CO

Після цього перевіряли роботу датчика MQ-9, що реагує на метан та інші горючі гази. Для тесту використовувалася звичайна запальничка, яку відкривали без запалення, підносячи до сенсора. При виявленні газу на дисплеї з'явилося повідомлення «High CH₄» (рисунок 3.24), спрацювала сигналізація та відповідний звуковий супровід.

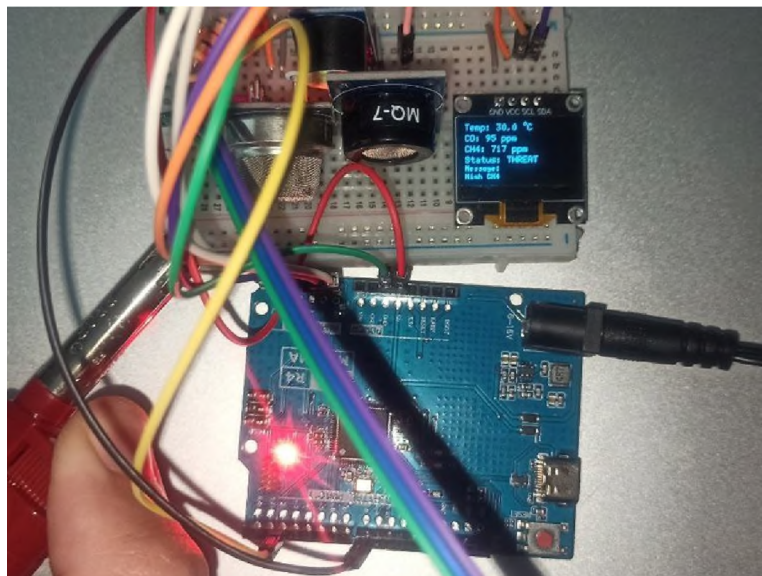


Рисунок 3.24 – Реакція системи на перевищення рівню CH₄

Для імітації найнебезпечнішої ситуації проводилась перевірка обох газових сенсорів одночасно: до MQ-7 подавали дим, а до MQ-9 – метан. В

результаті обидва сенсори фіксували загрозу, і система видавала повідомлення «High CO & CH₄» (рисунок 3.25). Усі сигнали тривоги працювали синхронно, максимально інформуючи користувача про критичну ситуацію.

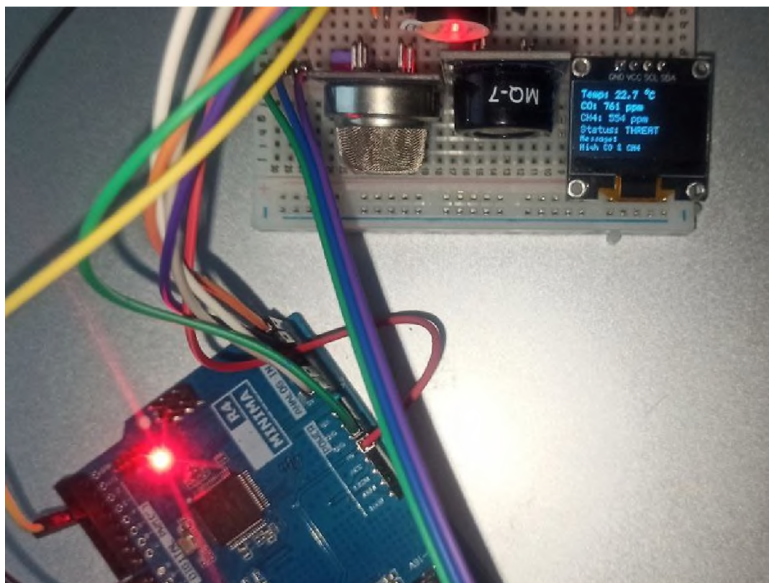


Рисунок 3.25 – Реакція системи на одночасне перевищення рівню CO та CH₄

Таким чином, тестування на макетній платі довело, що система FireSafe HOME реагує на всі задані параметри швидко, надійно та інформативно. Вона повністю виконує свої функції і готова до подальшого використання у реальних умовах.

Після завершення тестування, система повторно перевірена на працездатність в усіх етапах. Результати проведеного тестування підтверджують повну працездатність розробленої системи моніторингу безпеки приміщень FireSafe HOME. Усі апаратні компоненти, включаючи мікроконтролер, сенсори температури та газів, дисплей і звукову сигналізацію, коректно взаємодіють між собою та функціонують відповідно до поставлених завдань. Програмна логіка забезпечує стабільне оновлення даних, виведення попереджень на дисплей та своєчасне спрацьовування сигналізації у разі виявлення небезпечних умов.

Тестування кожного з елементів системи, починаючи від виводу логотипів і завершуючи реагуванням на симульовані загрози (перевищення температури, поява чадного газу та метану), показало високу точність вимірювання і

оперативність реакції. Особливо важливо, що система здатна виявляти навіть одночасну наявність кількох небезпек і відповідно до цього інформувати користувача в максимально зрозумілій формі.

Після підтвердження працездатності на макетній платі, система була остаточно змонтована шляхом спаювання компонентів, що зробило її придатною для тривалого використання. Завершальна перевірка вже зібраного пристрою не виявила жодних збоїв або нестабільності, що підтверджує готовність системи до експлуатації в умовах реального середовища.

ВИСНОВКИ

Створення автоматизованої системи безпеки на основі сучасних IoT-рішень з використанням апаратної платформи Arduino дозволяє виявляти потенційно небезпечні ситуації та своєчасно інформувати користувачів про загрози. За результатами виконання кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки.

Досліджено особливості та загрози, пов'язані з експлуатацією пічного опалення в житлових будинках та виявлено, що особливо вразливими до наслідків аварій, пов'язаних з пічним опаленням, є літні люди, діти, особи з обмеженими можливостями і необхідне впровадження автоматизованих систем моніторингу, які здатні виявляти потенційно небезпечні ситуації на ранньому етапі й оперативно сповіщати мешканців. Проведено огляд існуючих технічних рішень і апаратних платформ для створення систем моніторингу та визначено, що системи на базі IoT-технологій і мікроконтролерів, таких як Arduino, стають перспективним і доступним рішенням для приватного житла.

Обґрунтовано доцільність використання IoT-технологій, а саме вибір платформи Arduino Uno R4 Minima як основного контролера.

Розроблено технічну схему системи, яка включає сенсори температури та газу MQ-7, MQ-9 та DS18B20, дисплей і засоби сигналізації.

Реалізовано програмну частину системи в середовищі Arduino IDE, яка забезпечує зчитування даних з датчиків, обробку цих даних та реагування на перевищення порогів безпеки через функції `setup()`, `getTemperature()`, `analogRead()`.

Візуалізовано результати моніторингу на OLED-дисплеї з роздільною здатністю 128x64 пікселів, де циклічно відображається поточна температура, рівень газів, статус безпеки та текстові повідомлення про виявлені загрози, а також на веб-сервері в режимі реального часу.

Спроековано механізм подачі звукових попереджень про небезпечні ситуації, такі як перевищення температури або концентрації чадного газу у

вигляді вбудованої звукової сигналізації, яка активується автоматично при перевищенні встановлених порогових значень температури або концентрації CO та CH₄ через бузер.

Проведено тестування системи на макетній платі та виявлено її високу працездатність, точність вимірювань та стабільність роботи.

В цілому, можна сказати, що мета роботи досягнута.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Понидельник В. Технічні вимоги до системи моніторингу безпеки житлових будинків із використанням датчиків. «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні»: Матеріали VI Міжнар. науково-практ. конф. молодих вчен., аспірантів і студентів, м. Київ, 10 квіт. 2025 р. / Наук. керівник Н. Христинець. Київ, 2025. С. 26-27.
2. Математична модель визначення концентрації чадного газу в вихлопних газах автомобілів / В. С. Авер'янов та ін. *Математичне моделювання*. 2020. № 1(38). С. 41–45.
3. Alekseev M. O., Holinko O. V. Automatic sensitivity control of sensors of stationary thermo catalytic methane analyzers. *Mining Journal of Kryvyi Rih National University*. 2020. No. 107. P. 16–22. URL: <https://doi.org/10.31721/2306-5435-2020-1-107-16-22> (date of access: 23.04.2025).
4. Докшина С., Розен В., Куліш Р. Дискримінантний аналіз характеру опалення домогосподарств регіонів України. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2022. Т. 1, № 3. С. 190-207. URL: <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20220103.16> (дата звернення: 24.04.2025).
5. How to program a microcontroller? *Top microcontroller programming languages*. URL: <https://www.tme.eu/en/news/library-articles/page/58200/how-to-program-a-microcontroller-top-microcontroller-programming-languages/> (дата звернення: 12.05.2025).
6. IOT-based transformer monitoring health system. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. 2023. Vol. 1, no. 5. P. 124-137
7. Adhau D. S. Empowering Homes with Esp-32. *International Scientific Journal of Engineering and Management*. 2024. Vol. 03, no. 04. P. 1-9.
8. Baumann P. Temperature Sensors. *Selected Sensor Circuits*. Wiesbaden, 2022. P. 1-22. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-658-38212-4_1 (date of access: 11.05.2025).

9. Rajashekar M. IoT Based Transformer Monitoring System using ESP-32. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2024. Vol. 12, no. 5. P. 1-23

10. Бордюк М., Шевчук Т., Бордюк В. Ультразвукові дослідження в лабораторному практикумі медичної та біологічної фізики. *New pedagogical thought*. 2023. Т. 114, № 2. С. 89-96. URL: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2023-114-2-89-96> (дата звернення: 25.02.2025).

11. Exploiting Arduino Features to Develop Programming Competencies / M. Tupac-Yupanqui et al. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 602-615. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3150101> (date of access: 25.02.2025).

12. Introduction to Microcontrollers. URL: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/engineering-basics-what-is-a-microcontroller> (дата звернення: 20.02.2024).

13. Гетьман К. Р., Шевцов І. О. Універсальний програмно-апаратний інтерфейс зв'язку з множиною вбудованих пристроїв // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології : матеріали IV форуму, 24–25 листопада 2022 р. Харків : ХНУРЕ, 2022. С. 87-88.

14. What is a microcontroller (MCU)? URL: <https://amn.com.sa/what-is-a-microcontroller-mcu/> (дата звернення: 21.04.2025).

15. Татарчук Д. Д., Діденко Ю. В. Мікропроцесори та мікроконтролери. Курс лекцій: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.