

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

**КУРСОВИЙ ПРОЄКТ**

**на тему:**

«Виготовлення на платі Arduino сонячного трекера з цифровим  
вольтметром на LCD дисплеї із сервоприводом SG90 та фоторезистором  
GL5506.»

Виконав студент групи ІІІ-42

Давид 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 Давиду Олеговичу*

(прізвище, ім'я та по батькові)

з навчальної дисципліни: ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ INTERNET-РЕЧЕЙ

Студент групи: ІІІ-42

**1. Тема проєкту:** Виготовлення на платі Arduino сонячного трекера з цифровим вольтметром на LCD дисплеї із сервоприводом SG90 та фоторезистором GL5506.

**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 ВОР (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 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		

*Студент*

\_\_\_\_\_ ( підпис )

*Керівник проекту*

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Давид ХАРИНА**

\_\_\_\_\_ ( імя та прізвище )

**Остап ЮНАК**

\_\_\_\_\_ ( імя та прізвище )

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
<b>Технологічна та інженерна актуальність</b>	3
<b>Прикладна та практична актуальність</b>	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ	4
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	10
3 АПАРАТНА ЧАСТИНА	12
4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА	14
5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТ	18
6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	22

## ВСТУП

### **Мета роботи:**

Метою курсової роботи є розробка апаратно-програмного пристрою на базі платформи Arduino відповідно до заданої теми, який реалізує визначений набір функцій, а також підготовка звіту з техніко-конструкторською документацією та інструкцією з експлуатації розробленого пристрою.

### **Актуальність:**

Актуальність виконання даної курсової роботи зумовлена зростаючою потребою у поєднанні апаратних і програмних компонентів у сучасних інженерних системах, а також широким розповсюдженням мікроконтролерних платформ як у навчальному процесі, так і в промислових застосуваннях.

### **Технологічна та інженерна актуальність**

#### **- Розвиток IoT (Internet of Things).**

Сучасні системи автоматизації, моніторингу та керування дедалі частіше базуються на компактних, енергоефективних і доступних пристроях. Платформа Arduino на сьогодні є універсальним інструментом для швидкого створення прототипів та інтерактивних пристроїв, що повністю відповідає актуальним світовим тенденціям розвитку IoT-технологій.

#### **- Доступність розробки.**

Arduino як відкрита (Open-Source) платформа значно спрощує процес створення пристроїв, особливо для початківців, дозволяючи зосередитися безпосередньо на реалізації функціональних можливостей, не заглиблюючись у складні апаратні рішення чи низькорівневе програмування. Це сприяє активному розвитку та впровадженню нових інженерних ідей.

#### **- Міждисциплінарність.**

Розробка апаратно-програмного комплексу передбачає використання знань з електроніки, програмування мікроконтролерів мовами C/C++, теорії керування та створення інтерфейсів користувача. Такий підхід забезпечує формування широкого спектра

інженерних компетентностей, необхідних у галузях автоматизації, робототехніки та вбудованих систем.

### **Прикладна та практична актуальність**

#### **- Розв'язання конкретного інженерного завдання.**

У межах курсової роботи створюється реальний фізичний прототип пристрою, який здійснює моніторинг заданих параметрів, автоматизоване керування процесами та збір даних. Це підтверджує можливість ефективного застосування теоретичних знань у практичних умовах.

#### **- Економічна доцільність:**

Застосування платформи Arduino дозволяє реалізувати функціональну систему з мінімальними витратами часу та фінансових ресурсів, що є особливо актуальним для освітніх проєктів, стартапів і експериментальних розробок.

#### **- Перспективи подальшого розвитку:**

Розроблений прототип може бути легко масштабований, модернізований або адаптований для використання на промислових мікроконтролерних платформах. Це створює надійне підґрунтя для подальших наукових досліджень, зокрема дипломних робіт, а також для практичного впровадження розробки.

Отже, розробка апаратно-програмної системи на основі платформи Arduino є сучасним, економічно ефективним і практично спрямованим дослідженням, яке забезпечує опанування актуальних апаратних технологій та формування основних інженерних компетентностей.

## **1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ**

### **1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino**

Arduino є відкритою платформою, призначеною для створення електронних прототипів, яка поєднує в собі апаратну частину у вигляді

друкованої плати з мікроконтролером та програмне середовище Arduino IDE, що використовується для написання, компіляції та завантаження програмного коду на пристрій.

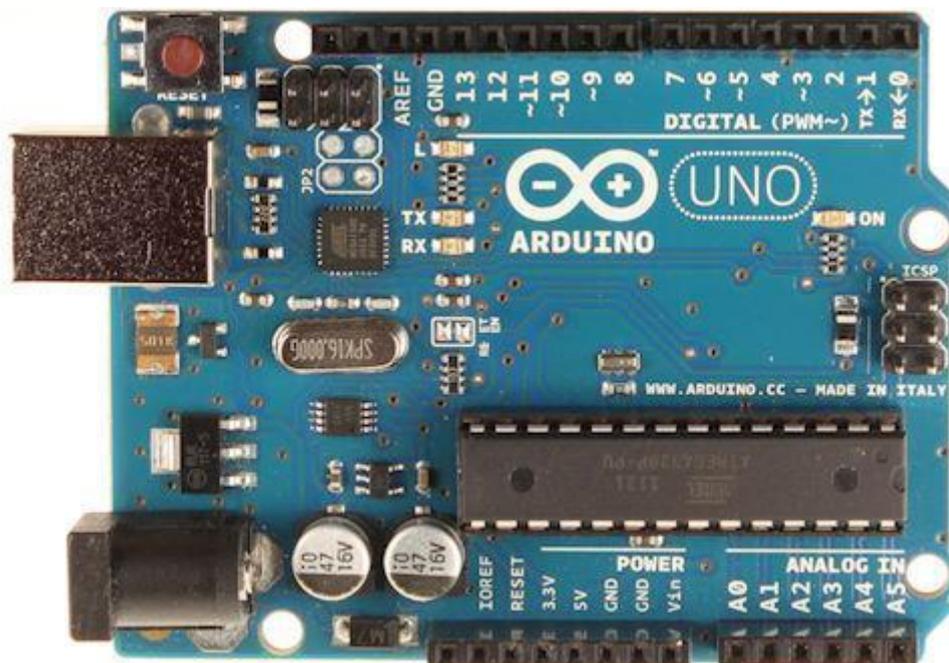


Рис. 1.1 Вигляд плати Arduino з мікроконтролером ATmega328P2

## Історія створення

Платформа Arduino була розроблена у 2005 році в Італії групою інженерів, серед яких Массімо Банці, Девід Мелліс, Том Іго та інші. Основною метою створення платформи було забезпечення студентів простим, доступним і недорогим засобом для проєктування та реалізації інтерактивних електронних систем.

## Переваги використання Arduino Uno R3 у роботі:

- Низька вартість і широка доступність компонентів;
- Підтримка різних операційних систем;
- Можливість програмування та підключення через USB без застосування зовнішнього програматора;
- Відкрита апаратна архітектура та наявність великої кількості сумісних модулів і розширень.

## 1.2 Програмування на C++ та Arduino IDE

Для розробки програмного забезпечення використовується мова C++, а середовищем розробки є Arduino IDE, яке побудоване на фреймворку Wiring. Застосування даного фреймворку спрощує процес взаємодії з мікроконтролером завдяки використанню готових бібліотек і інструментів, що суттєво скорочує час розробки програм.

Мова C++ забезпечує ефективне керування ресурсами мікроконтролера та прямий доступ до апаратної частини пристрою, поєднуючи при цьому достатню гнучкість і зрозумілість для розробника.

Кожен проєкт на платформі Arduino містить дві основні функції:

- **setup()** - виконується один раз під час запуску пристрою та використовується для початкового налаштування обладнання;
- **loop()** - основний цикл програми, у якому безперервно реалізується логіка роботи пристрою.

## 1.3 Принципи роботи сенсорів

### Датчик руху HC-SR501 (PIR).

Пасивний інфрачервоний датчик фіксує зміни рівня теплового випромінювання в зоні спостереження. Усередині сенсора розташований піроелектричний елемент, який реагує на рух теплих об'єктів у межах зон, сформованих оптичною лінзою.

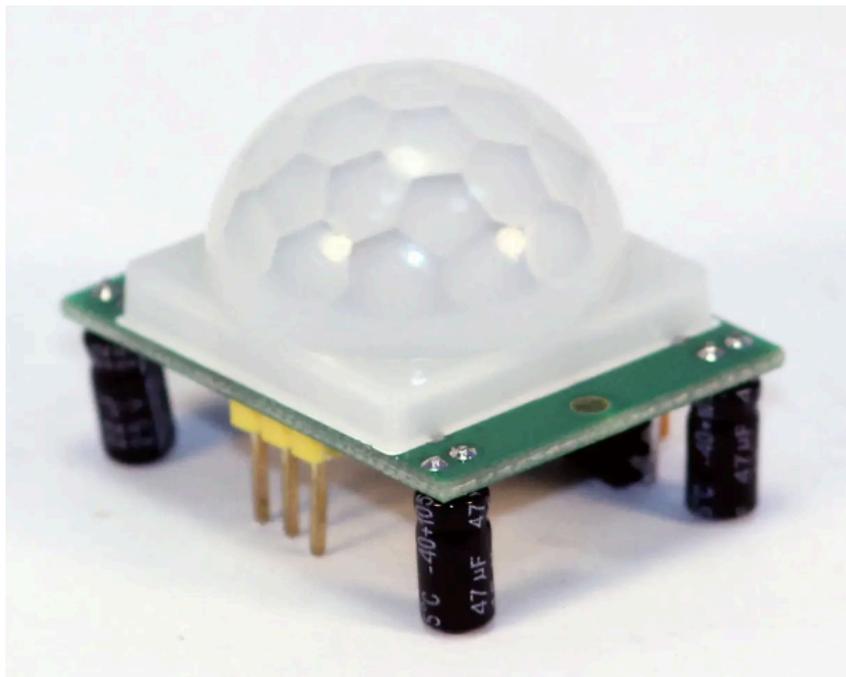


Рис 1.3.1 Вигляд датчику руху HC-SR501

### Ультразвуковий датчик HC-SR04

Ультразвуковий датчик працює за принципом визначення відстані шляхом вимірювання часу, за який ультразвуковий імпульс повертається після відбиття від перешкоди. Один перетворювач генерує та випромінює сигнал, тоді як інший приймає відбиту хвилю. На основі виміряного часу поширення сигналу мікроконтролер виконує розрахунок відстані до об'єкта.

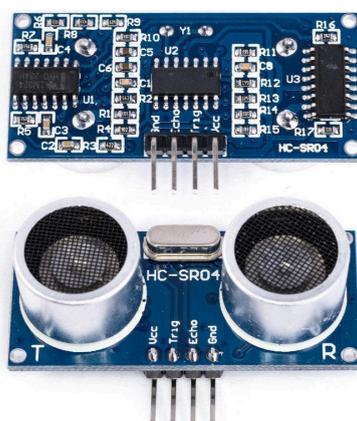


Рис 1.3.2 Вигляд датчику HC-SR04

## **LCD-дисплей 1602 з інтерфейсом I2C**

У даному проєкті для відображення текстової інформації та службових повідомлень використовується символний LCD-дисплей формату 1602, який забезпечує виведення 16 символів у кожному з двох рядків. З'єднання дисплея з мікроконтролером здійснюється за допомогою інтерфейсу I2C, що значно спрощує схему підключення та зменшує кількість задіяних виводів.

Застосування інтерфейсу I2C передбачає використання лише двох сигнальних ліній: SDA, призначеної для передачі даних, та SCL, яка забезпечує синхронізацію обміну. Така організація зв'язку робить електричну схему компактнішою та полегшує її подальше розширення, що особливо важливо за умов обмеженої кількості контактів мікроконтролера.

Крім того, інтерфейс I2C забезпечує стабільну та надійну передачу даних на невеликих відстанях і підтримує підключення кількох пристроїв до спільної шини з унікальними адресами. Це спрощує інтеграцію LCD-дисплея в систему та реалізацію програмного забезпечення. Використання спеціалізованих бібліотек для керування інтерфейсом I2C і LCD-дисплеями дозволяє швидко виводити інформацію та підвищує загальну надійність роботи пристрою.

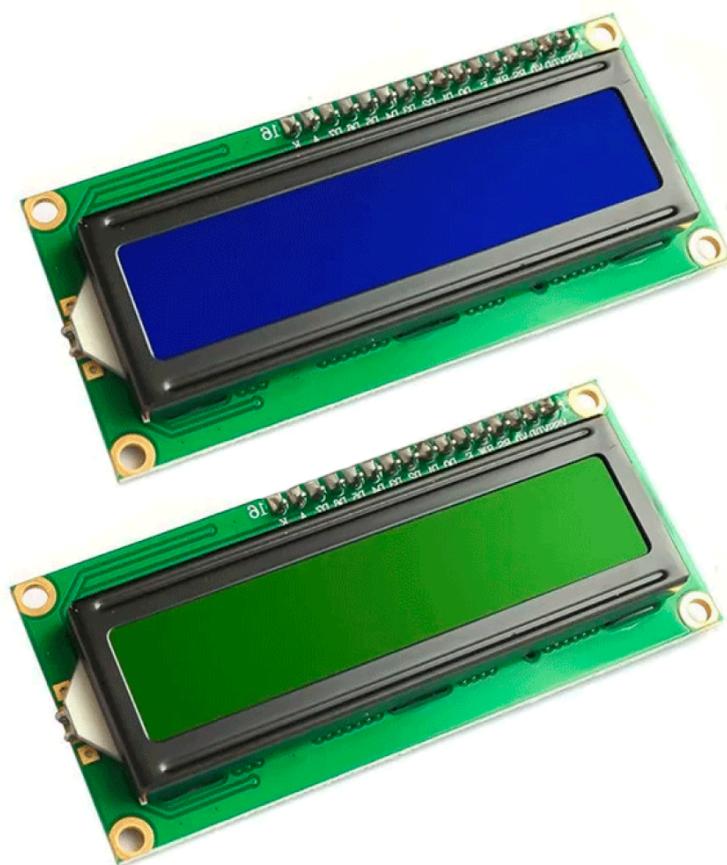


Рис 1.3.2 Вигляд рідкокристалічного дисплею (LCD 1602) з I2C

## 2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

### 2.1 Назва роботи

Виготовлення на платі Arduino сонячного трекера з цифровим вольтметром на LCD дисплеї із сервоприводом SG90 та фоторезистором GL5506.

### Мета роботи

Розробка сонячного трекера з цифровим вольтметром на LCD-дисплеї, який керується сервоприводом SG90 та фоторезистором GL5506 з метою забезпечення максимального збору енергії від сонячної панелі.

### 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;

### 2.2 Технічні вимоги

- 5 В постійного струму;
- Arduino Uno R3;
- Breadboard (безпайкова макетна плата);
- LCD дисплей 1602 з I2C модулем;
- Світлодіоди: Зелений, Червоний;
- HC-SR501;
- HC-SR04;
- Резистори 220 Ом;
- П'єзозумер - для звукового сигналу;

- З'єднувальні провідники типу «тато-тато» та «тато-мама»

### **2.3 Очікуваний результат**

У ході розробки апаратно-програмної системи на базі Arduino передбачається створення працездатного прототипу, який забезпечуватиме виконання функцій автоматизованого контролю та керування відповідно до вимог технічного завдання. Розроблена система повинна характеризуватися стабільною роботою, своєчасно реагувати на зміни зовнішніх умов і надавати користувачеві необхідну інформацію в режимі реального часу.

### 3 АПАРАТНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Підбір BOM

BOM (аббревіатура від Bill of Materials) - це перелік матеріалів і компонентів, необхідних для складання пристрою або виготовлення виробу, який зазвичай подається у вигляді таблиці з усіма елементами, потрібними для реалізації проекту.

Таблиця 3.1.1 Перелік необхідних компонентів

№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
1	Arduino Uno	1	U1	ATmega328P	Основний контролер
2	Breadboard	1	-	830 точок	Безпайковий монтаж
3	SG90 Servo	1	M1	0–180°	Поворот сонячної панелі
4	Фоторезистор GL5506	1	LDR1	10–20 кОм	Вимірювання освітленості
5	Резистор	1	R1	10 кОм	Дільник для LDR
6	LCD 1602 I2C	1	U2	16×2 символи	Відображення напруги
7	Провідники Dupont	20	-	Male-Male, Male-Female	З'єднання компонентів

Таблиця 3.1.2 Таблиця з'єднань пінів

№	Компонент	Вивід	З'єднано з Arduino	Примітка
1	LDR GL5506	Один контакт	5V	Живлення
		Інший контакт	A0 (через резистор 10 кОм)	Аналоговий сигнал
2	SG90 Servo	Жовтий	D9	Керування кутом
		Червоний	5V	Живлення
		Коричневий	GND	Земля
3	LCD 1602 I2C	SDA	A4	Дані I2C
		SCL	A5	Такт I2C
		VCC	5V	Живлення
		GND	GND	Земля

## 4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

Розробка програмного забезпечення для сонячного трекера здійснювалася у середовищі Arduino IDE. Для реалізації алгоритмів керування використовувалася мова програмування C++ із залученням стандартних бібліотек `Wire.h` та `LiquidCrystal_I2C.h` для роботи з LCD-дисплеєм, а також бібліотеки `Servo.h` для керування сервоприводом SG90.

Програмний код забезпечує безперервний контроль рівня освітленості за допомогою фоторезистора GL5506, визначає оптимальний кут повороту сервоприводу та відображає поточні параметри на дисплеї в режимі реального часу.

Структурно програма складається з трьох основних частин: підключення необхідних бібліотек і оголошення змінних, ініціалізації периферійних пристроїв та виконання основного циклу роботи програми.

### 4.1 Опис роботи

#### Підключення бібліотек та оголошення змінних

Для керування сервоприводом SG90 застосовується бібліотека `Servo.h`, яка надає можливість встановлювати точне значення кута повороту. LCD-дисплей підключається за допомогою інтерфейсу I2C, що дозволяє здійснювати обмін даними лише по двох сигнальних лініях - SDA та SCL, значно спрощуючи процес підключення.

#### Ініціалізація периферії

У функції `setup()` здійснюється ініціалізація LCD-дисплея та сервоприводу, а також виведення початкових повідомлень, що дозволяє користувачеві отримати інформацію про стан системи під час її ввімкнення.

### **Основний цикл виконання**

Функція `loop()` забезпечує безперервне виконання програми та реалізує основну логіку роботи системи. Її робота поділяється на кілька послідовних етапів:

#### **Зчитування значення освітленості:**

Фоторезистор підключений до аналогового входу A0, при цьому значення змінної `ldrValue` набуває значень у діапазоні від 0 до 1023 залежно від інтенсивності світлового потоку.

#### **Зчитування значення освітленості:**

Отримане значення освітленості за допомогою функції `map()` перетворюється у кут повороту сервоприводу в межах 0–180°, що дає змогу орієнтувати сонячну панель у напрямку максимальної освітленості.

#### **Обчислення напруги на панелі:**

На основі пропорційного співвідношення між аналоговим значенням та опорною напругою (5 В) здійснюється обчислення напруги на виході сонячної панелі.

#### **Вивід даних на LCD:**

На екран виводяться поточні значення освітленості та напруги у зручному для користувача вигляді.

#### **Затримка циклу:**

Для стабілізації показників і запобігання різким переміщенням сервоприводу використовується програмна затримка тривалістю 200 мс.

## 4.2 Код програми

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

LiquidCrystal_I2C display(0x27, 16, 2);

Servo trackerServo;

const int lightSensorPin = A0;
const int servoControlPin = 9;

int lightLevel = 0;
int angle = 90;

void setup() {
    display.init();
    display.backlight();

    trackerServo.attach(servoControlPin);
    trackerServo.write(angle);

    display.setCursor(0, 0);
    display.print("Solar Tracker");
    display.setCursor(0, 1);
    display.print("Initializing...");
    delay(2000);
}
```

```
    display.clear();
}

void loop() {

    lightLevel = analogRead(lightSensorPin);

    angle = map(lightLevel, 0, 1023, 0, 180);
    trackerServo.write(angle);

    float panelVoltage = (lightLevel / 1023.0) * 5.0;

    display.setCursor(0, 0);
    display.print("LDR: ");
    display.print(lightLevel);

    display.setCursor(0, 1);
    display.print("V: ");
    display.print(panelVoltage);
    display.print(" V  ");

    delay(200);
}
```

## 5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТ

Після завершення монтажу та програмної реалізації макета сонячного трекера було проведено комплексне тестування з метою оцінки коректності функціонування як апаратної частини, так і програмної логіки системи. Основним завданням випробувань було визначити точність реакції пристрою на зміну рівня освітленості та перевірити здатність системи стабільно орієнтувати сонячну панель у напрямку максимального світлового потоку протягом усього робочого циклу.

### 5.1 Перевірка роботи фоторезисторів

На початковому етапі було протестовано роботу двох фоторезисторів GL5506. Для цього датчики підключили до аналогових входів плати Arduino та виконали вимірювання рівня освітленості в різних умовах: при прямому освітленні, частковому затіненні та повній відсутності світла. Результати тестування показали, що обидва сенсори коректно змінюють свій опір залежно від інтенсивності освітлення, а показники, зчитані через монітор порту, є стабільними та не містять суттєвих шумів.

З метою додаткової перевірки між сенсорами створювалися контрастні умови, зокрема шляхом закриття одного з датчиків пальцем або спрямування світла ліхтарика на інший. У всіх випадках різниця виміряних значень визначалася точно, що забезпечувало можливість коректного прийняття керуючих рішень щодо положення сервоприводу.

### 5.2 Тестування сервопривода SG90

На наступному етапі було виконано перевірку роботи сервомеханізму. У програмному коді було задано обмеження кута повороту в межах від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , при цьому сервопривід мав плавно змінювати своє положення

залежно від різниці показників датчиків освітленості. Під час випробувань встановлено, що:

- сервопривід чітко та своєчасно реагує на зміни рівня освітлення;
- переміщення здійснюється плавно, без різких ривків;
- позиціонування є стабільним, а сервопривід повертається до заданого кута з точністю, достатньою для ефективного освітлення панелі;
- за умови однакових показників датчиків сервопривід утримує поточне положення без небажаних коливань.

Після наведення панелі на джерело світла було зафіксовано підвищення рівня напруги, що генерується сонячною панеллю, що свідчить про ефективність роботи системи відстеження.

### **5.3 Результати**

Результати проведених випробувань підтвердили, що макет сонячного трекера функціонує стабільно та з високою точністю. Усі апаратні компоненти працюють узгоджено без збоїв, а програмна складова забезпечує коректну реалізацію алгоритму керування. Розроблена система успішно виконує своє основне призначення — автоматично спрямовує панель у напрямку максимального освітлення, що сприяє підвищенню ефективності збору енергії.

## ВИСНОВОК

У процесі виконання курсового проєкту було спроектовано та реалізовано макет автоматизованої системи сонячного трека на базі мікроконтролерної платформи Arduino. Основною метою роботи було створення моделі, здатної в автоматичному режимі визначати напрямок максимальної освітленості та відповідно орієнтувати сонячну панель для досягнення найвищої ефективності перетворення сонячної енергії.

У ході роботи було проведено ґрунтовний аналіз принципів функціонування систем відстеження сонячного випромінювання, а також обґрунтовано вибір основних апаратних компонентів. Для реалізації проєкту були підібрані та використані фоторезистори GL5506, сервопривід SG90, символний LCD-дисплей 1602 з інтерфейсом I2C та плата Arduino Uno, що дало змогу створити повністю працездатну модель з оптимальними показниками точності та швидкодії.

Під час програмної реалізації було розроблено алгоритм, заснований на порівнянні рівнів освітленості, отриманих з двох фоторезисторів. Це забезпечило можливість автоматичного визначення різниці між показниками датчиків і, відповідно, корекцію положення сервоприводу для наведення сонячної панелі на джерело світла. Крім того, було реалізовано

відображення поточних параметрів роботи системи на LCD-дисплеї, що підвищує зручність моніторингу та контролю її стану.

Результати проведеного тестування підтвердили працездатність і надійність розробленої моделі. Система стабільно реагує на зміну рівня освітленості, забезпечує точне позиціонування панелі та демонструє ефективну орієнтацію у напрямку максимального світлового потоку. Також було встановлено, що застосування сонячного трекера дозволяє збільшити енерговіддачу порівняно з нерухомою панеллю, що підтверджує практичну доцільність обраного підходу.

Виконання курсового проєкту сприяло поглибленню знань у сфері мікроконтролерних систем, сенсорів і алгоритмів автоматичного керування, а також удосконаленню практичних навичок роботи з електронними компонентами та програмування мовою Arduino C/C++. Розроблений макет може бути використаний як навчальний зразок, основа для подальшого вдосконалення або прототип для створення більш складних реальних сонячних енергетичних систем.

Таким чином, усі поставлені в курсовій роботі завдання були успішно виконані, а отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу до побудови системи автоматичного відстеження сонячного світла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

**Петренко А. І.** Основи мікропроцесорної техніки та програмування мікроконтролерів: навчальний посібник / А. І. Петренко. — К.: Каравела, 2020. — 288 с.

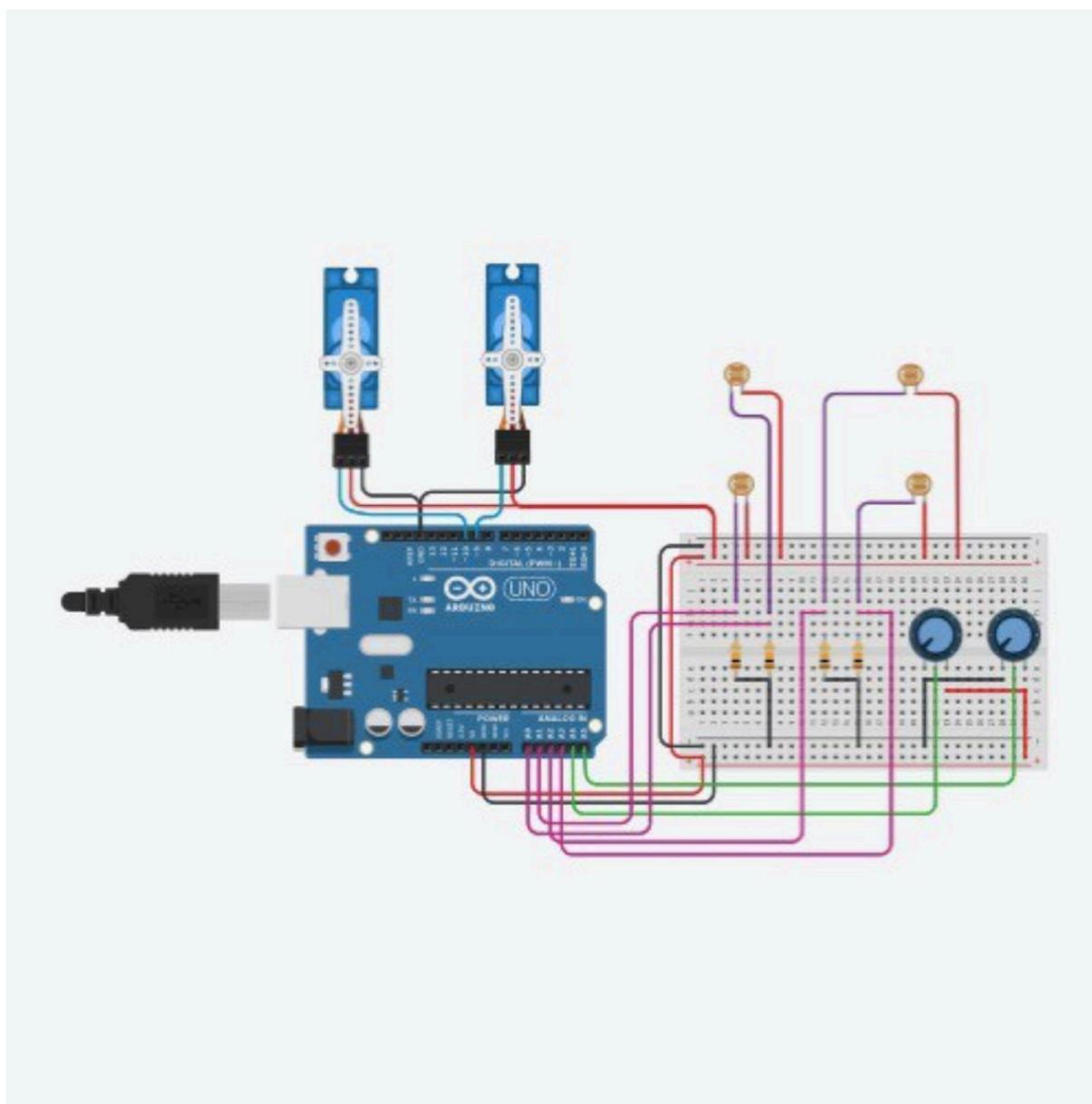
**Підбір електронних компонентів та приклади підключення.** — Режим доступу: <https://howtomechatronics.com>

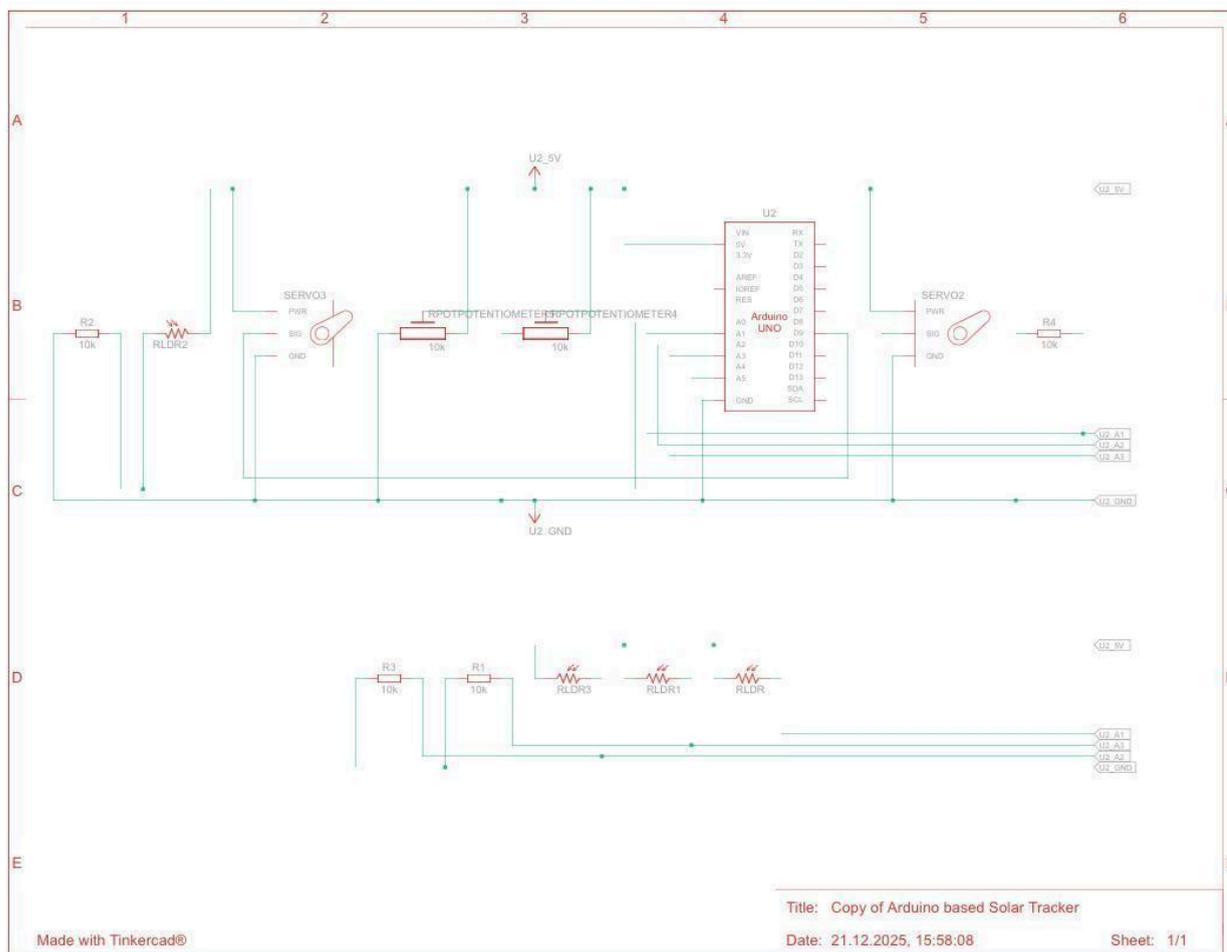
**Офіційна документація Arduino.** — Режим доступу: <https://www.arduino.cc>

**Шилдт Г. С++: базовий курс / Герберт Шилдт.** — 3-тє вид. — М.: Вільямс, 2019. — 624 с

**Коваленко С. Л.** Вступ до схемотехніки. — Харків: ХНУРЕ, 2021

## ДОДАТОК А





ДОДАТОК В