

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

за спеціальністю 171 «Електроніка»
освітньо-професійної програми «Електронні інформаційні системи»
на тему «Автоматизована система попередження пожежі на основі бездротових сенсорів»
Здобувача групи ЕП.м-32 Загорулька Владислава Сергійовича

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

_____ Владислав ЗАГОРУЛЬКО

Керівник к.ф.-м.н, ст. викл. Олександр ПИЛИПЕНКО _____

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 «Електроніка», освітньо-професійна програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

«04» листопада 2024 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Загорулька Владислава Сергійовича

1. Тема роботи «Автоматизована система попередження пожежі на основі бездротових сенсорів»

затверджена наказом СумДУ від «01» листопада 2024 р., № 1130-VI

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 11 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета): _____

Актуальність: полягає у необхідності підвищення пожежної безпеки через використання бездротових систем, що забезпечують ефективно, економічне та гнучке виявлення пожежі в умовах зростання кількості електронних пристроїв.

Мета: розробка автоматичної системи пожежної безпеки з використанням бездротових датчиків та аналіз ефективності цієї системи у своєчасному виявленні загроз та зниженні ризику виникнення пожежі.

4. Зміст текстової частини роботи (перелік питань, які необхідно розробити):

1) Розглянути сучасні системи попередження пожеж та порівняти доступні технології, сенсори та методи.

2) Розробити елементну базу для створюваної системи пожежної безпеки.

3) Побудувати структурну, функціональну та принципову схему системи.

5. Перелік графічного матеріалу для презентації:

Слайд №1, 2 – Актуальність і мета роботи.

Слайди №3-5 – Компоненти систем попередження пожеж.

Слайди №6-8 – Бездротові технології та система «Розумний будинок».

Слайд №8 – Алгоритм системи, програмне забезпечення та схеми підключення.

Слайди №9-14 – Електричні принципіальні схеми.

Слайд №15 – Висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка про стан виконання роботи
1	Теоретичний огляд систем віддаленого моніторингу навколишнього середовища	04.11.2024 р.	Виконано
2	Проведення експерименту, моделювання, розрахунків, обробка результатів	11.11.2024 р.	Виконано
3	Розробка схем приладу	18.11.2024 р.	Виконано
4	Симуляція роботи системи	25.11.2024 р.	Виконано
5	Підготовка тексту магістерської роботи	01.12.2024 р.	Виконано
6	Підготовка презентації до захисту кваліфікаційної роботи	07.12.2024 р.	Виконано
7	Попередній захист роботи	12.12.2024 р., 10 ⁰⁵ (онлайн)	Виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи	17.12.2024 р., 11 ⁴⁰	

6. Дата видачі індивідуального завдання: 01.11.2024 р.

Здобувач

_____ Владислав ЗАГОРУЛЬКО

Керівник

_____ Олександр ПИЛИПЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 34 сторінках, зокрема, містить 23 рисунки, 5 таблиць, список використаних джерел складається з 15 найменувань.

Актуальність теми:

Пожежна безпека є важливим фактором у забезпеченні захисту будівель, як житлових, так і промислових. Зі збільшенням кількості електронних пристроїв і швидким розвитком технологій зростає ймовірність виникнення пожеж. Традиційні системи пожежної сигналізації мають такі недоліки, як складність встановлення дротових компонентів, високі витрати на обслуговування та обмежена масштабованість. У зв'язку з цим все більшого значення набувають системи автоматичного виявлення пожежі з використанням бездротових датчиків.

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці автоматичної системи пожежної безпеки з використанням бездротових датчиків та аналіз ефективності цієї системи у своєчасному виявленні загроз та зниженні ризику виникнення пожежі.

Під час виконання роботи використовували методи літературного аналізу, експериментальних досліджень, а також сучасні методи матеріалознавства.

У результаті проведених наукових досліджень встановлено, що системи пожежної безпеки актуальна тема яка потребує вдосконалення існуючих систем та впровадженню нових технічних рішень.

Ключові слова: пожежна безпека, система моніторингу, бездротова система передачі інформації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	8
1.1 Огляд сучасних автоматизованих систем попередження пожеж.....	8
1.1.1 Основні компоненти систем пожежної сигналізації	8
1.1.2 Популярні системи попередження пожеж.....	9
1.2 Порівняння доступних технологій, сенсорів і методів.....	11
1.2.1 Інтелектуальні датчики.....	11
1.2.2 Бездротові технології.....	12
1.2.3 Інтеграція з системами «Розумний дім»	13
1.3 Вибір бездротових сенсорів для системи попередження пожежі	14
1.3.1 Сенсори диму.....	15
1.3.2 Сенсори газу.....	16
1.3.3 Температурні сенсори.....	17
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ	19
2.1 Опис компонентів системи	19
2.2 Алгоритм роботи системи	25
2.3 Програмне забезпечення.....	26
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СХЕМ	27
3.1 Розробка структурної схеми.....	27
3.2 Розробка функціональної схеми	28
3.3 Розробка принципової схеми.....	30
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	34
ДОДАТОК А.....	36
ДОДАТОК Б	38

ВСТУП

Пожежна безпека є важливим фактором у забезпеченні захисту будівель, як житлових, так і промислових. Зі збільшенням кількості електронних пристроїв і швидким розвитком технологій зростає ймовірність виникнення пожеж. Традиційні системи пожежної сигналізації мають такі недоліки, як складність встановлення дротових компонентів, високі витрати на обслуговування та обмежена масштабованість. У зв'язку з цим все більшого значення набувають системи автоматичного виявлення пожежі з використанням бездротових датчиків.

Використання бездротових технологій значно підвищує ефективність реагування на пожежу, знижує витрати на встановлення та експлуатацію, а також підвищує гнучкість системи завдяки можливості розширення та модернізації. Такі системи можуть швидко виявляти зміни параметрів навколишнього середовища, таких як температура, дим і горючі гази, і миттєво активувати тривоги.

Метою даного дослідження є розробка автоматичної системи пожежної безпеки з використанням бездротових датчиків та аналіз ефективності цієї системи у своєчасному виявленні загроз та зниженні ризику виникнення пожежі.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань

1. Огляд існуючих систем пожежної сигналізації та їх компонентів.
2. Аналіз переваг та недоліків використання бездротових датчиків у таких системах.
3. Розробка архітектури автоматичної системи пожежної безпеки на основі бездротових технологій.
4. Моделювання роботи системи та оцінка її ефективності.

Методологія дослідження включає аналіз наукової літератури, моделювання системи за допомогою спеціального програмного забезпечення та експериментальне тестування компонентів.

Наукова новизна роботи полягає у використанні сучасної бездротової сенсорної технології для створення надійної та економічно ефективною системи

пожежної безпеки, яка може бути інтегрована в існуючі системи та розширена за необхідності.

Практичне значення роботи полягає в розробці прототипу бездротової сенсорної системи, призначеної для своєчасного виявлення пожежних загроз.

Структурно робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд сучасних автоматизованих систем попередження пожеж

Сучасні автоматичні системи виявлення та запобігання пожежі (АСПП) є ключовим елементом у забезпеченні безпеки житлових і комерційних будівель. З розвитком технологій і збільшенням кількості пристроїв потреба в надійних системах виявлення та запобігання пожежам стає дедалі більшою. У цьому розділі наведено огляд сучасних систем виявлення та запобігання пожежам, їхніх компонентів, інноваційних технологій, переваг та недоліків.

1.1.1 Основні компоненти систем пожежної сигналізації

Системи пожежної сигналізації – це комплекс технічних засобів, які виконують функції виявлення пожежі, обробки інформації та сигналізації про небезпеку в будівлях, що охороняються. Основне призначення системи - своєчасне виявлення загроз, активація автоматичних систем пожежогасіння та управління іншими технічними засобами.

До складу систем пожежної сигналізації входять (рис. 1.1):

–Пожежні сповіщувачі (ПС): пристрої, які виявляють ознаки пожежі, такі як дим, температура і газу. Існують різні типи, такі як оптичні, теплові та газові сповіщувачі.

–Пожежна приймально-контрольна панель (ППКП): приймає та обробляє сигнали від сповіщувачів. Відповідає за керування всією системою та передачу інформації до відповідних служб.

–Пожежний сповіщувач (ПО): світлозвуковий пристрій, який сигналізує про загрозу. Вони активуються при виявленні пожежі і подають сигнал тривоги для евакуації.

–Пристрій передачі пожежної тривоги (ПППТ): пристрої, які передають сигнали про пожежу, наприклад, на пульт централізованого спостереження.

–Централізована станція пожежного спостереження (ПЩПС): цей елемент системи дозволяє в режимі реального часу контролювати стан системи пожежної сигналізації та оперативно реагувати на загрози.

–Пристрої керування автоматичними засобами протипожежного захисту (ППК АЗПЗ): цей компонент відповідає за активацію автоматичної системи пожежогасіння, яка швидко реагує на виявлені загрози.

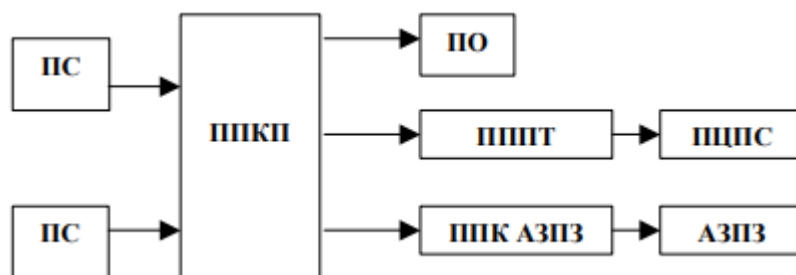


Рисунок 1.1 – Структура системи пожежної сигналізації [1]

Система пожежної сигналізації об'єднує всі ці елементи разом, забезпечуючи захист заводу від потенційних пожеж і швидке реагування на загрози. [1]

1.1.2 Популярні системи попередження пожеж

Сучасні АСПП використовують передові технології для забезпечення надійного виявлення та реагування на пожежі. Серед провідних рішень на ринку виділяються кілька систем, які зарекомендували себе завдяки своїм інноваційним функціям та високій ефективності.

Аjax Systems (рис. 1.2) – один з лідерів у галузі бездротових систем пожежної безпеки. Системи виявляють дим, температуру та газу і можуть бути гнучко та легко інтегровані в існуючі системи безпеки. Завдяки бездротовій технології Ajax Systems легко інтегрується з іншими компонентами і забезпечує комплексний підхід до безпеки будівлі. Система також пропонує можливості віддаленого моніторингу, що дозволяє користувачам отримувати сповіщення про загрози в режимі реального часу.



Рисунок 1.2 – FireProtect 2 AC від Ajax Systems [2]

Nest Protect (рис. 1.3) – ще одна популярна система, яка поєднує в собі традиційні функції димової сигналізації з функціями розумного будинку. Nest Protect виконує самодіагностику і повідомляє користувача через мобільний пристрій, коли виявляє небезпеку. Система може бути інтегрована з іншими пристроями в екосистемі розумного будинку, що робить її більш корисною та ефективною в управлінні безпекою.



Рисунок 1.3 – Датчик диму та чадного газу Nest Protect [3]

Honeywell (рис. 1.4) пропонує комплексне рішення для великих комерційних об'єктів, включаючи інтегровану систему оповіщення. Вона використовує як бездротові, так і дротові технології та пропонує широкий спектр функцій і надійність. Honeywell пропонує широкий асортимент датчиків і систем

моніторингу, які підходять для різних типів об'єктів, включаючи промислові підприємства та комерційні будівлі.



Рисунок 1.4 – Пожежна сигналізація від Honeywell [2]

Тому Ajax Systems, Nest Protect і новітні системи виявлення пожежі Honeywell пропонують цілий ряд функцій і технологічних рішень, які забезпечують підвищену безпеку в найрізноманітніших умовах. Використання бездротових технологій, інтеграція зі смарт-технологіями та можливості віддаленого моніторингу роблять ці системи незамінними в боротьбі з вогнем.

1.2 Порівняння доступних технологій, сенсорів і методів

Сучасні АСПП постійно вдосконалюються завдяки впровадженню новітніх технологій. Інноваційні підходи дозволяють значно підвищити ефективність виявлення загроз і реакції на них, а також полегшити процес інтеграції в існуючі системи управління безпекою.

1.2.1 Інтелектуальні датчики

Інтелектуальні датчики є основою сучасних систем попередження пожежі, забезпечуючи високу точність і надійність виявлення загроз. Вони реагують на зміни в навколишньому середовищі, такі як підвищення температури, наявність

диму чи небезпечних газів. Найпоширенішими є датчики диму (рис. 1.5), які виявляють частинки горіння, та теплові датчики, що фіксують різкі підвищення температури. Сучасні датчики адаптуються до нормальних коливань, що зменшує кількість помилкових спрацьовувань. Газові датчики (рис. 1.6) виявляють чадний газ та інші небезпечні речовини, часто інтегруючись із іншими сенсорами для комплексного моніторингу.



Рисунок 1.5 – Датчик диму СПД-3.10 [4] Рисунок 1.6 – Датчик чадного газу [5]

Інтелектуальні датчики використовують алгоритми обробки даних, що дозволяють виявляти аномалії та зменшувати кількість помилкових тривог. Вони інтегруються в централізовані системи управління будівлею, оптимізуючи моніторинг і автоматичне реагування на загрози, наприклад, активацію систем гасіння.

Подальший розвиток сенсорів завдяки технологіям штучного інтелекту та IoT підвищить їхню точність і надійність, забезпечуючи ефективну пожежну безпеку та знижуючи ризики небезпечних ситуацій. [2]

1.2.2 Бездротові технології

Впровадження бездротових технологій у системах автоматичного виявлення та моніторингу пожежі значно спрощує їхнє встановлення та модернізацію. Це особливо важливо для великих або складних будівель, де використання традиційних дротових систем є дорогим і трудомістким. Завдяки бездротовим сповіщувачам відсутня потреба у складній електропроводці, що робить такі системи зручними й ефективними.

Серед основних технологій, які застосовуються в сучасних системах, варто виділити Wi-Fi, що забезпечує високу швидкість передачі даних та інтеграцію в інтернет-мережі для отримання сповіщень у реальному часі [3]. Протокол Zigbee розроблений для зв'язку на малих відстанях із низьким енергоспоживанням і дозволяє створювати надійні мережі з багатьох датчиків, мінімізуючи вплив перешкод [4]. Bluetooth забезпечує швидкий і енергоефективний зв'язок на коротких відстанях між датчиками та центральною панеллю [5]. Технологія LoRa, завдяки можливості передавання даних на великі відстані при низькому енергоспоживанні, є ідеальним вибором для великих приміщень і відкритих просторів [6]. NB-IoT надає надійне з'єднання для пристроїв Інтернету речей із низьким енергоспоживанням, що робить його ефективним для датчиків пожежної сигналізації [6].

Сучасні бездротові технології забезпечують гнучкість, простоту встановлення, інтеграцію та надійність, що сприяє своєчасному виявленню загроз і можливості адаптації систем до змін у просторі чи функціональних вимогах. Це значно підвищує загальний рівень безпеки.

1.2.3 Інтеграція з системами «Розумний дім»

Інтеграція АСПП і технологій «розумного будинку» відкриває нові можливості для підвищення безпеки та реагування на загрози. Така інтеграція створює єдину екосистему, в якій всі пристрої взаємодіють один з одним, що дозволяє швидко реагувати на надзвичайні ситуації.

Важливою функцією такої інтеграції є автоматичне керування системами вентиляції. Якщо спрацьовує датчик диму, система може автоматично закрити вентиляційні отвори, запобігаючи поширенню диму та вогню по всій будівлі. Це особливо важливо в комерційних і промислових приміщеннях, де контроль за димом може врятувати життя і зменшити матеріальні збитки.

Крім того, інтеграція з розумними будинками може автоматично відключати електрообладнання, яке може стати джерелом займання. Наприклад, якщо

спрацьовує пожежний датчик, система може вимкнути всі пристрої, що працюють в небезпечній зоні, знижуючи ризик пожежі через коротке замикання або перегрів.

Автоматичні системи пожежогасіння також можуть активуватися при виявленні загрози. Наприклад, ризик поширення вогню можна значно знизити, активувавши систему водоспоживання для розпилення води або піни на вогонь. Всі ці дії виконуються автоматично і не потребують втручання людини.

Варто також відзначити, що інтеграція систем охоронної сигналізації з системами розумного будинку дозволяє здійснювати віддалений моніторинг через мобільні додатки. Це дозволяє користувачам отримувати тривожні сповіщення на свої мобільні пристрої та оперативно реагувати, не перебуваючи на об'єкті.

Таким чином, інтеграція систем автоматичного виявлення пожежі та технологій «розумного дому» підвищує рівень безпеки, оптимізує реагування на загрози та знижує ризик значних збитків у разі пожежі. Ця тенденція буде продовжувати розвиватися в міру розвитку технологій і усвідомлення споживачами важливості захисту своїх будинків і бізнесу. [7]

1.3 Вибір бездротових сенсорів для системи попередження пожежі

Для ефективної роботи АСПП важливо правильно підібрати бездротові датчики. Зі збільшенням використання електронних пристроїв і побутової техніки та підвищенням ризику виникнення пожежі важливо мати надійний інструмент виявлення. Системи пожежної сигналізації використовують різні типи датчиків, які здатні швидко реагувати на загрози від пожежонебезпечних факторів. Основні категорії датчиків, що використовуються в таких системах, включають датчики диму, датчики газу та датчики температури.

1.3.1 Сенсори диму

Сенсори диму є ключовим елементом АСПП, забезпечуючи раннє виявлення пожежі. Основні типи: іонізаційні, оптичні (фотоелектричні), абсорбційні та лінійні, кожен з яких має свої особливості.

Іонізаційні сенсори реагують на частинки диму завдяки іонізації повітря. Вони чутливі до дрібнодисперсного диму, характерного для швидких пожеж, але схильні до хибних тривог через пил чи кулінарний дим. Їхня перевага — низька вартість, що робить їх популярними для житлових приміщень. Приклад: Kidde i9010 (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Датчик Kidde i9010 [7]

Оптичні сенсори використовують світловий промінь для виявлення диму, що робить їх ефективними для повільно тліючих пожеж. Вони зменшують ймовірність хибних тривог і є дорожчими, але точнішими. Приклад: Nest Protect, що інтегрується в системи розумного будинку.

Всмоктувальні сенсори аналізують повітря, активно всмоктуючи його через систему труб. Вони виявляють найменші концентрації диму, що робить їх придатними для серверних або виробничих приміщень. Найвідоміший приклад — VESDA (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Датчик VESDA [8]

Лінійні сенсори використовують інфрачервоний або лазерний промінь для моніторингу великих територій. Вони ефективні для складів чи ангарів, контролюючи дим на великих відстанях. Приклад: Firegray 5000 (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Датчик Firegray 5000 [8]

Кожен з цих датчиків має свої переваги і недоліки, тому вибір залежить від конкретних вимог об'єкта. Найкращою стратегією для більшості систем пожежної безпеки є поєднання декількох типів датчиків, щоб максимізувати покриття та зменшити ризик пропуску пожежної небезпеки. [10]

1.3.2 Сенсори газу

Газові датчики в АСПП виявляють токсичні та легкозаймісті гази, забезпечуючи раннє попередження про загрози для людей і майна. Їх основне призначення – виявлення витоків газу, які можуть спричинити пожежу або вибух.

Чадний газ (CO) – токсичний, безбарвний газ, який становить серйозну загрозу в закритих приміщеннях. Він утворюється внаслідок неповного згоряння палива. Детектори CO, засновані на електрохімічних або напівпровідникових елементах, здатні виявляти навіть низькі концентрації. Наприклад, Kidde 10LDSCO (рис. 1.10) має вбудовану самодіагностику, високу точність вимірювань та термін служби батареї до 10 років.

Метан і пропан – поширені паливні гази, але їхня горючість робить витoki небезпечними. Датчики для цих газів базуються на каталітичних або напівпровідникових принципах. Наприклад, MQ-2 (рис. 1.11) виявляє широкий

спектр газів (метан, пропан, бутан, CO). Він виготовлений із діоксиду олова (SnO_2), що змінює провідність під час контакту з газом, сигналізуючи про його наявність.



Рисунок 1.10 – Kidde 10LDCO



Рисунок 1.11 – Датчик газу MQ-2

При виборі датчика важливими параметрами є чутливість, час відгуку, сумісність із бездротовими технологіями та інтеграція із системами розумного будинку. Наприклад, First Alert CO400 (рис. 1.12) – це високочутливий детектор CO, який можна використовувати в автоматизованих системах безпеки.



Рисунок 1.12 – Детектор чадного газу First Alert CO400

Газові датчики можуть працювати в дротових і бездротових мережах, що спрощує їх установку у важкодоступних місцях. Поєднання різних типів датчиків підвищує рівень безпеки та ефективність захисту об'єкта. [11]

1.3.3 Температурні сенсори

Температурні датчики є ключовими компонентами автоматичних систем попередження пожеж (АСПП), швидко виявляючи різкі зміни температури, які

можуть вказувати на початок пожежі. Вони забезпечують оперативну реакцію, навіть якщо інші датчики, такі як диму чи газу, ще не спрацювали.

Одним із популярних рішень є датчик DHT22 (рис. 1.13), який вимірює не лише температуру, а й вологість. Його висока чутливість та сумісність із бездротовими мережами й мікроконтролерами роблять його ідеальним для сучасних систем безпеки, включаючи розумні будинки.



Рисунок 1.13 – Температурний датчик DHT22

Іншим ефективним рішенням є DS18B20 (рис. 1.14), який забезпечує точні вимірювання та стабільну роботу в широкому діапазоні температур. Він добре підходить для виявлення аномалій, важливих для швидкого реагування.

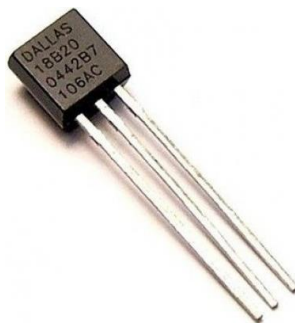


Рисунок 1.14 – Температурний датчик DS18B20

Датчики температури, такі як DHT22 і DS18B20, можна легко інтегрувати в бездротові мережі, що робить їх дуже корисними для застосування в системах пожежної безпеки. Крім того, їх сумісність з хмарними технологіями дозволяє здійснювати моніторинг в режимі реального часу, що значно скорочує час реагування на інциденти і підвищує загальний рівень протипожежного захисту.

[12]

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ

2.1 Опис компонентів системи

Мікроконтролер

Arduino (рис. 2.1) – це відкрита платформа, яка надає можливість розробляти електронні пристрої за допомогою мікроконтролерів та зручного програмного забезпечення. Arduino робить електроніку більш доступною для широкої аудиторії, включаючи людей без професійного досвіду в галузі інженерії. [13]

Платформа складається з апаратної та програмної частини. Апаратна частина включає в себе мікроконтролер, що відповідає за управління пристроєм, а також різні датчики та інші компоненти, підключені до плати Arduino. Програмна частина представлена середовищем розробки Arduino IDE, яке дозволяє користувачам писати код і завантажувати його на плату.

Однією з головних переваг Arduino є те, що вона має відкритий вихідний код і дозволяє користувачам модифікувати як програмне, так і апаратне забезпечення відповідно до своїх потреб. Це сприяє розвитку активної спільноти користувачів для обміну ідеями та підтримки.



Рисунок 2.1 – Arduino uno [13]

Arduino Uno – одна з найвідоміших моделей сімейства Arduino. У цьому розділі розглядаються її технічні особливості та можливості.

Основним компонентом Arduino Uno є мікроконтролер ATmega328P. Цей мікроконтролер має високу продуктивність, низьке енергоспоживання і базується

на архітектурі AVR. Цей мікроконтролер працює на тактовій частоті 16 МГц і може взаємодіяти з широким спектром периферійних пристроїв, таких як сенсорні екрани, GSM-модеми та багато інших компонентів.

Arduino Uno також має 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів та інтерфейс USB для програмування і живлення. Це робить Arduino Uno універсальним інструментом для широкого спектру проектів з електроніки та автоматизації. Більш розгорнуті характеристики даної плати представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики плати

Характеристика	Опис
Робоча напруга, В	5
Діапазон робочої температури, °С	від -40 до +60
Цифрові входи/виходи	14
Аналогові входи	6
Швидкодіючий вихід, мА	40
Пам'ять Flash, Кбайт	32
Оперативна пам'ять, Кбайт	2
Частота тактового, МГц	16
Інтерфейси	USB, UART, I2C, SPI
Джерело живлення	USB або зовнішнє джерело напруги
Розміри, (ШхДхВ),мм	69 x 53 x 8
Вага, г	30

Датчик температури

Обраний датчик температури – це TMP36 [14], один з найпоширеніших аналогових датчиків для вимірювання температури. Датчик заснований на напівпровідниковій технології і виробляє вихідну напругу, яка прямо пропорційна температурі навколишнього середовища. TMP36 простий у використанні і ідеально

Датчик диму

Модуль виявлення диму містить фотодіод SFH2500 (рис. 2.3) та світлодіод SFH4551 (рис. 2.4). Пристрій призначений для виявлення диму в навколишньому середовищі, використовуючи принцип оптичного виявлення: Світлодіод генерує оптичний сигнал, який детектується фотодіодом і точно оцінює рівень задимленості. Цей метод дозволяє модулю швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі та своєчасно виявляти дим, підвищуючи рівень безпеки. Характеристики даного датчика представлені в таблиці 2.3.



Рисунок 2.3 – Фотодіод SFH2500



Рисунок 2.4 – Світлодіод SFH4551

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчика

Характеристика	Опис
Фотодіод	SFH2500
Світлодіод	SFH4551
Напруга живлення, В	3
Межа споживання струму, μA	100
Діапазон робочих температур, $^{\circ}\text{C}$	Від -25 до +85
Максимальна відстань детекції, метри	10
Інтерфейс комунікації	Аналоговий

Аналого-цифровий перетворювач

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) MCP3002 (рис. 2.5) є ефективним і надійним рішенням для перетворення аналогових сигналів у цифровий формат. У системах пожежного моніторингу цей АЦП використовується для обробки

аналогових вихідних сигналів від датчиків диму і температури, дозволяючи мікроконтролеру ефективно обробляти дані.

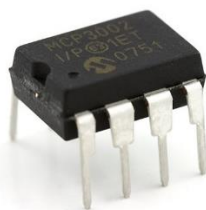


Рисунок 2.5 – АЦП MCP3002

Однією з основних причин вибору MCP3002 для цього застосування є те, що його 10-розрядна роздільна здатність гарантує високу точність вимірювань, що важливо для безпеки. Крім того, MCP3002 досить універсальний для використання з різними аналоговими датчиками в системах моніторингу, що працюють в діапазоні напруг від 2,7 до 5,5 В.

АЦП зв'язується з мікроконтролером через послідовний периферійний інтерфейс (SPI), що забезпечує швидку передачу даних і спрощує процес підключення. Ще однією важливою особливістю MCP3002 є низьке енергоспоживання, що робить його ідеальним для використання в системах з живленням від батарей і забезпечує тривалий час роботи без частого обслуговування. Характеристики даного АЦП наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики АЦП

Характеристика	Опис
Роздільна здатність, біт	10
Швидкість передачі даних, кбіт/с	До 200
Напруга живлення, В	2.7 – 5.5
Межа споживання струму, nA	5
Діапазон робочих температур, °C	Від -40 до +85
Кількість вхідних каналів	2
Інтерфейс комунікації	SPI

Модуль передачі даних

Модуль CC2500 (рис. 2.6) – це бездротовий приймач, який передає і приймає дані без використання кабелів. CC2500 був обраний для цієї системи з кількох важливих причин.



Рисунок 2.6 – Модуль CC2500

По-перше, CC2500 має низьке енергоспоживання, а це означає, що він може працювати від батареї протягом тривалого часу без необхідності регулярної підзарядки або заміни батареї. Це дуже важливо для вбудованих систем з обмеженим живленням.

По-друге, CC2500 призначений для передачі невеликих обсягів даних на низьких швидкостях, що відрізняє його від традиційного Bluetooth з його високою швидкістю передачі. Для наших застосувань, де висока швидкість не є основним критерієм, CC2500 є більш економічно вигідним рішенням.

Крім того, модуль працює в діапазоні частот 2,4 ГГц, що дозволяє легко взаємодіяти між пристроями без проблем сумісності. CC2500 має два режими роботи: активний і сплячий. Сплячий режим економить енергію, коли пристрій не використовується, і швидко стає активним під час надсилання та отримання даних. Більш розгорнуто характеристики даного модуля представлені в таблиці 2.5.

Ці функції роблять CC2500 ідеальним для бездротових додатків, де енергозбереження та ефективність зв'язку є важливими. [15]

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики модуля

Характеристика	Опис
Частотний діапазон, ГГц	2.4
Межа споживання струму, мА	10

Напруга живлення, В	1.8 – 3.6
Швидкість передачі даних, Мбіт/с	До 2
Діапазон робочих температур, °С	Від -40 до +85
Дальність передачі даних, м	До 100
Швидкість передачі даних, кБ	До 500
Протокол комунікації	BLE

2.2 Алгоритм роботи системи

Коли датчики диму виявляють наявність диму, система перевіряє дані з температурних датчиків. Якщо температура перевищує допустиме значення, надсилається сигнал на пульт централізованого спостереження та активується система сповіщення.

Якщо виявлено дим, але температура знаходиться в межах норми, центральна система моніторингу надсилає повідомлення оператору. Якщо диму не виявлено, але температура перевищує норму, сигнал надсилається на ПЦС і вмикається система сповіщення.

У випадках, коли ні диму, ні підвищення температури не виявлено, алгоритм повертається до початкової фази і продовжує моніторинг. (рис. 2.7)

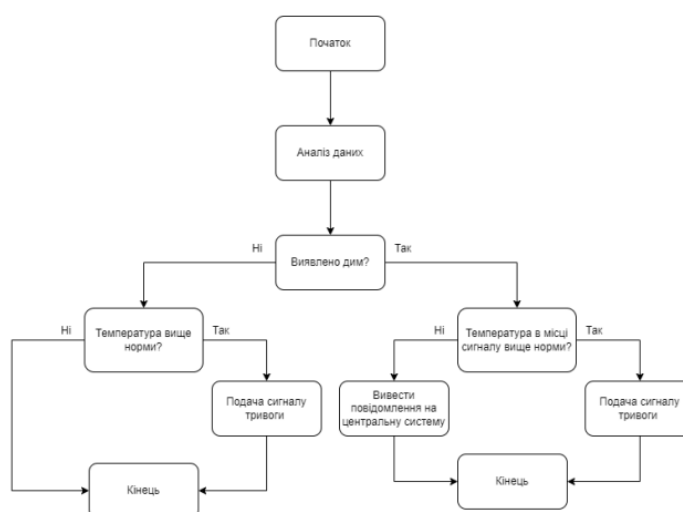


Рисунок 2.7 – Алгоритм роботи системи попередження пожеж

2.3 Програмне забезпечення

Для ілюстрації роботи системи моніторингу використовувалося середовище розробки Tinkercad – онлайн-платформа, що дозволяє моделювати 3D-моделі, створювати електронні схеми та програмувати мікроконтролери. Оскільки серед стандартних компонентів не було модуля для безпроводної передачі даних і АЦП, для демонстрації було здійснене пряме підключення датчиків диму та температури до плати Arduino (див. рис. 2.8).

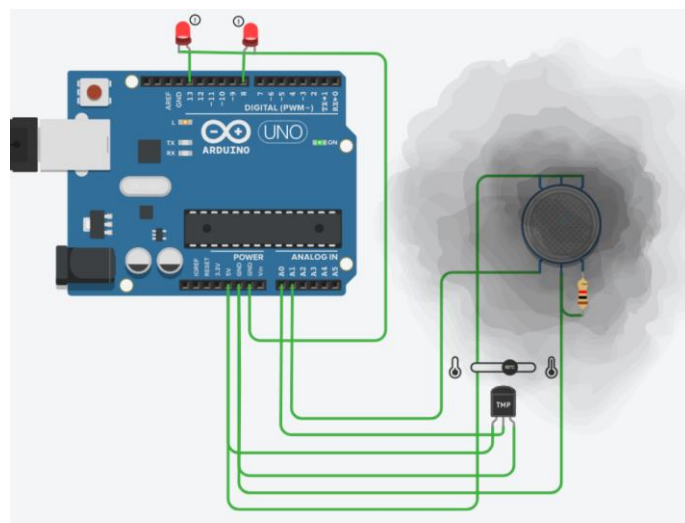


Рисунок 2.8 – Демонстрація роботи

Коли датчик диму виявляє дим, система активується, а датчик температури має порогове значення 60°C , при якому спрацьовує сигнал тривоги, і вмикається світлодіод. На зображенні видно, що спрацювали обидва датчики – диму та температури, що призвело до загоряння обох світлодіодів.

Програмний код, що ілюструє роботу датчиків, подано в додатку Б.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СХЕМ

3.1 Розробка структурної схеми

Системи безпеки відіграють ключову роль у забезпеченні захисту житлових і промислових об'єктів від пожеж та інших надзвичайних ситуацій. Вони є важливою складовою сучасної інфраструктури, однак їх ефективність можна значно підвищити за рахунок впровадження інноваційних технологій. Одним із таких рішень є використання бездротової передачі даних, що дозволяє зробити систему більш гнучкою, мобільною та простою в монтажі.

Сучасні системи моніторингу пожежної безпеки можуть бути побудовані на основі бездротового обміну даними між датчиками та центральним контролером. Такий підхід дозволяє зменшити кількість необхідних з'єднувальних дротів і полегшити інтеграцію компонентів. У запропонованій системі ключову роль відіграють датчики, мікроконтролер Arduino, а також система передачі та обробки даних. Структурна схема системи попередження пожеж представлена на рисунку 3.1.

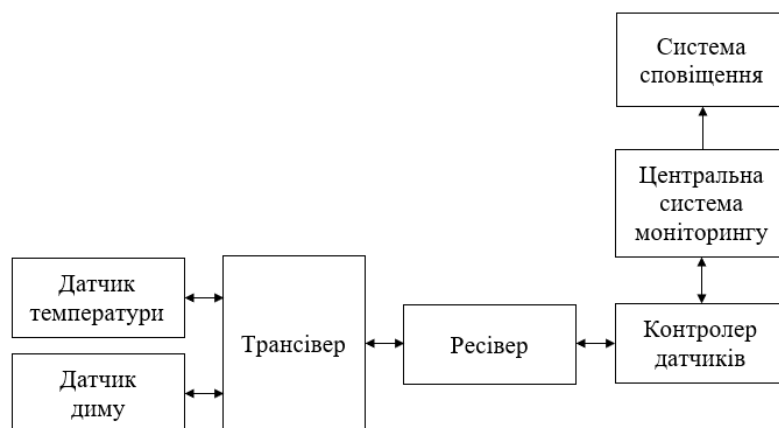


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи моніторингу пожежної безпеки

Датчики температури і диму забезпечують постійний моніторинг стану навколишнього середовища. Вони передають отримані дані у вигляді аналогових сигналів, які далі оцифровуються за допомогою аналого-цифрового перетворювача

(АЦП). Для передачі даних використовується бездротовий зв'язок, наприклад, технологія Bluetooth Low Energy, яка забезпечує низьке енергоспоживання і високу швидкість обміну інформацією. Трансивер передає ці дані на ресивер, що, у свою чергу, взаємодіє з мікроконтролером Arduino.

Arduino виступає як центральний елемент системи, виконуючи роль контролера. Він приймає дані від ресивера, аналізує їх і генерує сигнали для активації системи сповіщення у разі виявлення пожежі або перевищення критичних значень температури чи рівня диму. Крім того, Arduino формує дані для передачі до центральної системи моніторингу, яка може бути реалізована у вигляді комп'ютерного додатку або веб-інтерфейсу. Завдяки цьому користувач отримує вичерпну інформацію про стан об'єкта в реальному часі.

Система сповіщення, інтегрована з Arduino, дозволяє оперативно інформувати про небезпеку через сирени, світлові сигнали чи навіть надсилання повідомлень на мобільні пристрої. Такий підхід забезпечує швидку реакцію на загрозу і сприяє мінімізації можливих наслідків.

Впровадження бездротової передачі даних у системах пожежної безпеки значно підвищує їхню надійність, ефективність та швидкість реагування. Окрім цього, така технологія є економічно вигідною завдяки спрощенню монтажу та обслуговування. Удосконалена система пожежного моніторингу на основі бездротових технологій стає інноваційним рішенням, що відповідає сучасним вимогам безпеки та зручності експлуатації.

3.2 Розробка функціональної схеми

Відповідно до розробленої структурної схеми розроблено функціональну схему, що зображено на рисунку 3.2

Система пожежної безпеки функціонує за принципом збирання, обробки та передачі даних від датчиків температури і диму до центральної системи моніторингу з подальшим сповіщенням про небезпеку.

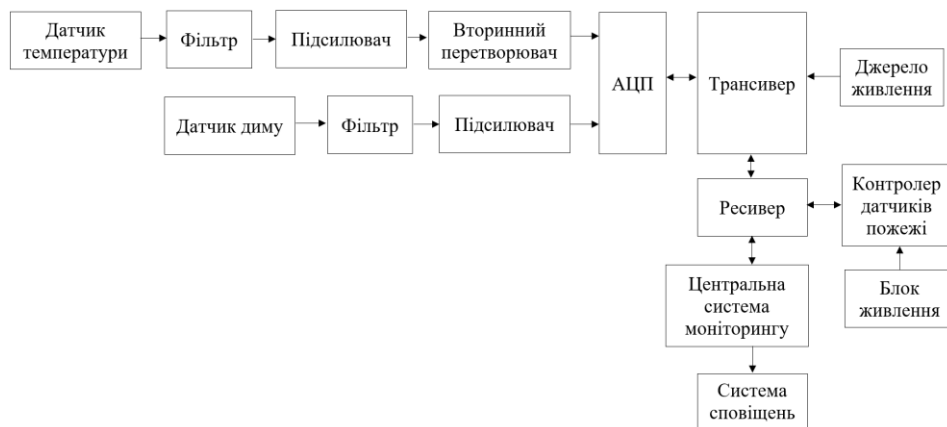


Рисунок 3.2 – Функціональна схема

Першим етапом є обробка сигналу з датчика температури. Сигнал проходить через фільтр для зменшення шумів і покращення його якості, після чого надходить на підсилювач, який збільшує потужність сигналу. Потім використовується вторинний перетворювач, що оптимізує сигнал для подачі на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). АЦП перетворює аналоговий сигнал температури в цифровий формат, придатний для подальшої обробки.

Аналогічно, сигнал з датчика диму формується за допомогою фотодіода і світлодіода. Цей сигнал також підсилюється для покращення якості та потужності, після чого подається на АЦП, який конвертує його в цифровий формат.

Оброблені дані з обох датчиків передаються бездротовим способом через трансивер, який працює за протоколом Bluetooth Low Energy (BLE). Ресивер приймає ці дані і передає їх на плату Arduino. В залежності від конфігурації, ресивер може бути під'єднаний до Arduino як дротовим, так і бездротовим способом.

Arduino виконує функцію центрального контролера, який аналізує отримані дані. Він використовує встановлені порогові значення для визначення, чи є ситуація критичною. У разі перевищення допустимих значень, Arduino активує систему сповіщення і надсилає сигнал до центральної системи моніторингу.

Центральна система моніторингу, яка може бути представлена комп'ютером або спеціальним пристроєм, отримує сигнал тривоги і запускає необхідні дії. Вона координує активацію систем оповіщення, до яких можуть входити сирени, світлові

індикатори, повідомлення на мобільні пристрої або автоматичний виклик пожежної служби.

Загалом, ця система забезпечує швидке виявлення пожежі за допомогою моніторингу температури та диму, а також оперативне реагування завдяки передачі даних у цифровому форматі і бездротовому зв'язку. Такий підхід дозволяє ефективно захистити людей і зменшити ризик значних пошкоджень у разі пожежі.

3.3 Розробка принципової схеми

Схема підключення датчиків температури та диму

У цій системі моніторингу пожежної безпеки датчики температури та диму відіграють ключову роль у забезпеченні своєчасного виявлення аномальних умов, що можуть призвести до виникнення пожежі. Датчик температури вимірює температуру навколишнього середовища та перетворює її в аналоговий електричний сигнал, величина якого пропорційна температурі. Подібним чином, датчик диму визначає концентрацію диму у повітрі, що також генерує аналоговий сигнал. Обидва ці сигнали надходять на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який здійснює оцифровку аналогових сигналів і перетворює їх у цифрові дані, що можуть бути оброблені мікроконтролером.

Аналого-цифровий перетворювач виконує важливу функцію: він забезпечує сумісність аналогових сигналів від датчиків із цифровою логікою контролера. Після того, як аналогові сигнали були оцифровані, ці цифрові дані передаються на мікроконтролер, наприклад, Arduino. Контролер, у свою чергу, здійснює обробку отриманих даних і порівнює їх з заданими пороговими значеннями, що дозволяють визначити, чи є загроза пожежі. Якщо температура перевищує встановлений поріг або концентрація диму досягає небезпечного рівня, система спрацьовує, активуючи сигнал тривоги, який може включати звукове або світлове попередження, а також відправку сигналу на віддалений пристрій для подальших дій.

Система живлення забезпечується літієвим акумулятором типу CR123A, який має номінальну напругу 3 В. Цей акумулятор підключений до всіх компонентів

системи, включаючи датчики, аналого-цифрові перетворювачі та мікроконтролер. Літієвий акумулятор обраний завдяки своїй високій ємності, що дозволяє забезпечити тривалу автономну роботу пристрою. Крім того, акумулятор має низький рівень саморозряду, що робить систему надійною навіть при тривалих періодах безперервної роботи. Це дозволяє уникнути необхідності частої заміни батарей і підвищує загальну ефективність і надійність системи.

Принципова схема підключення датчиків до системи, що відображає всі ключові елементи та зв'язки, наведена у додатку А.

Схема підключення модуля передачі даних до контролера

Модуль бездротової передачі даних CC2500 забезпечує передачу отриманої інформації з мікроконтролера на віддалені пристрої, такі як інші мікроконтролери або мобільні пристрої. Модуль CC2500 працює в бездротовому діапазоні частот 2.4 GHz, що є стандартом для багатьох бездротових технологій, забезпечуючи високу швидкість передачі даних і надійність сигналу.

Модуль підключається до контролера через інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), що забезпечує ефективну і швидку передачу даних між мікроконтролером і модулем CC2500. Використання SPI дозволяє зменшити затримки в передачі даних і підвищити загальну ефективність комунікації. SPI є синхронним інтерфейсом, що означає, що обмін даними здійснюється за допомогою спільного тактового сигналу, що дозволяє досягти високої точності передачі.

Контролер отримує від датчиків цифрові сигнали, які він обробляє і передає на модуль CC2500 для бездротової передачі. Модуль CC2500, у свою чергу, використовує вбудовану антену для передачі і прийому радіосигналів. Антена є важливою частиною системи, оскільки вона дозволяє забезпечити надійний зв'язок між пристроями, навіть на значній відстані. Тип антени може варіюватися в залежності від конкретної реалізації модуля, але зазвичай використовується або зовнішня антена, або компактна друкована антена, що інтегрована безпосередньо в сам модуль.

Модуль CC2500 також оснащений кварцовим резонатором, який забезпечує стабільність і точність роботи модуля. Кварцові резонатори широко використовуються в електронних пристроях через їх високу точність і стабільність частоти, що є критично важливим для безперебійної роботи бездротової системи. У разі втрати синхронізації сигналів можуть виникнути проблеми з передачею даних, тому правильна робота резонатора є необхідною умовою для забезпечення стабільної роботи всієї системи.

Живлення модуля CC2500 здійснюється від того ж акумулятора, що забезпечує живлення всіх інших компонентів системи. Це дає змогу зберігати компактність та ефективність енергоспоживання. Усе підключення між мікроконтролером, модулем передачі даних і іншими компонентами системи виконано таким чином, щоб забезпечити максимальну надійність і стійкість до зовнішніх впливів.

Принципова схема підключення модуля CC2500 до контролера, що ілюструє всі з'єднання і важливі елементи, наведена у додатку А.

ВИСНОВКИ

На основі виконаного дослідження кваліфікаційної роботи можна зробити такі висновки:

1. Показано, що використання бездротових сенсорів у системах пожежної безпеки забезпечує зменшення витрат на встановлення, підвищення гнучкості системи та можливість інтеграції з іншими системами безпеки. Це робить такі системи більш адаптивними до сучасних умов експлуатації, особливо у великих і складних будівлях.

2. Одержано експериментальні дані, які підтверджують ефективність розробленої системи виявлення пожежних загроз. Система забезпечує своєчасне реагування на небезпечні зміни параметрів навколишнього середовища, таких як дим, температура і горючі гази.

3. Установлено, що застосування сучасних технологій передачі даних, зокрема протоколів Bluetooth Low Energy та LoRa, дозволяє створювати надійні мережі з низьким енергоспоживанням. Це забезпечує тривалу роботу компонентів системи без необхідності частого обслуговування.

4. Показано, що інтеграція системи з платформами «розумного дому» дозволяє автоматизувати процеси управління вентиляцією, електропостачанням і пожежогасінням, що підвищує рівень захисту об'єкта та зменшує ймовірність поширення пожежі.

5. Одержано структурну, функціональну та принципову схеми розробленої системи, які можуть бути використані для створення прототипів або впровадження у промислову експлуатацію. Запропонований підхід сприяє розвитку інноваційних рішень у галузі пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системи пожежної та охоронної сигналізації : текст лекцій / О. А. Дерев'янюк та ін. Харків : УЦЗУ, 2008. 144 с. URL: <http://pb.nuczu.edu.ua/images/asbit/Literatyra/SPOS.pdf>.
2. Різновид пожежних датчиків, їхні особливості. Охорона і Безпека. URL: <https://oib.com.ua/riznovid-pozhezhnikh-datchikiv/>.
3. Цісарук Н., Кушнір А. П. Бездротові WiFi системи пожежної сигналізації. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності, м. Львів. 2022. С. 39–42. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/10266>.
4. Томенко В. І., Томенко М. Г. Моделювання системи пожежної сигналізації на основі бездротових мереж на об'єктах критичної інфраструктури. Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми пожежної безпеки 2022», м. Харків. 2022. С. 47–49. URL: <http://fsi.nuczu.edu.ua/FSI-2022-collection-2.pdf>.
5. Еволюція систем комунікації на пожежі. Antifiretech. URL: <https://antifiretech.webnode.com.ua/1/evolyutsiya-sistem-komunikatsiji-na-pozhezhi/>.
6. Гнатюк Д. О. Система передачі даних на основі протоколу LoRaWAN : магістерська дисертація. Київ, 2019. 92 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/edf45458-e48c-4084-9d72-6f12ec6eff45/content>.
7. Управління сигналізацією за допомогою розумного будинку. SmartHouse. URL: <https://www.smarthouse.ua/ua/umnyj-dom-signalizaciya.html#:~:text=При%20загрозі%20пожежі%20датчики%20інформують, приміщення,%20i%20датчики%20різних%20видів>.
8. Швидка, як штучний інтелект: на Волині ліси від пожеж береже ІТ-система. Новини Луцька та Волині – Конкурент. URL: <https://konkurent.ua/publication/117383/shvidka-yak-shtuchniy-intelekt-na-volini-lisi-vid-pozhezh-berezhe-it-sistema-foto/>.

9. Як розумні системи безпеки захищають будівлі від пожеж?. Worldvision. URL: <https://worldvision.com.ua/kak-umnye-sistemy-bezopasnosti-zashchishchaut-zdaniya-ot-pozharov/>.

10. Пожежний датчик диму: види, особливості та призначення. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ. URL: <https://euroservis.com.ua/ua/pozharnyy-datchik-dymavidy-osobennosti-i-naznachenie/>.

11. Датчики газу – системи безпеки, які рятують життя. Агент 007™. URL: <https://agent-007.com.ua/ua/articles/datchiki-gaza-sistemy-bezopasnosti-kotorye-spasayut-zhizn>.

12. Вибір типів та класів теплових пожежних сповіщувачів. Arton. URL: https://arton.com.ua/downloads/publications/vib_r_tip_v_ta_klas_v_teplovih_pozhezhnih_spo_vuvach_v/.

13. Контролер Arduino UNO R3. hobbymania. URL: https://hobbymania.com.ua/tovar.php?id_tovar=4820.

14. TMP36. Mini-Tech. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/analogoviy-datchik-temperatury-tmp36>.

15. How It Works, Arduino Interface, Circuits, Codes. How To Mechatronics. URL: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>.

ДОДАТОК А

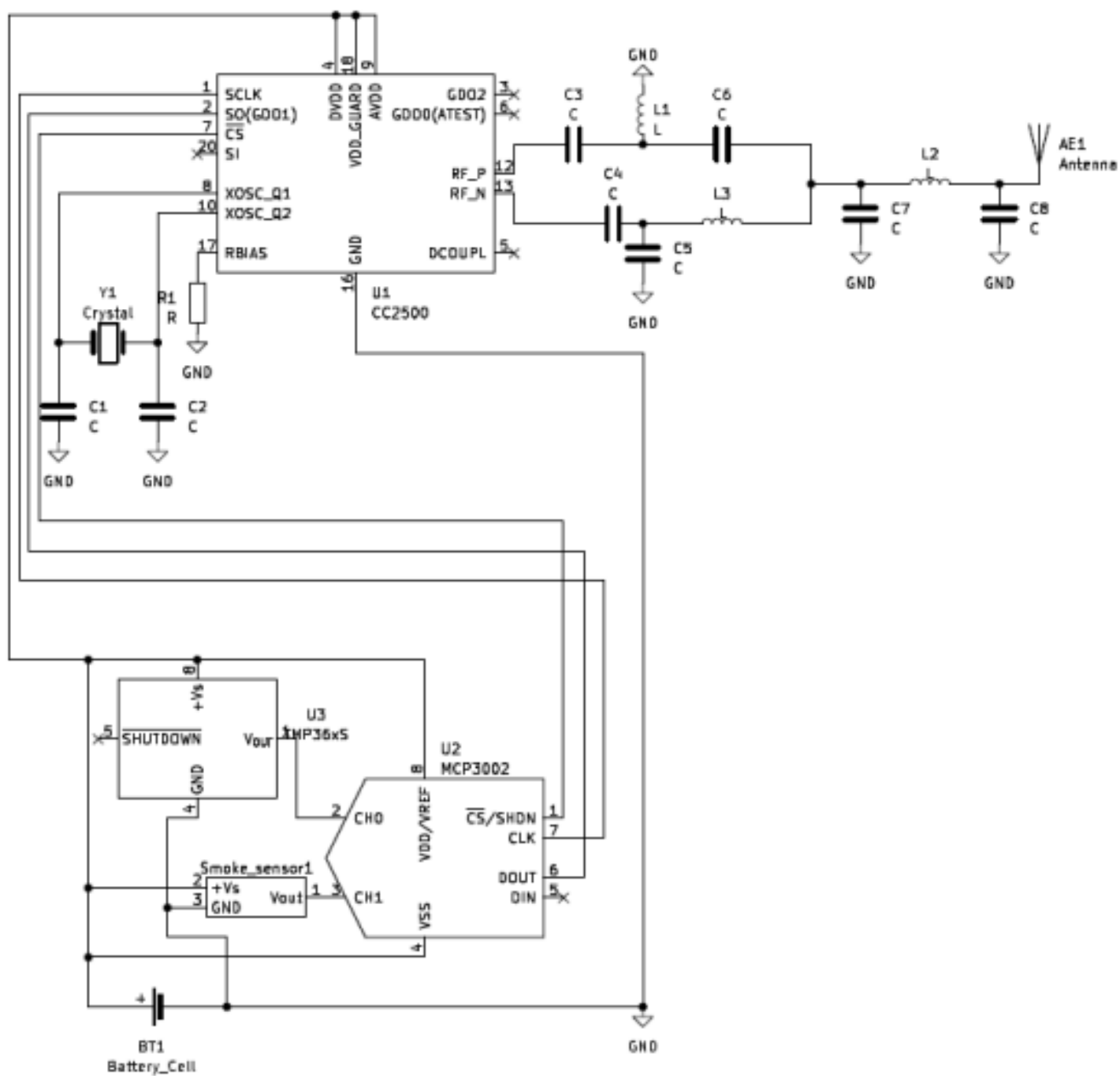


Рисунок 1 – Електрична принципова схема підключення датчиків

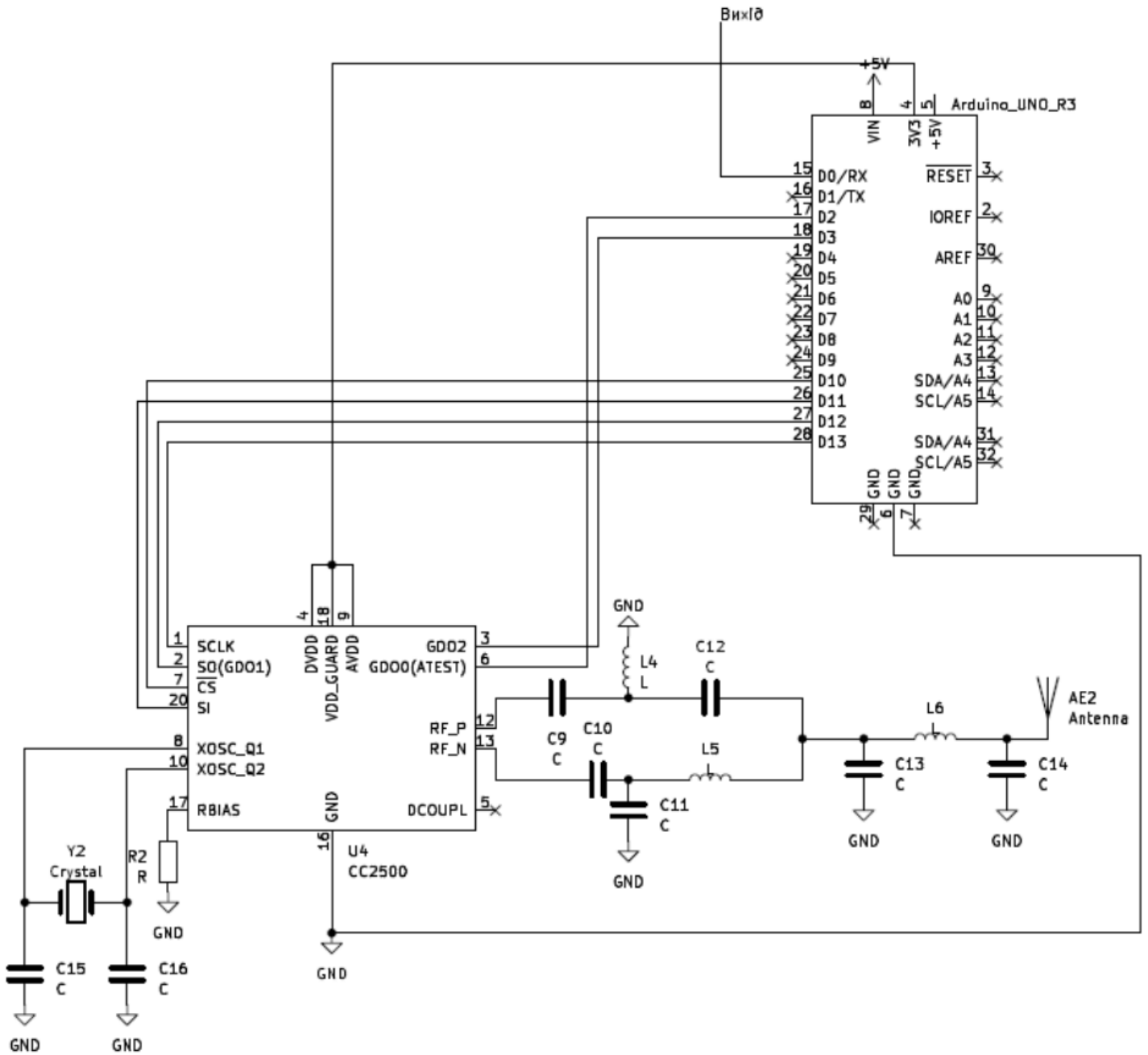


Рисунок 2 – Електрична принципова схема підключення контролеру

ДОДАТОК Б

```
int c;
int d;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(A0, INPUT);
    pinMode(A1, INPUT);
    pinMode(13, OUTPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(13, LOW);

    c = map(analogRead(A0), 20, 358, -40, 125);
    d = analogRead(A1);
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(c);
    Serial.println("°C");

    Serial.print("Smoke Level: ");
    Serial.println(d);

    if (c > 60) {
        digitalWrite(13, HIGH);
    }
    else {
        digitalWrite(13, LOW);
    }

    if (d > 200) {
        digitalWrite(13, HIGH);
    }
    else {
```

```
        digitalWrite(13, LOW);  
    }  
  
    delay(15000); // Затримка 15 секунд  
}
```