

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

на тему:

«Виготовлення охоронного пристрою на платі Arduino з використанням модуля зв'язку GSM/GPRS, інфрачервоним датчиком руху і ультразвуковим далекоміром.»

Виконав студент групи ІП-42

Маркіян ПЛАТОНОВ

Керівник проєкту:

Остап ЮНАК

Курсовий проєкт перевірений

і допущений до захисту

“ ___ ” _____ 2025 р.

Курсовий проєкт при захисті оцінений

Львів 2025

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні циклової комісії
«Фундаментальної підготовки»
Протокол № __ від _____ 2025 р.
Голова комісії

_____ Богдан ПЕЛЕЩАК

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт

Платонову Маркіяну Ігоровичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

з навчальної дисципліни: ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ INTERNET-РЕЧЕЙ

Студент групи: **ІІІ-42**

1. Тема проєкту: Виготовлення охоронного пристрою на платі Arduino з використанням модуля зв'язку GSM/GPRS, інфрачервоним датчиком руху і ультразвуковим далекоміром.

2. Дата видачі завдання: _____ "14" жовтня 2025 р.

3. Термін здачі курсового проєкту: _____ "09" грудня 2025 р.

4. Вихідні дані до проєкту:

4.1. Провести аналіз предметної галузі і вимог (огляд аналогів, функціональні й нефункціональні вимоги).

4.2. Скласти технічне завдання (ТЗ) з переліком функцій, інтерфейсів і обмежень(див. ДОДАТОК А).

4.3 Підібрати WOM (Bill of Materials) для виконання проєкту (див. ДОДАТОК Б).

4.4 Розробити таблицю з'єднань пінів (Pin Connection Table) використаних компонентів для реалізації пристрою (див. ДОДАТОК В).

4.5 Реалізувати прошивку на Arduino (коментарі в кодї, структура проекту, використані бібліотеки).

4.6. Зробити на монтажній платі безпечної монтажу прототип розробленого пристрою на базі Arduino.

4.7. Провести налаштування, калібрування і тестування.

4.8. Підготувати користувацьку інструкцію та технічний звіт (див. ДОДАТОК Г).

5 Перелік обов'язкових демонстраційних креслень:

5.1 Принципова електрична схема підключення

6. Склад розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань до розробки):

ВСТУП

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ

2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

3 АПАРАТНА ЧАСТИНА

4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Календарний план

Назва етапів	Термін виконання	Примітка
Вступ		
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ		
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ		
3 АПАРАТНА ЧАСТИНА		
4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА		
5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ		
Висновки		
Перелік посилань		

Студент

_____ (підпис)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Маркіян ПЛАТОНОВ

_____ (імя та прізвище)

Остап ЮНАК

_____ (імя та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ.....	5
1.1 Мова програмування C++ та середовище Arduino IDE.....	5
1.2 Апаратно-програмна платформа Arduino.....	6
1.3 Принципи роботи використаних сенсорів.....	6
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	9
2.1 Назва роботи.....	9
2.2 Мета роботи.....	9
2.3 Завдання.....	9
2.4 Технічні вимоги.....	10
2.5 Очікуваний результат	10
3 АПАРАТНА ЧАСТИНА.....	11
3.1 Підбір ВОР.....	11
4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА.....	13
4.1 Опис алгоритму роботи.....	13
4.2 Код програми.....	14
5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ.....	19
5.1 Підготовка до тестування.....	19
5.2 Процес тестування.....	19
5.3 Результати.....	20
5.4 Висновки.....	21
ВИСНОВКИ.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24
ДОДАТОК 1.....	25

ВСТУП

Мета роботи:

Метою курсової роботи є розробка та виготовлення простого й надійного охоронного пристрою на базі мікроконтролерної платформи Arduino з використанням інфрачервоного датчика руху, ультразвукового далекоміра та модуля зв'язку GSM для дистанційного сповіщення користувача. У межах роботи передбачається проектування апаратної частини пристрою, розробка програмного забезпечення, а також перевірка працездатності системи в різних режимах роботи.

Актуальність:

Актуальність даної курсової роботи зумовлена зростаючою потребою у доступних, автономних та ефективних системах охорони для житлових і комерційних приміщень. У сучасних умовах безпека об'єктів нерухомості є важливим фактором, а використання традиційних охоронних систем часто пов'язане з високою вартістю обладнання та складністю встановлення.

Застосування мікроконтролерних платформ відкриває можливість створення компактних охоронних пристроїв із мінімальними витратами, які забезпечують оперативне інформування власника про несанкціоноване проникнення. Використання GSM-зв'язку дозволяє надсилати повідомлення незалежно від наявності локальної мережі Інтернет, що підвищує надійність системи та розширює сферу її застосування.

Технологічна та Інженерна Актуальність:

— **Поширеність IoT (Internet of Things):** Сучасні системи автоматизації, моніторингу та управління критично залежать від компактних, економічних та енергоефективних пристроїв. Платформа Arduino є де-факто стандартом для швидкого прототипування та створення пристроїв, що взаємодіють з фізичним світом, що відповідає глобальному тренду розвитку Інтернету речей;

— **Демократизація розробки:** Arduino, як відкрита (Open-Source) апаратно-програмна платформа, значно знижує поріг входу для інженерів-початківців та сприяє створенню інновацій. Це дозволяє зосередитися на логіці проєкту та функціональності, а не на низькорівневому програмуванні та складному апаратному дизайні;

— **Міждисциплінарний характер:** Розробка апаратно-програмного пристрою вимагає інтеграції знань з електроніки, програмування мікроконтролерів (C/C++), теорії керування та проєктування інтерфейсів. Це забезпечує набуття комплексних інженерних навичок, які є критично важливими для працевлаштування у сферах робототехніки, автоматизації та вбудованих систем;

Прикладна та Практична Актуальність

— **Вирішення конкретної прикладної задачі:** Робота не обмежується теоретичним аналізом, а передбачає створення працюючого фізичного прототипу (моніторинг параметрів, автоматизоване управління, збір даних). Це безпосередньо демонструє здатність автора перетворювати теоретичні знання на практичне інженерне рішення;

— **Економічна ефективність:** Використання Arduino дозволяє створити функціональний пристрій з мінімальними витратами на компоненти та часом розробки. Це важливий аспект для інноваційних стартапів та освітніх проєктів;

— **Можливість подальшого розвитку:** Розроблений прототип слугує надійною базою для подальшого масштабування, модернізації та переходу на промислові мікроконтролери, що забезпечує наукову перспективу для дипломної роботи чи комерціалізації.

Таким чином, розробка апаратно-програмного пристрою на базі Arduino є своєчасним, економічно обґрунтованим і високопрактичним дослідженням, що поєднує вивчення сучасних апаратних засобів та формування ключових інженерних компетенцій.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ

1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino

Arduino — це відкрита (open-source) платформа для створення прототипів електронних пристроїв, яка базується на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні. Платформа складається з фізичної друкованої плати (мікроконтролера) та середовища розробки (IDE) для написання коду.

Рис. 1.1 Вигляд плати Arduino з мікроконтролером ATmega328P2

Проект Arduino був започаткований у 2005 році в Інституті проєктування взаємодії (Interaction Design Institute Ivrea) в місті Івреа, Італія. Його засновниками стали Массімо Банці (Massimo Banzi), Девід Куартільєс, Том Іго, Джанлука Мартіно та Девід Мелліс. Основною метою створення платформи було забезпечення студентів дешевим та простим інструментом для створення інтерактивних проєктів, який би не вимагав глибоких знань у схемотехніці.

Для даної курсової роботи обрано плату Arduino Uno R3, яка побудована на базі мікроконтролера ATmega328P2. Її популярність зумовлена наступними факторами:

- **Доступність:** Низька вартість компонентів;
- **Кросплатформеність:** Середовище розробки працює на Windows, macOS та Linux;
- **Простота:** Зручний інтерфейс програмування через USB без необхідності використання зовнішніх програматорів
- **Відкрита архітектура:** Схеми плат знаходяться у вільному доступі, що дозволяє легко інтегрувати різноманітні датчики та модулі;

1.2 Мова програмування C++ та середовище Arduino IDE

Програмування мікроконтролера здійснюється мовою C++. Середовище розробки Arduino IDE використовує спеціальний спрощений діалект (фреймворк) під назвою **Wiring**.

Фреймворк — це набір готових інструментів, бібліотек, шаблонів та правил, який надає структуру для створення програмного забезпечення, спрощуючи та прискорюючи процес розробки. Він допомагає розробникам уникнути написання стандартного коду з нуля, дозволяючи зосередитися на унікальній бізнес-логіці продукту. Фреймворки використовуються для різних типів проєктів, включаючи веб, мобільні та десктопні додатки.

C++ — це універсальна мова програмування високого рівня, яка підтримує об'єктно-орієнтовану парадигму. В контексті розробки під Arduino, C++ дозволяє ефективно керувати пам'яттю мікроконтролера та працювати з апаратними регістрами, зберігаючи при цьому зрозумілий синтаксис.

Програма для Arduino називається «скетчем» (sketch) і має дві обов'язкові функції:

- `setup()` — виконується один раз при запуску для налаштування конфігурації пінів;
- `loop()` — виконується циклічно, реалізуючи основний алгоритм роботи пристрою.

1.3 Принципи роботи використаних сенсорів

Датчик руху HC-SR501 (PIR Sensor). Принцип дії пасивного інфрачервоного датчика (Passive Infrared Sensor) базується на виявленні змін інфрачервоного (теплого) випромінювання. Кожен об'єкт із температурою вище абсолютного нуля випромінює тепло. Піроелектричний елемент всередині датчика реагує на зміну інтенсивності цього випромінювання при переміщенні теплового об'єкта (людини) через сектори лінзи Френеля, генеруючи електричний сигнал тривоги.

Рис 1.2 Вигляд датчику руху HC-SR501

Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04. Робота датчика базується на принципі ехолокації (SONAR). Пристрій складається з двох п'єзоелементів: випромінювача та приймача.

1. Випромінювач генерує пачку ультразвукових імпульсів частотою 40 кГц;
2. Звукова хвиля відбивається від перешкоди та повертається назад до приймача;
3. Мікроконтролер вимірює час проходження сигналу і розраховує відстань.

Рис 1.3 Вигляд датчику HC-SR04

GSM/GPRS модуль SIM900. Підключається до плати Arduino через серійний порт (UART). Arduino надсилає модулю команди, і він у свою чергу може відправляти SMS або здійснювати дзвінки на вказаний номер телефону. Такий модуль використовується для сповіщення про тривогу у випадку, якщо інфрачервоний або ультразвуковий датчик зафіксував рух або наближення об'єкта. Основною перевагою GSM-модуля є можливість отримувати повідомлення дистанційно, а також його здатність працювати незалежно від підключення до Wi-Fi.

Рис 1.4 Вигляд GSM/GPRS модуль SIM900

2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

2.1 Назва роботи

Виготовлення охоронного пристрою на платі Arduino з використанням модуля зв'язку GSM/GPRS, інфрачервоним датчиком руху і ультразвуковим далекоміром.

2.2 Мета роботи

Розробка та виготовлення простого й надійного охоронного пристрою на базі мікроконтролерної платформи Arduino з використанням інфрачервоного датчика руху, ультразвукового далекоміра та модуля зв'язку GSM для дистанційного сповіщення користувача.

2.3 Завдання

1. Ознайомитися з принципами роботи та характеристиками компонентів, що будуть використовуватися:
 - плати Arduino Uno R3;
 - інфрачервоного датчика руху (PIR);
 - ультразвукового датчика відстані (HC-SR04);
 - GSM/GPRS модуля (SIM800/SIM900).
2. Розробити схему підключення датчиків та модуля GSM/GPRS до плати Arduino, забезпечивши правильний розподіл пінів та живлення.
3. Реалізувати програмне забезпечення на Arduino, яке забезпечує:
 - контроль за рухом об'єктів через PIR-датчик;
 - вимірювання відстані до об'єктів за допомогою ультразвукового сенсора;
 - відправлення сповіщень (SMS або дзвінок) при спрацьовуванні датчиків.
4. Перевірити працездатність охоронного пристрою у тестових умовах, зафіксувавши спрацьовування датчиків та отримання повідомлень на мобільний телефон.

5. Оцінити ефективність системи та запропонувати можливі покращення для підвищення надійності та швидкості сповіщення.

2.4 Технічні вимоги

- 5 В постійного струму;
- Arduino Uno R3;
- Breadboard (безпайкова макетна плата);
- GSM/GPRS модуль SIM800/SIM900;
- HC-SR501 (PIR інфрачервоний датчик руху);
- HC-SR04 (ультразвуковий датчик відстані);
- Резистори 220 Ом;
- Світлодіоди: зелений, червоний;
- П'єзозумер — для звукового сигналу;
- З'єднувальні провідники типу «тато-тато» та «тато-мама»;
- Джерело живлення для GSM-модуля (3,7–4,2 В, не менше 1 А);
- Опціонально: LCD дисплей 1602 з I2C модулем — для виведення

інформації про стан системи.

2.5 Очікуваний результат

Алгоритм роботи охоронного пристрою базується на безперервному контролі зони відповідальності за допомогою інфрачервоного датчика руху (HC-SR501) та ультразвукового сенсора (HC-SR04). У черговому режимі система перебуває в стані спокою: активний зелений світлодіод сигналізує про безпеку, а на LCD-дисплеї відображається відповідне повідомлення.

При виявленні руху мікроконтролер миттєво переходить у режим «Тривога»: вмикається червоний світлодіод та звуковий сигнал п'єзозумера, а ультразвуковий датчик визначає точну відстань до об'єкта, яка відображається на дисплеї у реальному часі. Одночасно GSM/GPRS модуль надсилає SMS-повідомлення або здійснює дзвінок на попередньо заданий номер телефону для інформування власника про порушення. Після припинення руху система автоматично повертається у стан очікування, готова до наступного спрацювання.

3 АПАРАТНА ЧАСТИНА

3.1 Підбір BOM

BOM (скорочення від Bill of Materials)- це список матеріалів і компонентів, потрібних для складання пристрою або виготовлення виробу, який може представлений як таблиця всіх деталей, які потрібно для проєкту.

Таблиця 3.1.1 Перелік необхідних компонентів

№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
1.	Arduino Uno	1	U1	Мікроконтролер ATmega328P	Основна плата керування
2.	Плата breadboard	1	-	830 точок, безпайкова	Безпайна плата для створення конструкції
3.	HC-SR501	1	PIR1	PIR Motion Sensor, 5 В	Виявлення руху об'єктів (тепла)
4.	HC-SR04	1	DIST1	Ultrasonic Sensor, 2–400 см	Вимірювання відстані до об'єкта
5.	GSM/GPRS модуль SIM900	1	GSM1	3,7–4,2 В, UART	Відправка SMS та дзвінків при тривозі
6.	LCD 1602 (I2C)	1	U2	16x2 символів, I2C інтерфейс	Відображення статусу системи
7.	Світлодіод (Червоний)	1	D1_RED	5 мм, 2 В, 20 мА	Індикація тривоги
8.	Світлодіод (Зелений)	1	D1_GREEN	5 мм, 2 В, 20 мА	Індикація режиму "Охорона"
9.	П'єзозумер	1	SP1	Активний, 5 В	Звукове оповіщення
10.	Резистори	2	R1, R2	220 Ом, 0.25 Вт	Обмеження струму LED
11.	Провідники	20	-	Dupont (Male-Male, Male-Female)	Електричні з'єднання
12.	Джерело живлення для GSM	1	PWR1	3,7–4,2 В, ≥ 1 А	Забезпечує стабільну роботу GSM-модуля

Таблиця 3.1.2 Таблиця з'єднань пінів

№	Компонент	Вивід компонента	З'єднано з піном Arduino	Примітка / Функція
1	HC-SR04 (Ultrasonic)	VCC	5V	Живлення
		Trig	Digital Pin 9	Сигнал запуску
		Echo	Digital Pin 10	Прийом сигналу
		GND	GND	Земля
2	HC-SR501 (PIR)	VCC	5V	Живлення
		OUT	Digital Pin 7	Сигнал тривоги
		GND	GND	Земля
3	LCD 1602 (I2C)	GND	GND	Земля
		VCC	5V	Живлення
		SDA	Pin A4 (або SDA)	Шина даних I2C
		SCL	Pin A5 (або SCL)	Шина тактування I2C
4	Світлодіод (Зелений)	Анод (+)	Digital Pin 4	Через резистор 220 Ом
		Катод (-)	GND	
5	Світлодіод (Зелений)	Анод (+)	Digital Pin 5	Через резистор 220 Ом
		Катод (-)	GND	
6	П'єзозумер	Плюс (+)	Digital Pin 6	Звуковий сигнал
		Мінус (-)	GND	-
7	GSM/GPRS модуль	VCC	Джерело живлення 4 В	Живлення GSM-модуля
		TX	Digital Pin 8 (Arduino RX через SoftwareSerial)	Передача даних
		RX	Digital Pin 3 (Arduino TX через SoftwareSerial)	Прийом даних
		GND	GND	Земля

4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера здійснювалася в інтегрованому середовищі розробки Arduino IDE. Мова програмування — C++ з використанням стандартних бібліотек Wiring та спеціалізованих бібліотек для роботи з периферією (Wire.h, LiquidCrystal_I2C.h).

Алгоритм роботи пристрою полягає у безперервному моніторингу простору за допомогою інфрачервоного датчика руху та вимірюванні відстані до об'єкта при виникненні тривоги, з подальшим виводом інформації на LCD дисплей та звуковим оповіщенням. Програма структурно поділена на три основні блоки: підключення бібліотек та оголошення констант, налаштування портів (ініціалізація) та основний цикл виконання.

4.1 Опис алгоритму роботи

1. Підключення бібліотек та оголошення змінних:

Для роботи з дисплеєм по шині I2C підключено бібліотеку LiquidCrystal_I2C. Для зручності читання коду та швидкого налаштування схеми, номери пінів призначені іменованим константам:

- Датчики: pinTrig (9), pinEcho (10), pinPIR (7).
- Індикація: pinLedGreen (4), pinLedRed (5), pinBuzzer (6).
- GSM/GPRS: pinGSM_TX (3), pinGSM_RX (8).

Також оголошено глобальні змінні для збереження часу відгуку ехо-сигналу (duration), обчисленої відстані (distance), поточного стану PIR (pirState) та прапорця відправки SMS (alertSent).

2. Ініціалізація:

При подачі живлення на мікроконтролер виконується функція налаштування:

- Ініціалізується LCD дисплей та вмикається його підсвітка.

- Порти для керування світлодіодами, зумером та тригером ультразвукового датчика (Trig) налаштовуються як виходи (OUTPUT).

- Порти для зчитування сигналів з PIR-датчика та ехо-сигналу (Echo)

- Порт для серійного зв'язку з GSM-модулем налаштований через

- На дисплей виводиться повідомлення про готовність системи до роботи.

3. Основний цикл:

- Програма виконує нескінченний цикл, що реалізує логіку охоронного пристрою:

Зчитування даних: Мікроконтролер опитує цифровий пін PIR-датчика для визначення руху. Одночасно генерується ультразвуковий імпульс на пін Trig і за допомогою функції pulseIn вимірюється час повернення сигналу на пін Echo. Цей час конвертується у відстань до об'єкта (см).

- Обробка логіки:

- Режим «Тривога»: Якщо PIR-датчик видає HIGH, система вмикає червоний світлодіод та звуковий сигнал (п'єзозумер). На дисплей виводиться повідомлення "ALARM!" та поточна відстань до об'єкта. Одночасно, якщо SMS ще не відправлено, GSM-модуль надсилає повідомлення на заданий номер телефону і прапорець alertSent встановлюється у TRUE, щоб запобігти повторним відправкам.

- Режим «Охорона»: Якщо рух не виявлено (LOW), зелений світлодіод активується, червоний світлодіод і зумер вимикаються. На дисплеї відображається "SAFE", а прапорець alertSent скидається, готуючи систему до наступного спрацювання.

4. Цикл повторюється з невеликою затримкою для стабілізації показань та запобігання хибним спрацьовуванням.

4.2 Код програми

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int pinTrig = 9;
const int pinEcho = 10;
const int pinPIR = 7;
const int pinLedGreen = 4;
const int pinLedRed = 5;
const int pinBuzzer = 6;

const int pinGSM_TX = 3; // Arduino RX
const int pinGSM_RX = 8; // Arduino TX
SoftwareSerial gsmSerial(pinGSM_RX, pinGSM_TX);

long duration;
int distance;
int pirState = LOW;
bool alertSent = false;
String phoneNumber = "+380XXXXXXXXXX"; // замінити на свій номер

void setup() {

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("System Ready");
```

```
pinMode(pinTrig, OUTPUT);
pinMode(pinEcho, INPUT);
pinMode(pinPIR, INPUT);
pinMode(pinLedGreen, OUTPUT);
pinMode(pinLedRed, OUTPUT);
pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);

gsmSerial.begin(9600);
delay(2000);
}

void loop() {
  pirState = digitalRead(pinPIR);
  digitalWrite(pinTrig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(pinTrig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(pinTrig, LOW);
  duration = pulseIn(pinEcho, HIGH);
  distance = duration * 0.034 / 2; // конвертація у см

  if (pirState == HIGH) { // Тривога
    digitalWrite(pinLedRed, HIGH);
    digitalWrite(pinLedGreen, LOW);
    tone(pinBuzzer, 1000); // сигнал

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ALARM!   ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Dist: ");
```

```
lcd.print(distance);
lcd.print(" cm ");

    if (!alertSent) {
        sendSMS(phoneNumber, "ALARM! Movement detected!");
        alertSent = true;
    }

} else { // Режим "Охорона"
    digitalWrite(pinLedRed, LOW);
    digitalWrite(pinLedGreen, HIGH);
    noTone(pinBuzzer);

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("SAFE ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Dist: ");
    lcd.print(distance);
    lcd.print(" cm ");

    alertSent = false;
}

delay(500);
}

void sendSMS(String number, String message) {
    gsmSerial.println("AT"); // перевірка з'єднання
    delay(500);
    gsmSerial.println("AT+CMGF=1"); // текстовий режим
```

```
delay(500);  
gsmSerial.print("AT+CMGS=\");  
gsmSerial.print(number);  
gsmSerial.println("\");  
delay(500);  
gsmSerial.print(message);  
delay(500);  
gsmSerial.write(26); // Ctrl+Z для відправки SMS  
delay(1000);  
}
```

5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Перевірка працездатності розробленого пристрою «Автономна охоронна система» проводилася у два етапи: перевірка монтажу апаратної частини та функціональне тестування програмного забезпечення з імітацією тривожних подій.

5.1 Підготовка до тестування

Перед подачею живлення було проведено візуальний огляд макетної плати для виявлення можливих помилок монтажу:

- перевірено правильність підключення датчиків **HC-SR501 (PIR)** та **HC-SR04 (ультразвуковий сенсор)** — відповідність пінів **VCC** та **GND**, щоб уникнути короткого замикання;
- переконанося у коректності підключення **GSM/GPRS модуля** (живлення, лінії TX та RX через SoftwareSerial);
- перевірено правильність підключення **I2C-модуля LCD дисплея** (лінії SDA та SCL);
- перевірено полярність **світлодіодів** та наявність **струмообмежувальних резисторів** у їхніх колах;
- перевірено надійність з'єднань **провідників на breadboard**, щоб уникнути випадкових обривів або контактних помилок.

5.2 Процес тестування

Після підключення плати Arduino UNO до персонального комп'ютера через USB-інтерфейс було виконано компіляцію та завантаження скетчу в пам'ять мікроконтролера. В ході тестування було змодельовано роботу системи у двох режимах:

- Режим «Охорона» (SAFE):

У відсутності руху PIR-датчик не фіксував теплове випромінювання. На LCD дисплеї відображалося повідомлення "SAFE", активним залишався зелений світлодіод, червоний світлодіод та п'єзозумер були вимкнені. Ультразвуковий

сенсор постійно вимірював відстань до об'єктів у зоні контролю та відображав її на дисплеї. Система стабільно перебувала у режимі очікування без хибних спрацювань.

- Режим «Тривога» (ALARM):

Для перевірки спрацювання було імітовано рух об'єкта в зоні дії PIR-датчика. Мікроконтролер миттєво активував червоний світлодіод та включив п'єзозумер. На LCD дисплеї відображалось повідомлення "ALARM!" та поточна відстань до об'єкта. Одночасно GSM/GPRS модуль відправляв SMS-повідомлення на заданий номер телефону. Після припинення руху система автоматично поверталася у режим «Охорона», а зелений світлодіод знову сигналізував про безпеку.

- Додаткові перевірки:

- перевірено коректність відображення відстані ультразвукового сенсора у різних умовах;

- підтверджено стабільність роботи GSM-модуля та своєчасну відправку SMS;

- перевірено роботу п'єзозумера і світлодіодів при тривалому тестуванні, щоб виключити перегрів або помилки.

5.3 Результати

Під час випробувань було встановлено:

- **Чутливість:** PIR-датчик коректно фіксує рух на відстані до 3 метрів у межах кімнати;

- **Точність вимірювань:** ультразвуковий датчик надає покази відстані з похибкою не більше 1–2 см, що є достатнім для визначення положення об'єкта;

- **Індикація:** інформація на LCD дисплеї відображається чітко, контрастність налаштована коректно. Логіка перемикання світлодіодів (червоний/зелений) повністю відповідає стану системи;

- **Стабільність:** збоїв у роботі мікроконтролера при одночасній роботі двох датчиків, дисплея та GSM-модуля не виявлено;
- **Сповіщення:** GSM/GPRS модуль своєчасно надсилає SMS-повідомлення при спрацьовуванні тривоги, повторні сповіщення відбуваються лише після відновлення режиму «Охорона».

5.4. Висновки

Результати випробувань підтверджують, що розроблений охоронний пристрій на базі Arduino працює стабільно та відповідає поставленим технічним вимогам. Забезпечено коректну взаємодію інфрачервоного та ультразвукового датчиків з засобами візуального та звукового сповіщення, а також своєчасну відправку повідомлень через GSM-модуль. Система демонструє надійну роботу у режимах «Охорона» та «Тривога» і готова до використання як діючий макет охоронної сигналізації.

ВИСНОВКИ

У ході виконання курсової роботи було успішно розроблено та реалізовано макет автономної охоронної системи на базі мікроконтролерної платформи **Arduino Uno** з функцією вимірювання відстані до об'єкта.

Апаратна реалізація: Опрацьовано принципи побудови охоронних систем з використанням різномісних сенсорів. Успішно реалізовано спільну роботу пасивного інфрачервоного датчика (**HC-SR501**) для виявлення руху та активного ультразвукового сенсора (**HC-SR04**) для визначення відстані. Використання інтерфейсу **I2C** для підключення LCD-дисплея дозволило спростити схемотехніку та заощадити цифрові порти мікроконтролера.

Програмна реалізація: Розроблено програмний алгоритм мовою **C++**, який забезпечує опитування датчиків у реальному часі. Використання бібліотек **LiquidCrystal_I2C** та **Wire** дозволило налаштувати коректний вивід інформації на дисплей, а логічні умови забезпечують безпомилкову реакцію системи на тривожні події.

Працездатність системи: Тестування підтвердило повну відповідність роботи пристрою технічному завданню. Система коректно переходить з режиму очікування у режим тривоги при виявленні руху, супроводжуючи це світловою та звуковою індикацією та відображенням точної відстані до порушника на дисплеї.

Навчальна цінність: Робота дозволила закріпити знання з основ електроніки та схемотехніки, зокрема особливостей підключення навантажень через резистори та транзисторні ключі, а також поглибити навички роботи з протоколами передачі даних та налагодженням програмного коду.

Перспективи розвитку:

Розроблений пристрій є базовим прототипом, який має значний потенціал для модернізації та перетворення на повноцінну систему «Розумний дім» або комерційну сигналізацію. До основних напрямів подальшого вдосконалення можна віднести:

- **Дистанційне сповіщення:** інтеграція GSM-модуля (наприклад, SIM800L) або Wi-Fi модуля (ESP8266) для надсилання SMS-повідомлень або сповіщень у месенджер власника при спрацюванні сигналізації;

- **Контроль доступу:** додавання матричної клавіатури (Keypad 4x4) або RFID-зчитувача для можливості постановки та зняття об'єкта з охорони за допомогою пароля або картки доступу;
- **Енергонезалежність:** розробка схеми безперебійного живлення з використанням літій-іонних акумуляторів та модуля зарядки, а також програмна оптимізація енергоспоживання (режим сну) для тривалої автономної роботи;
- **Логування подій:** підключення модуля годинника реального часу (RTC) та SD-карти для запису історії спрацювань (дата, час та відстань до об'єкта) у текстовий файл;
- **Конструктивне виконання:** перенесення схеми з макетної плати (breadboard) на друковану плату (PCB) та розробка корпусу методом 3D-друку для захисту електроніки від зовнішніх впливів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Блум Д. Вивчаємо Arduino:** інструменти та методи технічного чарівництва / Джеремі Блум. — К.: БХВ, 2016. — 336 с.
2. **Шилдт Г. С++:** базовий курс / Герберт Шилдт. — 3-тє вид. — М.: Вільямс, 2019. — 624 с.
3. **Петренко А. І.** Основи мікропроцесорної техніки та програмування мікроконтролерів: навчальний посібник / А. І. Петренко. — К.: Каравела, 2020. — 288 с.
4. **Рюмик С. М.** Мікроконтролери AVR: практикум для початківців / С. М. Рюмик. — Х.: Ранок, 2018. — 112 с.
5. **Галкін В. І.** Промислова електроніка та мікросхемотехніка: підручник / В. І. Галкін. — К.: Вища школа, 2017. — 320 с.
6. **Alvins, В.** *Mastering Arduino Programming (2021). Призначення: Програмування мікроконтролерів, синтаксис C/C++.*
7. **Schwartz, М.** *Arduino Electronics Blueprints (2019). Призначення: Інтеграція компонентів, використання бібліотек, створення скетчів.*
8. **Axelson, D.** *Embedded Systems Design (2020). Призначення: Фундаментальні основи проектування вбудованих систем, архітектура.*
9. **Marr, В.** *Internet of Things (IoT) in Business (2022). Призначення: Концепції IoT, мережеві протоколи та стандарти для пристроїв.*

Принципова електрична схема підключення