

**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 ІІІ-42

Святослав Комарницький

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

Комарницькому Святославу Івановичу

(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 коді, 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)

Святослав КОМАРНИЦЬКИЙ

_____ (імя та прізвище)

Остап ЮНАК

_____ (імя та прізвище)

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	2
ВСТУП.....	2
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	5
2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	11
3. АПАРАТНА ЧАСТИНА.....	13
4. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА.....	16
5. ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ.....	24
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТОК 1.....	31
ДОДАТОК 2.....	32

ВСТУП

Мета роботи:

Розробити згідно запропонованої теми апаратно-програмний охоронний пристрій на базі платформи Arduino з використанням модуля зв'язку GSM/GPRS, інфрачервоного датчика руху та ультразвукового далекоміра, який забезпечує виявлення несанкціонованого проникнення та дистанційне сповіщення користувача, а також підготувати звіт з техніко-конструкторською документацією та інструкцією з експлуатації.

Актуальність:

Актуальність даної курсової роботи зумовлена зростаючим попитом на недорогі, автономні та стабільні системи безпеки, які здатні не лише виявляти факт несанкціонованого проникнення, а й своєчасно сповіщати власника про подію незалежно від його фізичного місцезнаходження.

Сучасні охоронні рішення дедалі частіше поєднують апаратні засоби контролю з бездротовими технологіями передачі даних. Використання GSM/GPRS-модулів дає змогу надсилати тривожні повідомлення через мережі мобільного зв'язку, що суттєво підвищує надійність та ефективність систем безпеки у порівнянні з традиційними локальними сигналізаціями.

• Технологічна та Інженерна Актуальність

- **Розвиток IoT (Internet of Things):** Сучасні системи автоматизації, моніторингу та охорони ґрунтуються на компактних і енергоощадних пристроях, здатних взаємодіяти з навколишнім середовищем та передавати інформацію на відстань. Платформа Arduino широко застосовується для розробки IoT-пристроїв, а використання GSM/GPRS-зв'язку

відповідає сучасним тенденціям створення інтелектуальних систем безпеки.

- **Доступність та спрощення розробки:** Arduino як відкрита апаратно-програмна платформа значно спрощує процес створення вбудованих систем і знижує поріг входу для розробників. Застосування готових бібліотек і GSM-модулів дозволяє зосередитись на алгоритмах роботи охоронного пристрою, уникаючи складної реалізації низькорівневих протоколів.
- **Міждисциплінарний характер:** Проектування охоронної системи з GSM-зв'язком потребує поєднання знань з електроніки, програмування мікроконтролерів мовами C/C++, основ телекомунікацій та принципів передачі даних у мобільних мережах. Такий підхід сприяє формуванню комплексних інженерних навичок, актуальних у сферах автоматизації, робототехніки та embedded-розробки.
- **Прикладна та Практична Актуальність**
 - **Реалізація прикладної задачі:** У межах курсової роботи передбачається створення повноцінного фізичного прототипу охоронної системи, здатної виявляти рух, вимірювати відстань до об'єкта та передавати тривожні повідомлення власнику за допомогою GSM-мережі.
 - **Економічна доцільність:** Використання платформи Arduino разом із доступними GSM-модулями дозволяє реалізувати функціональну систему безпеки з мінімальними матеріальними витратами, що є особливо важливим для навчальних проєктів та бюджетних охоронних рішень.
 - **Перспективи подальшого розвитку:** Створений прототип має високий потенціал для подальшої модернізації шляхом

додавання GPS-модуля, автономного живлення, системи збереження подій або інтеграції з мобільними застосунками.

Це робить його придатною основою для майбутньої дипломної роботи або практичного комерційного використання.

Отже, розробка апаратно-програмного пристрою на основі платформи Arduino є актуальним, економічно доцільним та практично значущим дослідженням, яке поєднує опанування сучасних апаратних рішень із формуванням базових інженерних компетенцій.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino

Arduino — це відкрита платформа для створення прототипів електронних пристроїв, що поєднує апаратну частину у вигляді мікроконтролерної плати та програмне середовище Arduino IDE для написання і завантаження коду.

Рис. 1.1 Фото плати Arduino UNO rev 3

Історія створення:

Проект Arduino був започаткований у 2005 році в Interaction Design Institute Ivrea (Італія). Його метою було створення доступного та простого інструмента для навчання студентів основам електроніки та програмування інтерактивних систем.

Причини вибору платформи:

Для реалізації даної курсової роботи обрано плату **Arduino Uno R3** на базі мікроконтролера ATmega328P, що обумовлено такими перевагами:

- Кросплатформеність середовища Arduino IDE;
- Доступність і низька вартість;
- Відкрита архітектура та велика кількість сумісних модулів, зокрема GSM/GPRS
- Простота програмування через USB;

1.2 Мова програмування C++ та середовище Arduino IDE

Програмування мікроконтролера здійснюється мовою C++ з

використанням фреймворку Wiring, який спрощує роботу з апаратними ресурсами плати Arduino.

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

Інфрачервоний датчик руху HC-SR501. 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 теплого об'єкта (людини) через сектори лінзи Френеля, генеруючи електричний сигнал тривоги.

Рис 1.3.1 Фото датчику руху HC-SR501

Ультразвуковий далекомір HC-SR04. Робота датчика базується на принципі ехолокації (SONAR). Пристрій працює вимірюючи час проходження ультразвукового імпульсу до об'єкта і назад, на основі чого обчислюється відстань. Він 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 1.3.2 Фото датчику HC-SR04

GSM/GPRS-модуль SIM900. Використовується для передачі тривожних повідомлень через мобільну мережу. Він забезпечує

надсилання SMS-повідомлень власнику системи при спрацюванні сигналізації, що є ключовою відмінністю даного пристрою від локальних охоронних систем.

Рис 1.3.2 Фото GSM GPRS модулю SIM900 KIT

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

Виготовити охоронний пристрій на базі Arduino, який виявляє рух у зоні охорони (PIR-датчик), визначає відстань до об'єкта (ультразвуковий далекомір) та здійснює дистанційне оповіщення користувача через GSM/GPRS (надсилання SMS).

2.3 Завдання

- Ознайомитись з інструкцією до практичної роботи;
- Ознайомитись із принциповою електричною схемою охоронний пристрою на Arduino Uno;
- Зібрати на монтажній платі цифрову схему охоронного пристрою згідно електричної принципової схеми
- Написати скетч роботи пристрою на Arduino Uno;

2.4 Технічні вимоги

- Живлення: 5 В постійного струму (від USB або блока живлення);
- Мікроконтролерна плата: Arduino Uno R3;
- PIR-датчик руху: HC-SR501 (5 В);
- Ультразвуковий далекомір: HC-SR04 (5 В);

- GSM/GPRS-модуль (SIM900) з можливістю надсилання SMS;
- Засоби локальної індикації: зелений та червоний світлодіоди, п'єзозумер;
- З'єднувальні провідники та макетна плата breadboard;
- Струмообмежувальні резистори 220 Ом для світлодіодів.

2.5 Очікуваний результат

Алгоритм роботи охоронної системи базується на безперервному моніторингу зони відповідальності за допомогою PIR-датчика HC-SR501. У черговому режимі активний зелений світлодіод і система очікує подій. При виявленні руху мікроконтролер переходить у режим «Тривога»: вмикає червоний світлодіод та звуковий сигнал, вимірює відстань до об'єкта за допомогою HC-SR04 і формує тривожне повідомлення. Далі система надсилає SMS-повідомлення на заданий номер телефону через GSM/GPRS-модуль із коротким текстом події. Після закінчення тривоги система повертається у режим очікування.

3. АПАРАТНА ЧАСТИНА

3.1 Підбір BOM

BOM (скорочення від Bill of Materials)- перелік

матеріалів і компонентів, необхідних для складання пристрою;
зазвичай представлений у вигляді таблиці.

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	SIM900	1	U2	UART, SMS, GPRS	Дистанційне оповіщення
6	Світлодіод (Червоний)	1	D1_RED	5 мм, 2 В, 20 мА	Індикація тривоги
7	Світлодіод (Зелений)	1	D1_GREEN	5 мм, 2 В, 20 мА	Індикація режиму "Охорона"
8	П'єзозумер	1	SP1	Активний, 5 В	Звукове оповіщення
9	Резистори	2	R1, R2	220 Ом, 0.25 Вт	Обмеження струму LED

№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
10	Провідники	20	-	Dupont (Male-Male, Male-Female)	Електричні з'єднання

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	Приєм сигналу
		GND	GND	Земля
2	HC-SR501 (PIR)	VCC	5V	Живлення
		OUT	Digital Pin 7	Сигнал тривоги
		GND	GND	Земля
3	SIM900	TX	D2	UART (дані від GSM до Arduino)
		RX	D3	UART (дані від Arduino до GSM)
		GND	GND	Земля
		VCC	4.0-5V	Живлення
4	Світлодіод (Зелений)	Анод (+)	Digital Pin 4	Через резистор 220 Ом
		Катод (-)	GND	
5	Світлодіод	Анод (+)	Digital Pin 5	Через резистор

№	Компонент	Вивід компонента	З'єднано з піном Arduino	Примітка / Функція
	(Зелений)	Катод (-)	GND	220 Ом
4	П'єзозумер	Плюс (+)	Digital Pin 6	-
		Мінус (-)	GND	

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 охоронного пристрою полягає у безперервному моніторингу датчика руху (HC-SR501). При виникненні тривоги додатково виконується вимірювання відстані до об'єкта (HC-SR04) і формується текст повідомлення, яке надсилається користувачу через GSM-модуль у вигляді SMS.

Програму умовно поділено на такі блоки:

1. ініціалізація портів та GSM-модуля;
2. опитування датчиків у циклі;
3. обробка станів «Охорона» / «Тривога»;
4. формування та надсилання SMS-повідомлення;
5. антиспам-захист (щоб не надсилати SMS кожні 200 мс).

4.1 Опис алгоритму роботи

– 1) Підключення бібліотек та оголошення змінних

- Для програмного UART використовується `SoftwareSerial`.
- Номери пінів присвоюються іменованим константам:

- Датчики: `pinTrig` (9), `pinEcho` (10), `pinPIR` (7)
- Індикація: `pinLedGreen` (4), `pinLedRed` (5), `pinBuzzer` (6)
- GSM UART: `gsmRX` (2), `gsmTX` (3)
- Змінні:
 - `duration` — тривалість ехо-імпульсу;
 - `distance` — відстань у см;
 - `pirState` — стан PIR (HIGH/LOW);
 - `lastSmsTime` — час останнього SMS;
 - `smsCooldown` — пауза між SMS (наприклад 60 с).
 - **2) Ініціалізація (setup)**
- Налаштовуються порти вводу/виводу для датчиків та індикації.
- Запускається `Serial` для відлагодження та `gsmSerial` для GSM-модуля.
- Виконується ініціалізація GSM:
 - перевірка відповіді AT;
 - встановлення текстового режиму SMS `AT+CMGF=1`;
 - (за потреби) вибір кодування/параметрів SMS.
 - **3) Основний цикл (loop)**

- Зчитується `pirState` з датчика руху.
- Якщо **руху немає** → режим «Охорона»:
 - зелений LED ON, червоний OFF, зумер OFF.
- Якщо **рух є** → режим «Тривога»:
 - червоний LED ON, зумер подає сигнал, зелений OFF;
 - вимірюється відстань HC-SR04;
 - формується повідомлення з відстанню;
 - якщо минув `smsCooldown` від останнього повідомлення → надсилається SMS.

4.2 Код програми

```
#include <SoftwareSerial.h>

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 gsmRX = 2; // Arduino RX <- GSM TX
const int gsmTX = 3; // Arduino TX -> GSM RX
SoftwareSerial gsmSerial(gsmRX, gsmTX);

long duration;
int distance;
int pirState = LOW;

unsigned long lastSmsTime = 0;
const unsigned long smsCooldown = 60000; // 60 секунд між
SMS

const char phoneNumber[] = "+380XXXXXXXXXX";

int measureDistanceCm() {
    digitalWrite(pinTrig, LOW);
```

```
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(pinTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(pinTrig, LOW);

    duration = pulseIn(pinEcho, HIGH, 30000);
    if (duration == 0) return -1;
    int dist = (int)(duration * 0.034 / 2);
    return dist;
}

void gsmSendCommand(const char* cmd, unsigned long waitMs
= 600) {
    gsmSerial.println(cmd);
    delay(waitMs);
}

void sendSMS(const char* text) {
    gsmSendCommand("AT");
    gsmSendCommand("AT+CMGF=1");
    gsmSerial.print("AT+CMGS=\"");
    gsmSerial.print(phoneNumber);
    gsmSerial.println("\");
    delay(400);

    gsmSerial.print(text);
    delay(200);
```

```
gsmSerial.write(26);
delay(3000);
}

void safeMode() {
    digitalWrite(pinLedGreen, HIGH);
    digitalWrite(pinLedRed, LOW);
    digitalWrite(pinBuzzer, LOW);
}

void alertMode(int dist) {
    digitalWrite(pinLedGreen, LOW);
    digitalWrite(pinLedRed, HIGH);

    tone(pinBuzzer, 1000);
    delay(120);
    noTone(pinBuzzer);

    unsigned long now = millis();
    if (now - lastSmsTime >= smsCooldown) {
        char msg[100];

        if (dist >= 0) {
            sprintf(msg, sizeof(msg),
                "ALARM! Motion detected. Distance: %d cm",
dist);
        } else {
```

```
        snprintf(msg, sizeof(msg),
                "ALARM! Motion detected. Distance: n/a");
    }

    sendSMS(msg);
    lastSmsTime = now;
}
}

void setup() {
    pinMode(pinTrig, OUTPUT);
    pinMode(pinEcho, INPUT);
    pinMode(pinPIR, INPUT);
    pinMode(pinLedGreen, OUTPUT);
    pinMode(pinLedRed, OUTPUT);
    pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);

    Serial.begin(9600);
    gsmSerial.begin(9600);

    safeMode();

    delay(1000);
    gsmSendCommand("AT");
    gsmSendCommand("AT+CMGF=1");
}
```

```
void loop() {  
  pirState = digitalRead(pinPIR);  
  
  if (pirState == HIGH) {  
    distance = measureDistanceCm();  
    alertMode(distance);  
  } else {  
    safeMode();  
  }  
  
  delay(200);  
}
```

5. ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Перевірка працездатності розробленого пристрою «**Автономна охоронна система з GSM/GPRS-оповіщенням**» проводилася у два основні етапи: перевірка коректності монтажу апаратної частини та функціональне тестування програмного забезпечення з імітацією тривожних подій.

5.1 Підготовка до тестування

Перед подачею живлення на пристрій було виконано попередній огляд та перевірку правильності зібраної схеми з метою уникнення помилок монтажу та можливих пошкоджень компонентів. Зокрема, було виконано такі дії:

- перевірено правильність підключення PIR-датчика руху HC-SR501 (відповідність виводів VCC, GND та OUT);
- перевірено коректність підключення ультразвукового далекоміра HC-SR04, особливу увагу приділено правильності з'єднання пінів Trig та Echo;
- перевірено підключення GSM/GPRS-модуля до ліній UART, а також відповідність напруги живлення вимогам модуля;
- перевірено полярність світлодіодів та наявність струмообмежувальних резисторів у колах індикації;
- перевірено надійність усіх з'єднань на макетній платі breadboard;
- встановлено SIM-карту з активованою послугою SMS та стабільним рівнем сигналу мобільної мережі.

Після завершення підготовчих заходів пристрій було підключено до джерела живлення через USB-інтерфейс Arduino Uno.

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 «Очікування» (відсутність руху):**

Після подачі живлення система переходить у черговий режим:

- мікроконтролер ініціалізує всі підключені модулі та датчики;
- активується зелений світлодіод, що сигналізує про режим охорони;
- червоний світлодіод та п'єзозумер вимкнені;
- GSM/GPRS-модуль перебуває у стані готовності до передавання повідомлень;
- SMS-повідомлення не надсилаються.

У цьому режимі система стабільно працює протягом тривалого часу, не генеруючи хибних тривог.

Режим «Тривога» (імітація проникнення)

Для імітації проникнення виконувалось переміщення руки перед лінзою PIR-датчика HC-SR501 у зоні контролю. Після виявлення руху система миттєво переходить у режим «Тривога»:

- зелений світлодіод вимикається, активується червоний світлодіод;
- п'єзозумер подає переривчастий звуковий сигнал;
- ультразвуковий далекомір HC-SR04 виконує вимірювання відстані до об'єкта;
- на основі отриманих даних формується текст тривожного повідомлення;
- GSM/GPRS-модуль надсилає SMS-повідомлення на заданий номер телефону власника системи

Для уникнення надмірної кількості повідомлень було перевірено роботу механізму затримки між SMS-повідомленнями (cooldown). Повторне повідомлення надсилається лише після закінчення заданого інтервалу часу, навіть якщо рух у зоні охорони триває.

5.3 Результати

У ході експериментальних випробувань було встановлено:

- **Чутливість системи:** PIR-датчик HC-SR501 стабільно фіксує рух на відстані до 3–4 метрів у межах приміщення;
- **Точність вимірювання відстані:** ультразвуковий датчик HC-SR04 забезпечує вимірювання з похибкою не більше 1–2 см у діапазоні до 2 м;
- **Коректність GSM-оповіщення:** GSM/GPRS-модуль успішно надсилає SMS-повідомлення при кожному коректному спрацюванні тривоги;
- **Стабільність роботи:** під час тестування не було зафіксовано зависань мікроконтролера або втрати зв'язку з GSM-модулем;
- **Відсутність хибних спрацювань:** у режимі очікування система не реагує на незначні теплові зміни середовища.

Отримані результати підтверджують відповідність розробленого пристрою поставленому технічному завданню.

5.4 Висновки

Результати тестування підтверджують, що розроблена охоронна система працює стабільно і виконує поставлене технічне завдання. Забезпечено коректну взаємодію датчиків руху та відстані з засобами візуального та звукового сповіщення. Пристрій готовий до демонстрації як діючий макет охоронної сигналізації.

ВИСНОВКИ

У ході виконання курсової роботи було успішно розроблено та реалізовано макет автономного охоронного пристрою на базі мікроконтролерної платформи Arduino Uno з використанням GSM/GPRS-зв'язку, інфрачервоного датчика руху та ультразвукового далекоміра.

- **Апаратна реалізація:** Було опрацьовано принципи побудови охоронних систем із використанням різнотипних сенсорів. Реалізовано спільну роботу пасивного інфрачервоного датчика руху **HC-SR501** для виявлення факту проникнення та ультразвукового далекоміра **HC-SR04** для визначення відстані до об'єкта. Додатково інтегровано GSM/GPRS-модуль, що дозволило реалізувати дистанційне оповіщення користувача через мобільну мережу.
- **Програмна реалізація:** Розроблено програмний алгоритм мовою C++, який забезпечує стабільне опитування датчиків у реальному часі, коректну обробку подій та взаємодію з GSM-модулем за допомогою AT-команд. Реалізовано захист від надмірного надсилання SMS-повідомлень шляхом використання часових інтервалів між сповіщеннями.
- **Працездатність системи:** Проведене тестування підтвердило, що пристрій повністю відповідає технічному завданню. Система коректно переходить з режиму очікування в режим тривоги при виявленні руху, супроводжуючи це світловою, звуковою та дистанційною GSM-індикацією.
- **Навчальна цінність:** Виконання курсової роботи дозволило закріпити знання з основ електроніки, мікроконтролерної техніки та програмування вбудованих систем, а також набути практичних навичок роботи з GSM/GPRS-модулями та протоколами обміну

даними.

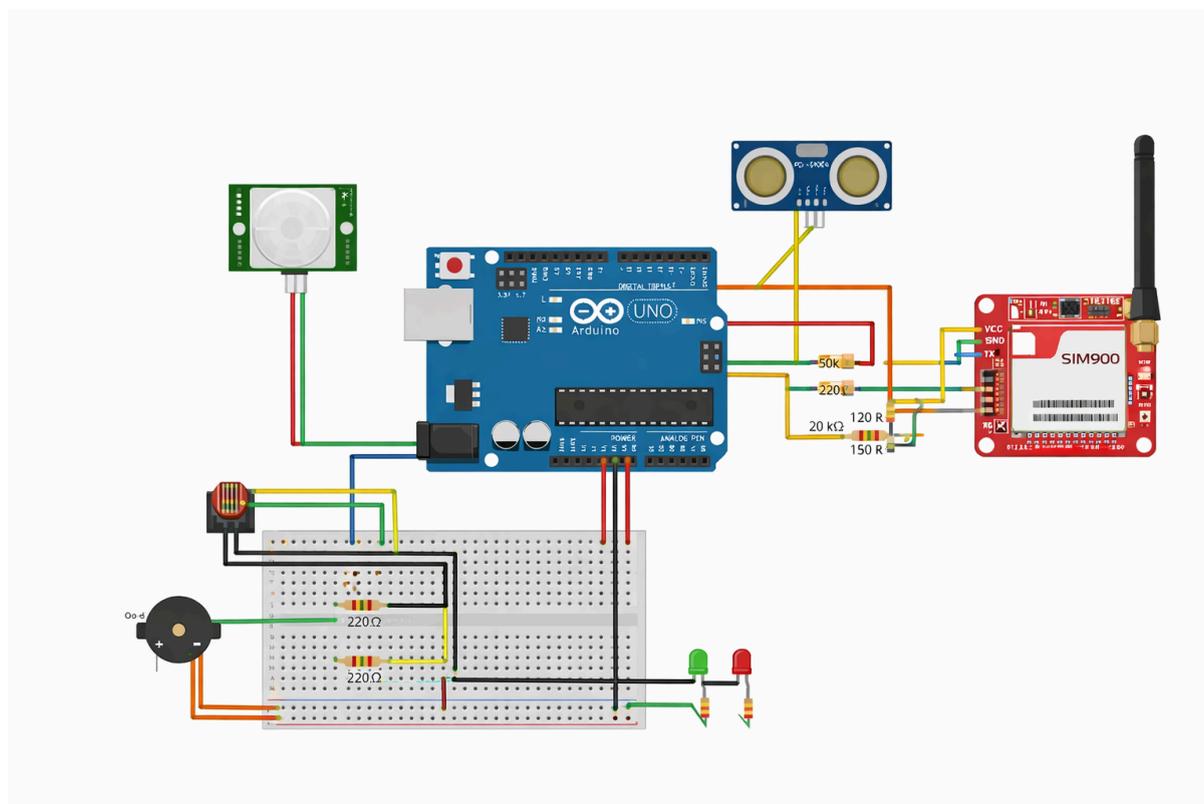
Перспективи розвитку:

Розроблений пристрій є базовим прототипом охоронної системи та має значний потенціал для подальшого вдосконалення, зокрема:

- Інтеграція GPS-модуля для передачі координат місця спрацювання;
- Реалізація двостороннього керування системою через SMS-команди;
- Додавання автономного живлення з використанням акумуляторів;
- Збереження журналу подій на SD-карті або у хмарному сервісі;
- Перенесення схеми з макетної плати на друковану плату та розробка корпусу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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



Схематичний вигляд підключення схеми