

**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 датчиків HC-SR501 і HC-SR04 та виводом інформації на LCD дисплей»

Виконав студент групи ІІІ-41

В'ячеслав БАЧИНСЬКИЙ

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

В'ячеславу Бачинському Івановичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

**з навчальної дисципліни: ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ
INTERNET-РЕЧЕЙ**

Студент групи: ІІІ-41

1. Тема проєкту: Виготовлення охоронного пристрою на платі Arduino з використанням датчиків HC-SR501 і HC-SR04 та виводом інформації на LCD дисплей

2. Дата видачі завдання: _____ "22" вересня 2025 р.

3. Термін здачі курсового проєкту: _____ "15" 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 BOM (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 проєкту, 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		

<i>Студент</i>		В'ячеслав БАЧИНСЬКИЙ
	(підпис)	(імя та прізвище)
<i>Керівник проекту</i>		Остап ЮНАК
	(підпис)	(імя та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ	4
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ТА ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ	7
3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА СХЕМОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ	9
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ	12
5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ	18
ВИСНОВКИ	20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	21
ДОДАТКИ	22

ВСТУП

Тема курсового проєкту:

Дослідження та розробка апаратної частини охоронного комплексу з використанням ультразвукової та піроелектричної сенсорики на базі платформи Arduino.

Мета роботи:

Метою даного курсового проєкту є поглиблене вивчення схемотехнічних принципів побудови вбудованих систем охорони. Основне завдання полягає не лише у програмній реалізації алгоритму, а й у детальному аналізі фізичних принципів роботи датчиків, забезпеченні надійності електричних з'єднань та дослідженні часових характеристик передачі сигналів між модулями системи.

Актуальність теми:

Сучасний етап розвитку електроніки характеризується переходом до модульних інтегрованих систем. Розуміння фізичних процесів, що протікають у напівпровідникових сенсорах (піроелектричний ефект, п'єзоелектричний ефект), є критично важливим для інженера-проектувальника. Простого підключення модулів часто недостатньо для створення надійного пристрою; необхідне глибоке розуміння рівнів напруг, струмів споживання та протоколів обміну даними (I2C, TTL логіка), що і зумовлює актуальність даної роботи.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

1.1. Архітектура мікроконтролера ATmega328P

Основою платформи Arduino Uno, що використовується у проєкті, є 8-бітний мікроконтролер ATmega328P, побудований за модифікованою Гарвардською архітектурою. Це означає, що пам'ять програм (Flash, 32 КБ) та пам'ять даних (SRAM, 2 КБ) розділені, що дозволяє звертатися до них одночасно, підвищуючи швидкодію.

Для задач обробки сигналів від датчиків критично важливими є наступні параметри чіпа:

- **GPIO порти:** Здатність видавати логічну "1" (5 В) та "0" (0 В) зі струмом навантаження до 40 мА на пін, що достатньо для прямого керування світлодіодами.
- **Таймери/Лічильники:** Використовуються для точного підрахунку часу відгуку ультразвукового сенсора з роздільною здатністю до мікросекунд.
- **АЦП (Аналого-цифровий перетворювач):** Хоча у даній роботі використовуються цифрові виходи датчиків, наявність АЦП дозволяє в майбутньому підключати аналогові сенсори.

1.2. Фізичні принципи роботи піроелектричного датчика (HC-SR501)

В основі роботи датчика руху HC-SR501 лежить явище піроелектрики. Чутливий елемент сенсора виготовлено з кристалічного матеріалу (наприклад, танталату літію), який генерує електричний потенціал при зміні його температури.

Процес детекції відбувається наступним чином:

- Людське тіло випромінює інфрачервоні хвилі в діапазоні 5–14 мкм.
- **Оптика:** Лінза Френеля, що покриває датчик, діє як система збиральних мікролінз. Вона фокусує ІЧ-випромінювання на чутливий елемент не суцільним потоком, а чергуючи зони чутливості та "сліпі" зони.

- **Детекція:** Коли об'єкт рухається, фокус теплового випромінювання зміщується по кристалу, викликаючи швидку зміну температури. Це генерує сплеск напруги, який підсилюється вбудованим операційним підсилювачем (чіп BISS0001) і формує логічний сигнал тривоги на виході.

Статичні об'єкти, навіть теплі, не викликають зміни температури кристала у часі, тому датчик їх ігнорує.

1.3. Принцип ультразвукової ехолокації (HC-SR04)

Вимірювання відстані базується на фізиці розповсюдження пружних хвиль у повітряному середовищі. Модуль HC-SR04 використовує зворотний п'єзоелектричний ефект для генерації звуку та прямий п'єзоелектричний ефект для його прийому.

Цикл вимірювання включає такі етапи:

- **Генерація:** На п'єзокерамічний випромінювач подається пачка з 8 імпульсів частотою 40 кГц (ультразвук, нечутний для вуха).
- **Розповсюдження:** Хвиля рухається повітрям зі швидкістю приблизно 343 м/с (при 20°C). Варто зазначити, що ця швидкість залежить від температури середовища.
- **Відбиття:** Зустрівши перешкоду з іншою акустичною густиною, хвиля відбивається назад.
- **Прийом:** Відбита хвиля механічно деформує мембрану приймача, що генерує слабкий електричний струм, який фіксується компаратором модуля.

1.4. Інтерфейс передачі даних I2C

Для візуалізації даних обрано дисплей LCD 1602 з модулем розширення портів PCF8574. Зв'язок реалізовано через шину I2C (Inter-Integrated Circuit).

Це напівдуплексний послідовний протокол, що використовує дві лінії:

- **SDA (Serial Data):** Лінія даних, по якій передаються біти інформації.
- **SCL (Serial Clock):** Лінія тактування, яка синхронізує передачу кожного біта.

Особливістю схемотехніки I2C є тип виходів "відкритий колектор", що вимагає обов'язкової наявності підтягуючих резисторів (Pull-up resistors) до лінії живлення, щоб забезпечити чіткий логічний рівень "1" у стані спокою.

2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ТА ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ

2.1. Постановка інженерної задачі

Необхідно спроектувати електронний модуль, що забезпечує апаратну реалізацію функцій охорони периметра. Пристрій повинен являти собою замкнену систему, що складається з підсистеми збору даних (сенсори), підсистеми обробки (мікроконтролер) та підсистеми інтерфейсу (НМІ).

Ключова вимога — забезпечення гальванічної сумісності всіх модулів та стабільності роботи в умовах можливих електромагнітних завад побутового

характеру.

2.2. Електричні та експлуатаційні параметри

Система повинна відповідати наступним технічним характеристикам:

- **Напруга живлення (VCC):** 5 В \pm 5% (стандартна логіка TTL).
- **Споживаний струм:** Не більше 200 мА у піковому режимі (при одночасній роботі зумера, підсвітки дисплея та активних датчиків).
- **Робоча частота контролера:** 16 МГц (забезпечується зовнішнім кварцовим резонатором).
- **Інтерфейси зв'язку:**
 - I2C (Fast Mode, 100/400 кГц) — для дисплея.
 - Digital I/O (TTL 5V) — для дискретних сенсорів.
 - PWM (ШИМ) — для акустичної генерації.

2.3. Вимоги до сенсорної частини

- **Канал детекції руху:** Використання пасивного інфрачервоного датчика з можливістю регулювання часу затримки (Time Delay) та чутливості (Sensitivity) апаратними потенціометрами.
- **Канал вимірювання:** Використання ультразвукового методу. Мінімальна роздільна здатність вимірювання — 1 см. «Сліпа зона» датчика не повинна перевищувати 2–3 см.

3. АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА СХЕМОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ

3.1. Розрахунок та вибір пасивних компонентів

При проектуванні вихідних каскадів для світлодіодної індикації необхідно виконати розрахунок струмообмежувальних резисторів. Це критично важливо для захисту портів мікроконтролера ATmega328P, максимальний допустимий струм на пін якого складає 40 мА (рекомендований — до 20 мА).

Розрахунок резистора для світлодіода:

Використовуємо закон Ома:

$$R = (V_{\text{source}} - V_{\text{led}}) / I_{\text{led}}$$

Де:

- V_{source} — напруга логічної одиниці контролера (5 В).

- V_{led} — падіння напруги на світлодіоді (для червоного ~ 2.0 В, для зеленого ~ 2.2 В).
- I_{led} — робочий струм діода (приймаємо оптимальний 15 мА або 0.015 А).

$$R_{\text{red}} = (5 - 2.0) / 0.015 = 200 \text{ Ом}$$

Згідно зі стандартним рядом номіналів E24, обираємо найближче більше значення — 220 Ом. Це гарантує, що струм не перевищить допустимі межі.

3.2. Аналіз принципової електричної схеми

Комутація компонентів виконана з урахуванням мінімізації паразитної ємності монтажу.

- Підключення LCD 1602 (I2C):

Використання модуля перетворення інтерфейсів на базі чіпа PCF8574 дозволяє підключити дисплей до аналогових пінів A4 (SDA) та A5 (SCL).

- *Важливо:* Шина I2C потребує підтягуючих резисторів (Pull-up) до лінії +5В. У модулі Arduino бібліотека Wire.h за замовчуванням активує внутрішні підтягуючі резистори мікроконтролера, що забезпечує стабільний логічний рівень.
- Підключення ультразвукового сонара HC-SR04:
 - *Лінія Trig (D9):* Працює на вихід. Контролер формує прямокутний імпульс.
 - *Лінія Echo (D10):* Працює на вхід. Датчик формує імпульс, тривалість якого пропорційна відстані.
 - *Живлення:* Для уникнення просідання напруги в момент випромінювання ультразвукової пачки, рекомендується встановлення електролітичного конденсатора (10–100 мкФ) паралельно виводам

живлення датчика (реалізовано на рівні макетної плати).

- Підключення PIR-сенсора HC-SR501:

Датчик живиться від лінії 5В. Вихідний сигнал (OUT) є дискретним (3.3В логіка, сумісна з 5В входом Arduino). Підключено до піна D7. На платі датчика встановлено джампер у положення "L" (Single Trigger) або "H" (Repeat Trigger) — для даної задачі обрано режим, що забезпечує стабільне утримання високого рівня при наявності руху.

3.3. Енергетичний баланс системи

Для оцінки навантаження на стабілізатор напруги плати Arduino (NCP1117) проведено сумування струмів споживання всіх компонентів:

1. Власне споживання Arduino Uno: ~45 мА.
2. HC-SR04 (активний режим): ~15 мА.
3. HC-SR501 (активний режим): ~60 мкА (нехтовно мало).
4. LCD 1602 (з підсвіткою): ~25 мА.
5. Світлодіод та зумер: ~20–30 мА.

Сумарний струм: $I_{total} \approx 115 \text{ мА}$

Максимальний вихідний струм стабілізатора плати складає 800 мА. Отже, коефіцієнт завантаження складає менше 15%, що свідчить про високу надійність схеми та відсутність перегріву компонентів живлення.

4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ

4.1. Особливості компіляції та середовище розробки

Створення прошивки (firmware) для мікроконтролера ATmega328P реалізовано в середовищі Arduino IDE (версія 1.8.x або новіша). Програмний код, написаний мовою C++, проходить етап препроцесингу та компіляції за допомогою компілятора AVR-GCC.

Важливою особливістю програмної реалізації є використання високорівневих бібліотек-абстракцій, що дозволяють керувати апаратними ресурсами (таймерами, перериваннями, портами) через зручний API. Зокрема:

- Бібліотека Wire.h ініціалізує апаратний модуль TWI (Two Wire Interface) для реалізації протоколу I2C.
- Функції digitalWrite/digitalRead забезпечують комутацію логічних рівнів на регістрах портів PORTx, DDRx та PINx.

4.2. Математична модель обробки сигналів

Ключовим моментом роботи програми є перетворення часового інтервалу,

отриманого від ультразвукового сенсора, у метричну величину (сантиметри). Мікроконтролер вимірює час t (у мікросекундах) між відправкою сигналу (Trig) та отриманням ехо-відповіді (Echo).

Розрахунок базується на фізичній формулі рівномірного руху:

$$S = V \times t$$

Де V — швидкість звуку в повітрі. При температурі $+20^{\circ}\text{C}$ швидкість звуку становить приблизно 343 м/с або 0.0343 см/мкс .

Оскільки звук проходить шлях двічі (від датчика до об'єкта і назад), формула у програмному коді набуває вигляду:

$$\text{Distance} = \frac{\text{Time} \times 0.0343}{2}$$

Для оптимізації обчислень у цілочисельній арифметиці (int) дробова частина часто відкидається або округлюється, що враховано в алгоритмі.

4.3. Опис алгоритму генерації звукового сигналу

Для роботи п'єзоелектричного випромінювача використовується функція `tone()`. Вона генерує прямокутний сигнал (меандр) із коефіцієнтом заповнення (Duty Cycle) 50% на заданій частоті.

У даному проєкті обрано частоту резонансу п'єзопластини — 1000 Гц (1 кГц). Це забезпечує максимальний звуковий тиск при мінімальному енергоспоживанні. Генерація відбувається шляхом використання апаратного таймера мікроконтролера, що дозволяє виконувати паралельні процеси без блокування основного циклу програми.

4.4. Лістинг керуючої програми

Нижче наведено повний код скетчу з детальними коментарями, що пояснюють призначення кожної інструкції.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// --- Конфігурація апаратної частини ---
// Адреса I2C пристрою 0x27 (стандартна для чіпів PCF8574)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Визначення пінів (Hardware Mapping)
const int PIN_TRIG = 9; // Вихід генератора імпульсів
const int PIN_ECHO = 10; // Вхід детектора відбитого сигналу
const int PIN_PIR = 7; // Вхід сигналу тривоги
const int PIN_G_LED = 4; // Індикація безпеки (Зелений)
const int PIN_R_LED = 5; // Індикація тривоги (Червоний)
const int PIN_BUZZ = 6; // Вихід на п'єзовипромінювач

// Змінні для зберігання результатів вимірювань
long duration_us; // Час затримки у мікросекундах
int distance_cm; // Розрахована відстань у см
bool alarmState = false; // Прапорець стану системи

void setup() {
    // Налаштування регістрів портів вводу-виводу (DDRx)
    pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT);
    pinMode(PIN_ECHO, INPUT);
    pinMode(PIN_PIR, INPUT);

    pinMode(PIN_G_LED, OUTPUT);
```

```
pinMode(PIN_R_LED, OUTPUT);
pinMode(PIN_BUZZ, OUTPUT);

// Ініціалізація периферії
lcd.init(); // Ініціалізація дисплея
lcd.backlight(); // Увімкнення підсвітки

// Тест індикації при запуску
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Init Hardware...");
delay(1000);
lcd.clear();
}

void loop() {
// --- Блок 1: Опитування піроелектричного сенсора ---
// Зчитуємо логічний рівень на піні D7
alarmState = digitalRead(PIN_PIR);

// --- Блок 2: Запуск циклу ехолокації ---
// Формування стартового імпульсу тривалістю 10 мкс
digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
```

```
// Вимірювання ширини вхідного імпульсу на піні ECHO
duration_us = pulseIn(PIN_ECHO, HIGH);

// Математичний розрахунок дистанції ( $S = V * t / 2$ )
distance_cm = duration_us * 0.034 / 2;

// --- Блок 3: Керування логікою реакції ---
if (alarmState == HIGH) {
    // Алгоритм дій при виявленні порушника
    digitalWrite(PIN_G_LED, LOW);
    digitalWrite(PIN_R_LED, HIGH); // Активне червоне світло

    // Генерація звукового сигналу 1 кГц
    tone(PIN_BUZZ, 1000);

    // Оновлення даних на дисплеї
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ALERT! MOTION  ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Dist: ");
    lcd.print(distance_cm);
    lcd.print(" cm  "); // Пробіли для очищення старих символів
}
else {
    // Алгоритм режиму очікування
    digitalWrite(PIN_G_LED, HIGH); // Активне зелене світло
    digitalWrite(PIN_R_LED, LOW);
```

```
noTone(PIN_BUZZ); // Вимкнення генерації звуку

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("System Status: ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Monitoring... ");
}

// Затримка для стабілізації перехідних процесів
delay(100);
}
```

5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ

5.1. Методика лабораторних вимірювань

Для підтвердження розрахункових параметрів системи було проведено серію інструментальних вимірювань на зібраному макеті. Випробування проводилися при стабільній температурі навколишнього середовища ($21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), що є важливим фактором для точності ультразвукової локації.

Засоби вимірювальної техніки:

- **Цифровий мультиметр** (клас точності 0.5) — для контролю напруги живлення та струму споживання.
- **Рулетка вимірювальна** (ціна поділки 1 мм) — як еталон для перевірки далекоміра.

5.2. Аналіз енергетичних параметрів

Першим етапом стала перевірка стабільності системи живлення. Заміри проводилися у двох режимах:

- **Режим холостого ходу (Idle):** Активний лише контролер, дисплей та зелений світлодіод.
 - *Виміряний струм (I_{idle}):* 52 мА.
- **Режим пікового навантаження (Peak):** Активна звукова сигналізація, червоний світлодіод, відбувається випромінювання ультразвуку.
 - *Виміряний струм (I_{peak}):* 108 мА.

Висновок: Експериментальні дані (108 мА) повністю корелюють з теоретичним розрахунком (115 мА), проведеним у розділі 3. Запас потужності джерела живлення є достатнім. Напруга на шині VCC під навантаженням склала 4.95 В, що вкладається у допуски логіки TTL (4.75...5.25 В).

5.3. Дослідження точності сенсорів

Було проведено аналіз фізичних обмежень датчиків:

- HC-SR04 (Ультразвук):

При вимірюванні відстані до плоскої перешкоди на дистанції 100 см похибка склала ≈ 1 см. Однак при спробі виміряти відстань до об'єкта з м'якою поверхнею (тканина) точність знизилася через поглинання звукової хвилі матеріалом. Також підтверджено наявність "мертвої зони" до 3 см, де приймач не встигає переключитися після випромінювання імпульсу.

- HC-SR501 (PIR):

Встановлено залежність чутливості від кута переміщення об'єкта. Датчик демонструє максимальну чутливість при русі об'єкта тангенціально (поперек променів лінзи Френеля) і значно меншу при русі радіально (на датчик). Час теплової релаксації сенсора після тривоги складає близько 2.5 секунд.

ВИСНОВКИ

У рамках виконання курсового проєкту проведено комплексне дослідження апаратної та програмної складових автономної охоронної системи.

Підсумки роботи:

- Схемотехніка:

Успішно реалізовано узгодження різнорідних компонентів (I2C дисплей, дискретні сенсори) з мікроконтролером ATmega328P. Розрахунок струмообмежувальних резисторів забезпечив безпечний режим роботи портів вводу-виводу, а енергетичний аналіз підтвердив ефективність обраної схеми живлення.

- Фізика процесів:

Практично підтверджено теоретичні засади роботи п'єзоелектричних та піроелектричних перетворювачів. Виявлено вплив фізичних властивостей об'єктів (акустична густина, теплова сигнатура) на якість детекції.

- Програмна реалізація:

Розроблений алгоритм забезпечує коректну обробку часових інтервалів та їх конвертацію у фізичні величини. Використання апаратних таймерів дозволило досягти стабільної генерації звукового сигналу без переривання процесу моніторингу.

Практична цінність:

Створений макет може використовуватися як лабораторний стенд для вивчення основ сенсорики та інтерфейсів передачі даних у вбудованих системах. Отримані результати дають підґрунтя для переходу від макетування до проектування промислового зразка на друкованій платі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Галкін В. І. *Промислова електроніка та мікросхемотехніка*. Київ: Вища школа, 2017. — 320 с.
- Тітце У., Шенк К. *Напівпровідникова схемотехніка*. Том 1. Москва: Мир, 2008. — 832 с.
- Datasheet ATmega328P [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.microchip.com.

- Datasheet HC-SR04 Ultrasonic Ranging Module [Електронний ресурс].
- Блум Д. *Вивчаємо Arduino: інструменти та методи*. Київ: БХВ, 2016.
- *I2C-bus specification and user manual*. NXP Semiconductors, 2014.

ДОДАТОК 1

Принципова електрична схема підключення компонентів на базі Arduino Uno

