

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

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

на тему:

«Організація дистанційної передачі на модулі зв'язку 2.4 GHz даних датчика температури і вологості на екран OLED-дисплея з використанням плати Arduino.»

Виконав студент групи ІП-42

Ілля ХАРИНА

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

Харині Іллі Олеговичу

(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)

Ілля ХАРИНА

(імя та прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Остап ЮНАК

(імя та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ	5
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	8
3 АПАРАТНА ЧАСТИНА	10
4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА	13
5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	22
ВИСНОВКИ	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	26
ДОДАТКИ	27

ВСТУП

Мета роботи:

Спроекувати відповідно до заданої теми апаратно-програмний пристрій на основі Arduino, який виконує визначений перелік функцій, а також підготувати звіт із технічною та конструкторською документацією й інструкцією з користування.

Актуальність:

Актуальність даної курсової роботи зумовлена зростаючою потребою в поєднанні апаратних і програмних засобів у сучасних інженерних розробках, а також підвищенням значення мікроконтролерних платформ як у навчанні, так і в промисловості.

● Технологічна та Інженерна Актуальність

- **Поширеність IoT (Internet of Things):** Сучасні системи автоматизації, моніторингу та керування базуються на компактних, економічних і енергоефективних пристроях. Платформа Arduino широко застосовується для швидкого прототипування апаратно-програмних систем і відповідає сучасним тенденціям розвитку Інтернету речей;
- **Демократизація процесу розробки:** Arduino як відкрита апаратно-програмна платформа знижує поріг входу для інженерів-початківців і сприяє розробці інноваційних рішень, дозволяючи зосередитися на функціональності проекту без складного низькорівневого програмування;
- **Міждисциплінарність:** Розробка апаратно-програмного пристрою передбачає поєднання знань з електроніки, програмування мікроконтролерів та основ керування, що

забезпечує формування комплексних інженерних навичок, затребуваних у галузях автоматизації та вбудованих систем.

- **Прикладна та Практична Актуальність**

- **Реалізація практичного завдання:** Робота передбачає створення функціонального фізичного прототипу, що демонструє застосування теоретичних знань для розв'язання практичних інженерних задач;
- **Економічна доцільність:** Використання платформи Arduino дозволяє реалізувати працездатний пристрій із мінімальними витратами на компоненти та час розробки;
- **Перспективи подальшого розвитку:** Розроблений прототип може бути основою для подальшої модернізації, масштабування або переходу на промислові мікроконтролерні рішення.

Таким чином, проектування апаратно-програмного пристрою на базі Arduino є актуальним, економічно виправданим та практично цінним дослідженням, яке поєднує освоєння сучасних технічних засобів із формуванням ключових інженерних навичок.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ

1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino

Arduino - це відкрита (open-source) платформа, призначена для розробки та прототипування електронних пристроїв, яка поєднує просте у використанні апаратне забезпечення та програмні засоби.

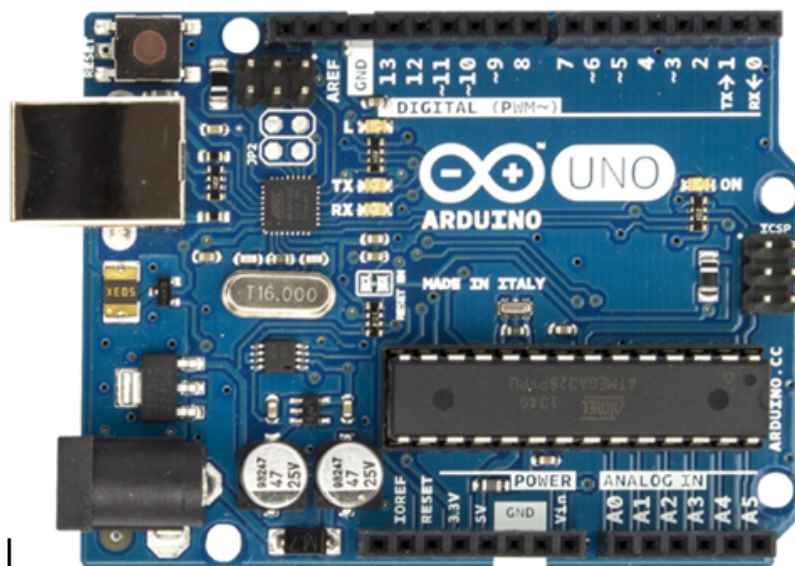


Рис. 1.1 Вигляд плати Arduino з мікроконтролером ATmega328P2

Історія створення:

Платформа Arduino була створена у 2005 році в Інституті проектування взаємодії Interaction Design Institute Ivrea (м. Івреа, Італія). Засновниками проекту стали Массімо Банці, Девід Куартільєс, Том Іго, Джанлука Мартіно та Девід Мелліс. Основною метою розробки було створення доступного та простого у використанні інструмента для студентів, призначеного для розробки інтерактивних електронних пристроїв без необхідності глибоких знань з електроніки та схемотехніки.

Обґрунтування вибору платформи:

Для виконання даної курсової роботи було обрано плату Arduino Uno R3, що базується на мікроконтролері ATmega328P2. Широке поширення цієї моделі пояснюється низкою переваг, а саме:

- **Доступність** — невисока вартість плати та електронних компонентів;

- **Кросплатформеність** — середовище розробки Arduino IDE підтримує операційні системи Windows, macOS та Linux;
- **Простота використання** — програмування здійснюється через USB-інтерфейс без застосування додаткових зовнішніх програматорів;

1.2 Мова програмування C++ та середовище Arduino IDE

Програмування мікроконтролера Arduino здійснюється мовою C++ у середовищі **Arduino IDE**, яке використовує спрощений фреймворк **Wiring**. Застосування фреймворку дозволяє швидко реалізувати програмну логіку без необхідності низькорівневого керування апаратними ресурсами.

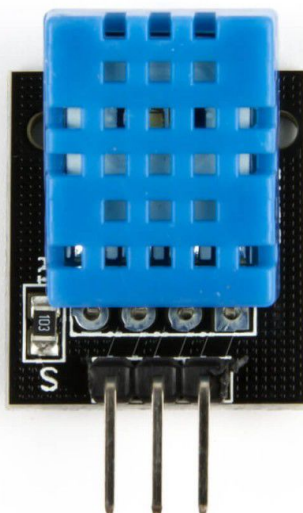
Мова C++ у системах Arduino забезпечує ефективну роботу з пам'яттю та апаратними регістрами мікроконтролера, зберігаючи зрозумілу структуру коду.

Програма для Arduino, яка називається *скетчем*, обов'язково містить дві функції: **setup()**, що виконується один раз під час запуску для ініціалізації апаратних модулів, та **loop()**, у якій реалізується основний алгоритм роботи пристрою.

1.3 Принципи роботи використаних сенсорів

Датчик температури та вологості DHT11 Робота датчика DHT11 базується на вимірюванні температури та відносної вологості повітря за допомогою вбудованих сенсорів. Вологість визначається гігроскопічним резистивним елементом, а температура — термістором. Отримані дані обробляються внутрішнім мікроконтролером і передаються у цифровому вигляді, що спрощує інтеграцію датчика в мікроконтролерні системи.

Рис 1.3.1 Вигляд датчику температури та вологості DHT11



Модуль бездротового зв'язку NRF24L01. Модуль призначений для бездротового обміну цифровими даними між електронними пристроями в діапазоні 2,4 ГГц. Він містить вбудований радіотрансивер, що забезпечує передачу та прийом інформації, а взаємодія з мікроконтролером здійснюється через інтерфейс SPI. Модуль підтримує адресацію та контроль переданих даних, що забезпечує стабільність і надійність зв'язку. Завдяки малим габаритам і низькому енергоспоживанню NRF24L01 широко використовується у вбудованих та IoT-системах.

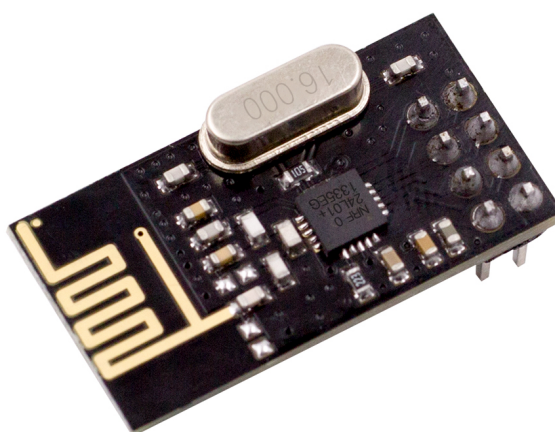


Рис 1.3.2 Вигляд модуля зв'язку NRF24L01

OLED-дисплей 0,96" (128×64, I2C) використовується для відображення текстової та графічної інформації в мікроконтролерних системах. Робота дисплея базується на технології OLED, за якої кожен піксель є самосвітним, що забезпечує високий контраст зображення та низьке енергоспоживання без використання підсвітки. Дисплей має роздільну здатність 128×64 пікселі та керується через інтерфейс I2C, який використовує лише дві сигнальні лінії, що спрощує підключення й інтеграцію з мікроконтролером.

Рис 1.3.2 Вигляд OLED-дисплей 0.96" (I2C, 128×64)



2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

2.1 Назва роботи

Розробка та виготовлення пристрою бездротової передачі даних про температуру та відносну вологість повітря, отриманих з датчика DHT11, з використанням модуля радіозв'язку NRF24L01 (2,4 ГГц) з подальшим відображенням інформації на OLED-дисплеї, реалізованого на базі платформи Arduino.

2.2 Мета роботи

Проектування та реалізація пристрою бездротової передачі показників температури та вологості, зчитаних із датчика DHT11, за допомогою модуля зв'язку NRF24L01 (2,4 ГГц) з відображенням інформації на OLED-дисплеї на базі платформи Arduino.

2.3 Завдання

- Ознайомитися з методичними вказівками та інструкцією до виконання практичної роботи;
- Вивчити принципову електричну схему охоронного пристрою, реалізованого на базі плати Arduino Uno;
- Виконати складання цифрової схеми охоронного пристрою на монтажній платі відповідно до розробленої принципової схеми;
- Розробити та завантажити програмний скетч для забезпечення коректної роботи пристрою на платформі Arduino Uno.

2.4 Технічні вимоги

- 5 В постійного струму;
- Breadboard (безпайкова макетна плата);
- LED-дисплей 0.96" (I2C, 128×64);
- Arduino Uno R3;

- DHT11;
- NRF24L01;
- Резистори 220 Ом;
- З'єднувальні провідники типу «тато-тато» та «тато-мама».

2.5 Очікуваний результат

Організація бездротового обміну інформацією у розробленій системі здійснюється з використанням модуля радіозв'язку NRF24L01, який функціонує у частотному діапазоні 2,4 ГГц. Датчик температури та відносної вологості DHT11, підключений до плати Arduino, забезпечує періодичне зчитування параметрів навколишнього середовища з подальшою передачею отриманих даних до мікроконтролера. На основі прийнятих вимірювань мікроконтролер формує структурований цифровий пакет, який передається на модуль бездротового зв'язку за допомогою апаратного інтерфейсу SPI. Приймальний вузол системи, оснащений аналогічним радіомодулем, приймає передану інформацію, виконує її обробку та здійснює відображення поточних значень температури і вологості на OLED-дисплеї в режимі реального часу. Застосований підхід дозволяє забезпечити надійну дистанційну передачу вимірювальних даних і їх зручну візуалізацію без необхідності використання дротових ліній зв'язку.

3 АПАРАТНА ЧАСТИНА

3.1 Підбір BOM

BOM (Bill of Materials) - це перелік матеріалів, вузлів і компонентів, необхідних для складання електронного пристрою або виготовлення виробу. Зазвичай BOM оформлюється у вигляді таблиці, що містить повну номенклатуру деталей, які використовуються у процесі реалізації проєкту.

Таблиця 3.1.1 Перелік необхідних компонентів

№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
1	Arduino Uno	1	A1 / A2	Мікроконтролер ATmega328P	Основна плата керування
2	Плата breadboard	1	-	830 точок, безпайкова	Безпайна плата для створення конструкції
3	NRF24L01	1	U1\U3	2.4 ГГц RF модуль	VDD, VDD_PA → 3.3V, GND(VSS) → GND, MOSI → D11, MISO → D12, SCK → D13, CSN → D10, CE → D9, IRQ → не

№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
					підключени й
4	DHT11	1	U2	Датчик температури та вологості	VDD → 5V, DATA → A1, GND → GND
5	OLED-дисплей 0.96"	1	DS1	128×64, I2C	VCC → 5V, GND → GND, SDA → A4, SCL → A5
9	Резистори	2	R1, R2	220 Ом, 0.25 Вт	Обмеження струму LED
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	DHT11	VCC	5V	Живлення датчика
		DATA	Digital Pin 2	Лінія передачі даних
		GND	GND	Земля
2		VCC	3.3V	Живлення

№	Компонент	Вивід компонента	З'єднано з піном Arduino	Примітка / Функція
	NRF24L01	CE	Digital Pin 9	Увімкнення модуля
		CSN	Digital Pin 10	Вибір SPI-пристрою
		MOSI	Digital Pin 11	SPI — передача даних
		MISO	Digital Pin 12	SPI — прийом даних
		SCK	Digital Pin 13	SPI — тактовий сигнал
		GND	GND	Земля
3	OLED 0.96" (I2C)	GND	GND	Земля
		VCC	5V	Живлення
		SCL	Pin A5 (SCL)	Лінія тактування I2C
		SDA	Pin A4 (або SDA)	Шина даних I2C

4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

Програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino Uno було розроблено з використанням інтегрованого середовища програмування Arduino IDE. Реалізація алгоритмів здійснювалася мовою програмування C++ із застосуванням стандартних бібліотек Arduino, а також спеціалізованих бібліотек для роботи з радіомодулями, сенсорами та графічним дисплеєм.

Використані бібліотеки:

Для передавального вузла:

- SPI.h — реалізація обміну даними по інтерфейсу SPI;
- nRF24L01.h, RF24.h — керування модулем бездротового зв'язку NRF24L01;
- DHT.h — зчитування значень температури та вологості з датчика DHT11.

Для приймального вузла:

- SPI.h — забезпечення обміну даними по SPI;
- nRF24L01.h, RF24.h — приймання інформації через радіоканал;
- Wire.h — робота з інтерфейсом I2C;
- Adafruit_GFX.h, Adafruit_SSD1306.h — керування OLED-дисплеєм з роздільною здатністю 128×64 пікселі.

Опис структури програми:

Програмне забезпечення має модульну структуру та складається з трьох основних блоків:

1. підключення необхідних бібліотек і оголошення глобальних змінних;
2. ініціалізація апаратних компонентів у функції `setup()`;
3. виконання основного алгоритму роботи у циклі `loop()`.

Опис програмної частини передавача

1. Оголошення змінних та констант

Для підключення датчика температури та вологості задано номер цифрового входу `DHTPIN = 2`, а також визначено тип сенсора `DHT11`.

Для взаємодії з модулем `NRF24L01` створюється об'єкт:

```
RF24 radio(9, 10)
```

де 9 — вивід CE, 10 — CSN.

Оголошено структуру `DataPacket`, що містить поля:

- `temperature` — значення температури повітря;
- `humidity` — значення відносної вологості.

Дана структура використовується для формування та передачі пакета даних по бездротовому каналу.

2. Ініціалізація системи (`setup()`)

Під час старту програми:

- ініціалізується послідовний інтерфейс для виведення службової інформації;
- запускається робота датчика `DHT11`;
- виконується ініціалізація модуля `NRF24L01`;
- задається адреса каналу обміну;
- модуль переводиться в режим передавання даних (`stopListening()`).

3. Основний цикл роботи (loop())

У циклічному режимі виконуються наступні дії:

- зчитування показників температури та вологості з датчика DHT11;
- перевірка коректності отриманих даних;
- запис вимірювань у структуру DataPacket;
- передавання пакета по бездротовому каналу;
- виведення значень у Serial Monitor;
- затримка виконання на 2 секунди для стабілізації вимірювань.

Опис програмної частини (приймач)

1. Оголошення констант і змінних

Для OLED-дисплея встановлюється роздільна здатність 128×64 пікселі та I2C-адреса 0x3C. Модуль NRF24L01 використовує той самий канал зв'язку та адресу, що й у передавачі. Для приймання інформації застосовується структура DataPacket, аналогічна тій, що використовується у передавальному вузлі.

2. Ініціалізація (setup())

Під час запуску:

- ініціалізується OLED-дисплей;
- налаштовуються параметри відображення тексту;
- запускається радіомодуль NRF24L01;
- модуль переводиться в режим приймання даних (**startListening()**).

3. Основний цикл роботи (loop())

У процесі виконання програми:

1. Перевіряється наявність прийнятих даних; Зчитується структура DataPacket;
2. Очищується екран дисплея;
3. На OLED-дисплей виводиться назва системи та поточні значення температури і вологості;
4. Інформація дублюється у Serial Monitor для контролю коректності роботи.

Загальний алгоритм роботи системи

1. Датчик DHT11 виконує вимірювання температури та вологості повітря.
2. Arduino-передавач формує та передає дані через модуль NRF24L01.
3. Arduino-приймач приймає інформацію по бездротовому каналу.
4. Отримані значення відображаються на OLED-дисплеї у режимі реального часу.

4.1 Код програми

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <DHT.h>

static const uint8_t PIN_DHT = 2;
static const uint8_t TYPE_DHT = DHT11;
```

```
static const uint8_t PIN_CE = 9;
static const uint8_t PIN_CSN = 10;
static const byte PIPE_ID[6] = "00001";
```

```
RF24 nrf(PIN_CE, PIN_CSN);
DHT sensor(PIN_DHT, TYPE_DHT);
```

```
struct SensorFrame {
    float tC;
    float rh;
};
```

```
static SensorFrame frame;
```

```
static bool readDht(SensorFrame &out) {
    out.rh = sensor.readHumidity();
    out.tC = sensor.readTemperature();

    if (isnan(out.rh) || isnan(out.tC)) {
        return false;
    }
    return true;
}
```

```
static void printFrame(const SensorFrame &in) {
    Serial.print("Temp: ");
    Serial.print(in.tC);
    Serial.print(" °C | Hum: ");
```

```
Serial.print(in.rh);  
Serial.println(" %");  
}  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  sensor.begin();  
  
  nrf.begin();  
  nrf.openWritingPipe(PIPE_ID);  
  nrf.setPALevel(RF24_PA_LOW);  
  nrf.stopListening(); // режим передавача  
}  
  
void loop() {  
  if (!readDht(frame)) {  
    Serial.println("Помилка зчитування DHT11");  
    delay(2000);  
    return;  
  }  
  
  nrf.write(&frame, sizeof(frame));  
  
  printFrame(frame);  
  
  delay(2000);  
}
```

```

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

static const uint8_t OLED_W = 128;
static const uint8_t OLED_H = 64;
static const uint8_t OLED_ADDR = 0x3C;

Adafruit_SSD1306 oled(OLED_W, OLED_H, &Wire, -1);

static const uint8_t PIN_CE = 9;
static const uint8_t PIN_CSN = 10;
static const byte PIPE_ID[6] = "00001";

RF24 nrf(PIN_CE, PIN_CSN);

struct SensorFrame {
    float tC;
    float rh;
};

static SensorFrame frame;

static void drawOnOled(const SensorFrame &in) {

```

```
oled.clearDisplay();
oled.setCursor(0, 0);
oled.println("Wireless Monitor");

oled.setCursor(0, 20);
oled.print("Temp: ");
oled.print(in.tC);
oled.println(" C");

oled.setCursor(0, 35);
oled.print("Hum: ");
oled.print(in.rh);
oled.println(" %");

oled.display();
}

static void printToSerial(const SensorFrame &in) {
    Serial.print("Temp: ");
    Serial.print(in.tC);
    Serial.print(" | Hum: ");
    Serial.println(in.rh);
}

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR);
```

```
oled.clearDisplay();  
oled.setTextSize(1);  
oled.setTextColor(SSD1306_WHITE);  
oled.setCursor(0, 0);  
oled.println("Receiver start...");  
oled.display();
```

```
nrf.begin();  
nrf.openReadingPipe(0, PIPE_ID);  
nrf.setPALevel(RF24_PA_LOW);  
nrf.startListening(); // режим приемача  
}
```

```
void loop() {  
  if (!nrf.available()) return;  
  nrf.read(&frame, sizeof(frame));  
  drawOnOled(frame);  
  printToSerial(frame);  
}
```

ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Перевірка функціонування створеного пристрою бездротового контролю температури та вологості виконувалася у два послідовні етапи:

перевірка правильності монтажу апаратної частини та експериментальне тестування програмного забезпечення із передачею даних по радіоканалу.

Процедура тестування

Після завершення підготовчих дій плати Arduino Uno було підключено до персонального комп'ютера за допомогою USB-інтерфейсу. Далі виконано компіляцію та завантаження відповідних програмних скетчів у пам'ять мікроконтролерів передавального та приймального вузлів.

Тестування проводилося у два етапи.

1. Перевірка роботи передавального вузла

Після запуску програмного забезпечення мікроконтролер виконує ініціалізацію датчика DHT11 і модуля бездротового зв'язку NRF24L01.

З інтервалом приблизно дві секунди здійснюється зчитування значень температури та відносної вологості повітря. Отримані дані формуються у пакет і передаються по радіоканалу на приймальний пристрій.

Для контролю правильності роботи сенсора поточні значення температури та вологості виводяться у вікні Serial Monitor середовища Arduino IDE.

2. Перевірка роботи приймального вузла

Приймач переходить у режим прослуховування радіоканалу. При надходженні пакета даних значення температури та вологості приймаються, обробляються та виводяться на OLED-дисплей діагоналлю 0,96" у режимі реального часу.

Додатково інформація дублюється у послідовному порту, що дозволяє здійснювати діагностику процесу приймання даних.

Результати тестування

У результаті експериментальної перевірки встановлено наступне:

- **Стабільність передачі даних:** бездротовий зв'язок між модулями NRF24L01 працює надійно, втрати пакетів у процесі тестування не зафіксовано;
- **Коректність вимірювань:** датчик DHT11 забезпечує достовірні значення температури та вологості в межах заявленої виробником похибки;
- **Візуалізація інформації:** відображення даних на OLED-дисплеї є чітким, оновлення відбувається без помітних затримок;
- **Стабільність функціонування:** програмне забезпечення працює без збоїв та зависань під час тривалої безперервної роботи.

Висновки

Отримані результати підтверджують працездатність розробленої системи бездротового моніторингу температури та вологості. Забезпечено коректну взаємодію між датчиком DHT11, радіомодулями NRF24L01 та OLED-дисплеєм. Пристрій може бути використаний як повноцінний демонстраційний макет системи дистанційного контролю параметрів мікроклімату.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання курсової роботи було успішно спроектовано та реалізовано макет бездротової системи вимірювання температури та вологості на основі мікроконтролерної платформи Arduino Uno.

Апаратна реалізація

Опрацьовано принципи побудови розподілених вимірювальних систем з використанням цифрових сенсорів і бездротових засобів зв'язку. Реалізовано взаємодію датчика DHT11 з мікроконтролером Arduino та організовано радіоканал передавання даних за допомогою модулів NRF24L01. Застосування інтерфейсу I2C для підключення OLED-дисплея дало змогу оптимізувати використання виводів мікроконтролера.

Програмна реалізація

Розроблено програмний алгоритм мовою C++ із застосуванням спеціалізованих бібліотек (DHT, RF24, Adafruit_SSD1306, Wire). Програмне забезпечення забезпечує стабільне зчитування вимірювальних даних, їх бездротову передачу та відображення інформації на дисплеї в реальному часі.

Оцінка працездатності

Експериментальна перевірка підтвердила відповідність роботи пристрою вимогам технічного завдання. Система демонструє стабільну роботу в умовах тривалої експлуатації та забезпечує надійний обмін даними.

Навчальна цінність роботи

Під час виконання проєкту було закріплено практичні навички роботи з платформою Arduino, цифровими датчиками, бездротовими інтерфейсами SPI та I2C, а також отримано досвід налагодження і тестування вбудованих систем.

Перспективи подальшого розвитку

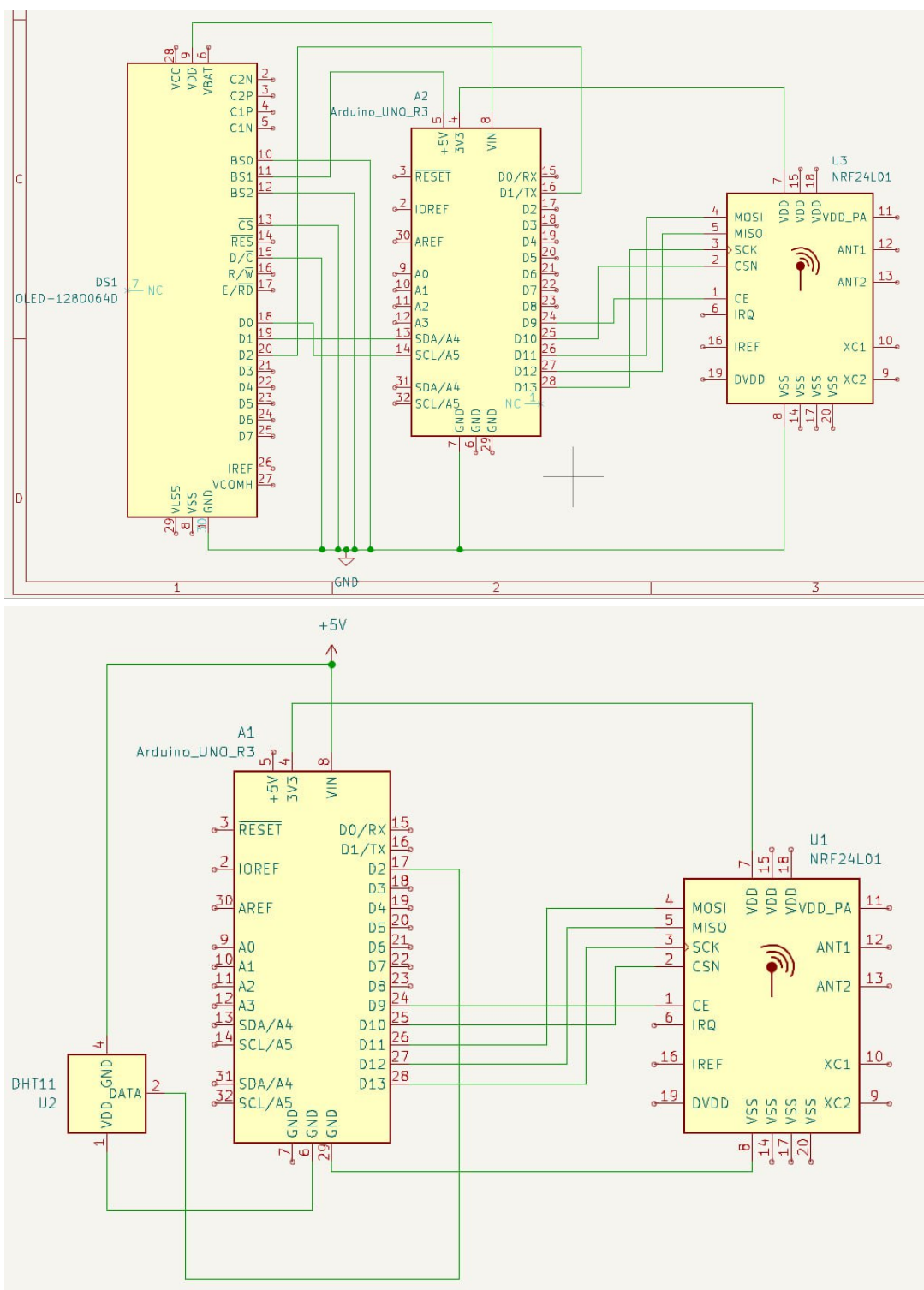
Розроблений пристрій є базовим прототипом і може бути модернізований у таких напрямках:

- інтеграція Wi-Fi або GSM-модулів для віддаленого доступу до даних;
- додавання збереження вимірювань на карту пам'яті SD;
- використання сенсорів з підвищеною точністю (DHT22, BME280);
- оптимізація енергоспоживання для автономної роботи;
- розробка друкованої плати (PCB) та захисного корпусу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- **Блум Д. Вивчаємо Arduino:** інструменти та методи технічного чарівництва / Джеремі Блум. — К.: БХВ, 2016. — 336 с.
- **Шилдт Г. C++:** 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, B.** 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 проєктування вбудованих систем, архітектура.*
- **Marr, B.** Internet of Things (IoT) in Business (2022). *Призначення: Концепції IoT, мережеві протоколи та стандарти для пристроїв.*

ДОДАТОК 1



Принципова електрична схема підключення

