

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

на тему:

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

Виконав студент групи МТ-41

Стасів Юрій

Керівник проекту:

Остап ЮНАК

Курсовий проект перевірений

і допущений до захисту

“___” ____20__р.

Курсовий проект 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

<i>Стасіву Юрію Руслановичу</i>
(прізвище, ім'я та по батькові)

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

Студент групи: МТ-41

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: "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 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 безпального 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			Юрій СТАСІВ
	(підпис)		(імя та прізвище)
Керівник проекту			Остап ЮНАК
	(підпис)		(імя та прізвище)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ	5
2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	10
3. АПАРАТНА ЧАСТИНА	12
4. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА	16
5. ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	19
6. ВИСНОВКИ	22
7. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24
ДОДАТКИ	25

ВСТУП

Мета роботи: Розробити згідно запропонованої теми апаратно-програмний пристрій на базі Arduino, що реалізує заданий набір функцій та підготувати звіт з техніко-конструкторською документацією та інструкцією з експлуатації.

Актуальність теми дослідження

Актуальність даної курсової роботи зумовлена стрімким зростанням попиту на комплексні інженерні рішення, що передбачають глибоку інтеграцію апаратного та програмного забезпечення. У сучасному технічному середовищі мікроконтролерні платформи стають ключовим елементом як виробничих процесів, так і освітніх програм підготовки кваліфікованих кадрів.

1. Технологічний та інженерний аспект

- **1.1. Розвиток екосистеми IoT (Internet of Things).** Ефективність сучасних систем автоматизації, дистанційного моніторингу та управління безпосередньо залежить від наявності компактних та енергоефективних обчислювальних вузлів. Платформа Arduino зарекомендувала себе як стандарт де-факто для оперативного прототипування та створення інтерфейсів взаємодії з фізичним світом, що повністю узгоджується з глобальними трендами розвитку Інтернету речей.
- **1.2. Демократизація процесу розробки.** Використання відкритої архітектури (Open-Source) в екосистемі Arduino суттєво знижує поріг входження в індустрію для початківців та стимулює інноваційну діяльність. Такий підхід дозволяє розробникам зосередити увагу на архітектурі системи та її функціональних

можливостях, мінімізуючи витрати часу на вирішення низькорівневих апаратних проблем.

- **1.3. Міждисциплінарна інтеграція.** Проєктування апаратно-програмних комплексів вимагає синергії знань із суміжних галузей: цифрової електроніки, програмування мікроконтролерів (зокрема мовами C/C++), теорії автоматичного керування та розробки людино-машинних інтерфейсів. Робота над такими проєктами забезпечує формування комплексних інженерних компетенцій, критично необхідних для фахівців у сферах робототехніки, вбудованих систем та автоматизації.

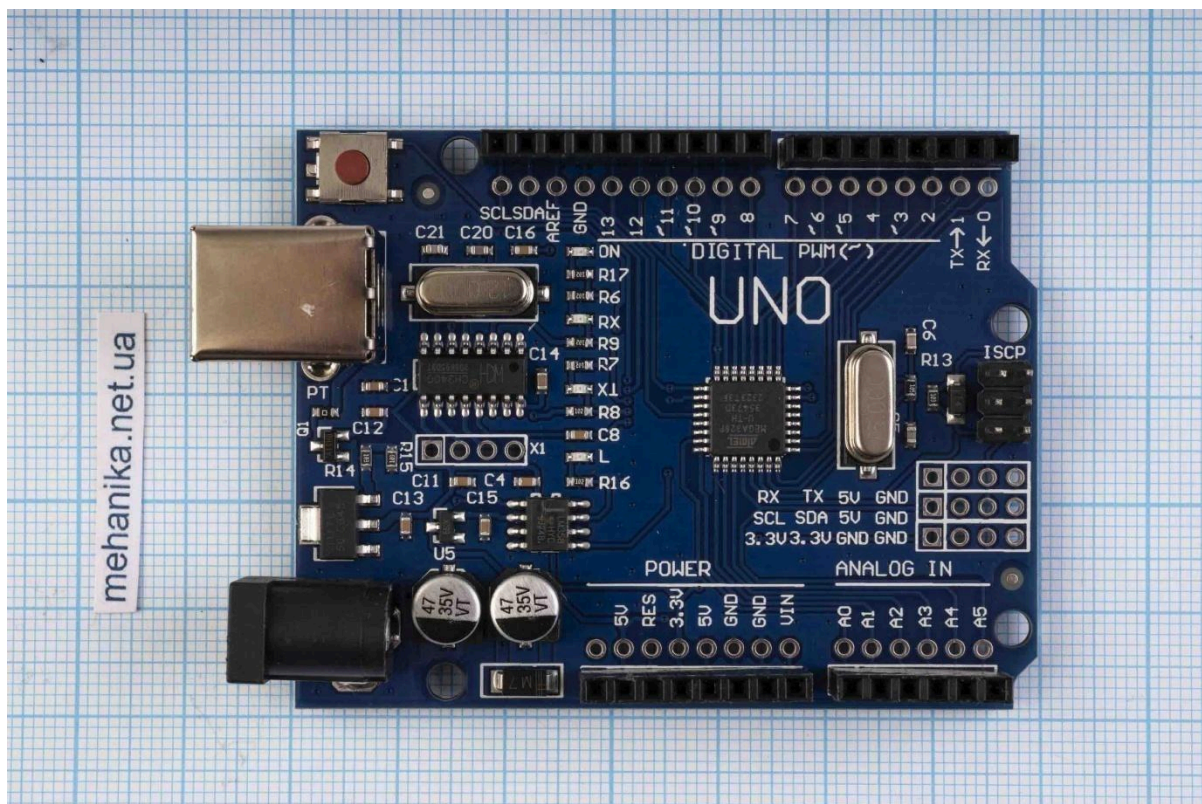
2. Прикладний та практичний вимір

- **2.1. Реалізація прикладних рішень.** Дана робота виходить за межі теоретичного дослідження і передбачає розробку діючого фізичного прототипу, здатного виконувати функції збору даних, моніторингу параметрів або автоматизованого управління. Це демонструє здатність імплементувати теоретичні знання у практичні інженерні конструкції.
- **2.2. Економічна ефективність.** Застосування платформи Arduino дозволяє досягти необхідного функціонала пристрою при мінімальних часових та матеріальних витратах. Це робить подібні рішення оптимальними для реалізації стартапів, освітніх проєктів та систем "розумного дому".
- **2.3. Потенціал масштабування.** Створений прототип виступає надійною базою для подальшої модернізації: від розширення функціонала до перенесення коду на промислові мікроконтролери. Це відкриває перспективи для подальших наукових досліджень у рамках дипломного проєктування або комерціалізації розробки.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ/АНАЛОГІВ

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

Рис. 1.1 Вигляд плати Arduino з мікроконтролером ATmega328P



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



створення інтерактивних проєктів, який би не вимагав глибоких знань у схемотехніці та програмуванні низького рівня.

Причини вибору платформи: Для даної курсової роботи обрано плату Arduino Uno R3, яка побудована на базі мікроконтролера ATmega328P. Її використання для створення сонячного трекера зумовлене наступними факторами:

Доступність: Низька вартість плати та компонентів;

Кросплатформеність: Середовище розробки працює на Windows, macOS та Linux;

Наявність АЦП: Вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) дозволяє легко зчитувати дані з фоторезисторів та вимірювати напругу;

Бібліотеки: Наявність готових бібліотек (Servo.h, LiquidCrystal_I2C.h) значно спрощує роботу з периферією.

1.2 Мова програмування C++ та середовище Arduino IDE

Програмування мікроконтролера здійснюється мовою C++.

Середовище розробки Arduino IDE використовує спеціальний спрощений діалект (фреймворк) під назвою Wiring. Фреймворк — це набір готових інструментів, бібліотек, шаблонів та правил, який надає структуру для створення програмного забезпечення, спрощуючи та прискорюючи процес розробки. У контексті даної роботи він дозволяє керувати сервоприводом та дисплеєм за допомогою високорівневих команд, не заглиблюючись у налаштування таймерів процесора. C++ — це універсальна мова програмування високого рівня. В контексті розробки під Arduino, C++ дозволяє ефективно обробляти математичні обчислення

(необхідні для вольтметра та логіки порівняння освітленості), зберігаючи при цьому швидкодію системи. Програма для Arduino називається «скетчем» (sketch) і має дві обов'язкові функції:

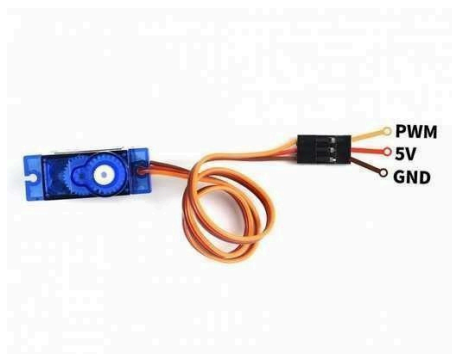
`setup()` — виконується один раз при запуску для ініціалізації сервоприводу та дисплея;

`loop()` — виконується циклічно, реалізуючи алгоритм стеження за світлом та вимірювання напруги.

1.3 Принципи роботи використаних компонентів

Сервопривід SG90. Це виконавчий механізм, який дозволяє точно керувати кутом повороту валу. Принцип дії сервоприводу базується на використанні широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Мікроконтролер посилає на сигнальний вхід приводу імпульси певної тривалості (зазвичай від 1 до 2 мс), які електроніка всередині сервомотора перетворює на кут повороту (від 0 до 180 градусів). Це дозволяє фізично орієнтувати сонячну панель у напрямку найяскравішого джерела світла.

Рис 1.3.1 Вигляд сервоприводу SG90



Фоторезистор GL5506. Принцип дії даного датчика базується на явищі фотопровідності напівпровідників. У темряві опір фоторезистора дуже високий (може досягати декількох мегаом), а при освітленні він різко падає (до декількох кілоом). У схемі сонячного трекера два таких фоторезистори використовуються у складі дільників напруги. Порівнюючи падіння напруги на лівому та правому датчиках, мікроконтролер визначає вектор напрямку на сонце.

Рис 1.3.2 Вигляд фоторезистора GL5506



Принцип цифрового вольтметра (Дільник напруги). Для вимірювання напруги, що перевищує 5 В (максимальна вхідна напруга для Arduino), використовується резистивний дільник напруги. Принцип його дії заснований на законі Ома для послідовного з'єднання провідників: вхідна напруга розподіляється між двома резисторами пропорційно їх опорам. Аналоговий вхід Arduino вимірює безпечну

напругу на нижньому плечі дільника, а програмний алгоритм перераховує це значення в реальну напругу джерела живлення.

Рідкокристалічний дисплей (LCD 1602) з I2C. Для візуалізації даних (кута повороту та напруги) використано символний дисплей.

Особливістю даної реалізації є використання адаптера I2C (Inter-Integrated Circuit). Цей послідовний протокол дозволяє передавати дані лише по двох сигнальних лініях (SDA та SCL), що звільняє цифрові піни мікроконтролера для інших задач та спрощує монтаж схеми на макетній платі.

Рис 1.3.3 Вигляд рідкокристалічного дисплею (LCD 1602) з I2C



2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Назва роботи

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

2. Мета роботи

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

3. Завдання

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

4. Технічні вимоги



- 5 В постійного струму (від USB-порту ПК або PowerBank/акумулятора типу «Крона» через перехідник).
- Arduino Uno R3 (на базі ATmega328P).
- Breadboard (безпайкова макетна плата).
- LCD дисплей 1602 з I2C модулем (для виводу текстових повідомлень).
- Світлодіоди: Зелений (режим очікування), Червоний (тривога).
- HC-SR501 (PIR датчик руху).
- HC-SR04 (Ультразвуковий далекомір).
- Резистори 220 Ом (для обмеження струму світлодіодів).
- П'єзозумер (активний buzzer) — для звукового сигналу.
- З'єднувальні провідники (джампери) типу «тато-тато» та «тато-мама».

5. Очікуваний результат

Працюючий прототип пристрою, який працює по принципу охоронного принципу.



3. АПАРАТНА ЧАСТИНА

Підбір BOM

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

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	Для монтажу схеми
3	Servo SG90	1	M1	Кут повороту 0–180°, 5V	Поворотний механізм платформи
4	Фоторезистор GL5506	2	LDR1, LDR2	Опір залежить від освітлення	Датчики світла (Лівий/Правий)



№	Назва компонента	Кількість	Позначення на схемі	Характеристики	Примітка
5	LCD 1602 (I2C)	1	DIS1	16x2 символів, I2C модуль	Відображення кута та напруги
6	Резистор	2	R1, R2	10 кОм	Підтягуючі резистори для LDR
7	Резистор	1	R3	30 кОм	Верхнє плече дільника напруги
8	Резистор	1	R4	7.5 кОм	Нижнє плече дільника напруги
9	Джерело живлення	1	BAT1	Батарея 9В або Сонячна панель	Об'єкт вимірювання вольтметром
10	Провідники	15	-	Male-Male, Male-Female	Комутація компонентів

Таблиця 3.1.2 Таблиця з'єднань пінів

№	Компонент	Вивід компонента	З'єднано з піном Arduino	Примітка / Функція
1	Servo SG90	Signal (Помаранчевий)	Digital Pin 9	ШИМ-сигнал керування
		VCC (Червоний)	5V	Живлення сервоприводу
		GND (Коричневий)	GND	Спільна земля
2	Фоторезистори	LDR1 (Лівий) + R1	Analog Pin A0	Дільник напруги (сигнал)
		LDR2 (Правий) + R2	Analog Pin A1	Дільник напруги (сигнал)
		Вільні виводи LDR	5V	Живлення датчиків



№	Компонент	Вивід компонента	З'єднано з піном Arduino	Примітка / Функція
3	Вольтметр	Точка з'єднання R3/R4	Analog Pin A2	Вхід вимірювання (0-5В)
		Вхід R3 (30к)	Джерело вимірювання (+)	"Плюсовий щуп"
		Вхід R4 (7.5к)	GND	Спільна земля
4	LCD 1602 (I2C)	SDA	Analog Pin A4 (або SDA)	Шина даних I2C
		SCL	Analog Pin A5 (або SCL)	Шина тактування I2C
		VCC / GND	5V / GND	Живлення дисплея

4. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера здійснювалася в інтегрованому середовищі розробки Arduino IDE . Мова програмування — C++ з використанням стандартних бібліотек Servo.h для керування приводом та LiquidCrystal_I2C.h для роботи з дисплеєм.

Алгоритм роботи пристрою полягає у постійному моніторингу різниці освітлення між двома фоторезисторами та коригуванні положення сервоприводу для досягнення балансу. Паралельно виконується зчитування напруги на аналоговому вході, її математичний перерахунок та вивід на екран.

Опис алгоритму роботи:

1. **Оголошення змінних:** Присвоєння пінів для сервоприводу (Pin 9), фоторезисторів (A0, A1) та вольтметра (A2). Введення змінної tolerance (гістерезис) для запобігання тремтінню сервоприводу при незначних змінах світла.
2. **Ініціалізація (setup):** Підключення сервоприводу, ініціалізація LCD дисплея, увімкнення підсвітки та вивід вітального повідомлення. Встановлення сервоприводу в початкове положення (90 градусів).
3. **Основний цикл (loop):**
 - Зчитуються аналогові значення з лівого та правого датчиків світла.
 - Обчислюється різниця значень. Якщо різниця перевищує поріг чутливості, кут сервоприводу змінюється в бік сильнішого джерела світла.
 - Зчитується значення з піна вольтметра (A2), перетворюється у вольти (0-5V), а потім, використовуючи коефіцієнт дільника напруги, розраховується реальна вхідна напруга.
 - Дані (кут повороту та напруга) виводяться на LCD дисплей.



Код програми

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

const int pinServo = 9;
const int pinLDRLeft = A0;
const int pinLDRRight = A1;
const int pinVolt = A2;

Servo myServo;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x20, 16, 2);

int angle = 90;
int tolerance = 20;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;

float R1 = 30000.0;
float R2 = 7500.0;

void setup() {
    myServo.attach(pinServo);
    myServo.write(angle);

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Solar Tracker");
    delay(1000);
    lcd.clear();
}

void loop() {
    int valLeft = analogRead(pinLDRLeft);
```



```
int valRight = analogRead(pinLDRRight);
int diff = valLeft - valRight;

if (abs(diff) > tolerance) {
    if (valLeft > valRight) {
        angle = angle - 1;
    } else {
        angle = angle + 1;
    }
}

if (angle > 180) angle = 180;
if (angle < 0) angle = 0;

myServo.write(angle);

int sensorValue = analogRead(pinVolt);
vout = (sensorValue * 5.0) / 1024.0;
vin = vout / (R2 / (R1 + R2));

if (vin < 0.1) vin = 0.0;

lcd.setCursor(0,
0);
lcd.print("Ang:");
lcd.print(angle);
lcd.print("  ");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Volt:");
lcd.print(vin);
lcd.print("V ");

delay(50);
}
```

5. ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Перевірка працездатності розробленого пристрою «Сонячний трекер із цифровим вольтметром» проводилася у два етапи: перевірка монтажу апаратної частини та функціональне тестування програмного забезпечення.

1. Підготовка до тестування Перед подачею живлення було проведено візуальний огляд макетної плати для виявлення можливих помилок монтажу: – перевірено правильність підключення сервоприводу SG90 (сигнальний провід до цифрового піна 9, живлення до 5V та GND); – переконано у вірній полярності підключення модуля I2C LCD дисплея (SDA/SCL) та відсутності замикань на шинах живлення; – перевірено номінали резисторів у ділниках напруги для фоторезисторів GL5506 (10 кОм) та вхідного вольтметра (30 кОм та 7.5 кОм); – перевірено надійність з'єднань провідників на платі breadboard.

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.

Тестування здійснювалося шляхом імітації руху джерела світла (використання ліхтарика) та подачі тестової напруги на вхід вольтметра.

В ході тестування зафіксовано наступний алгоритм роботи:

- Ініціалізація:** При подачі живлення сервопривід займає стартову позицію (90°), а на LCD дисплеї з'являється стартове повідомлення, після чого виводиться інтерфейс із даними (кут та напруга).
- Реакція на світло зліва:** При освітленні лівого фоторезистора (рівень сигналу на піні A0 вищий, ніж на A1) сервопривід плавно

повертає платформу в бік зменшення кута (ліворуч) до вирівнювання освітленості.

3. **Реакція на світло справа:** При переміщенні джерела світла до правого фоторезистора, система реєструє зміну різниці потенціалів і сервопривід повертається в бік збільшення кута (праворуч).
4. **Робота вольтметра:** На другому рядку дисплея відображається значення напруги. При зміні вхідної напруги (імітація роботи сонячної панелі) показання на екрані оновлюються з частотою, заданою в програмі, похибка вимірювань знаходиться в межах допустимої норми.
5. **Стабілізація:** Якщо освітлення обох фоторезисторів однакове (або різниця менша за поріг чутливості «tolerance»), сервопривід залишається нерухомим, що підтверджує коректну роботу гістерезису.

3. Результати

Під час випробувань макета сонячного трекера було встановлено: – **логіка роботи сервоприводу** повністю відповідає змінам освітлення: система коректно визначає джерело найяскравішого світла завдяки фоторезисторам GL5506 та повертає платформу в потрібному напрямку; – **вимірювання напруги** відбувається з достатньою точністю, дані на LCD дисплеї оновлюються в реальному часі без затримок; – **механізм повороту** на базі сервоприводу SG90 працює плавно, без ривків та надмірних вібрацій, програмний гістерезис запобігає «тремтінню» сервомотора на граничних значеннях



освітлення; – **відображення інформації** на дисплеї є чітким, збоїв у роботі I2C-інтерфейсу не зафіксовано.

Висновки Результати тестування підтверджують, що розроблена система автоматичного стеження за джерелом світла працює стабільно і виконує поставлене технічне завдання. Апаратна частина (датчики, привід, дисплей) та програмний код успішно інтегровані. Пристрій готовий до демонстрації як функціональний макет геліосистеми з моніторингом напруги.

6. ВИСНОВКИ

У ході виконання курсової роботи було успішно розроблено та реалізовано макет системи сонячного трекера з функцією вольтметра на базі мікроконтролерної платформи Arduino Uno.

Висновки:

Апаратна реалізація: Опрацьовано принципи взаємодії мікроконтролера з аналоговими датчиками (фоторезистори GL5506) та виконавчими механізмами (сервопривід SG90). Навичка роботи з макетною платою (breadboard) дозволила створити комутацію компонентів, включаючи дільник напруги для вольтметра та підключення LCD дисплея, без необхідності паяння.

Програмна реалізація: Розроблено скетч у середовищі Arduino IDE, який реалізує алгоритм порівняння значень з двох датчиків освітленості та керує кутом повороту сервоприводу. Реалізовано математичний перерахунок аналогового сигналу в значення напруги для виводу на екран, а також використано бібліотеки для роботи з I2C дисплеєм та сервомотором.

Працездатність системи: Тестування підтвердило повну відповідність роботи пристрою технічному завданню. Система автоматично орієнтується на джерело світла, максимізуючи потенційну ефективність панелі, а цифровий вольтметр коректно відображає поточні показники напруги на LCD екрані.

Навчальна цінність: Робота дозволила закріпити знання з основ електроніки (робота з АЦП, ШІМ-сигналами, протоколами передачі даних), схемотехніки та програмування вбудованих систем C++, отримавши досвід створення автоматизованих пристроїв.

Перспективи розвитку:

Розроблений пристрій є базовою моделлю, яка має значний потенціал для модернізації. До основних напрямів подальшого вдосконалення можна віднести:

Двовісна орієнтація: Додавання другого сервоприводу та додаткової пари фоторезисторів для стеження за сонцем не тільки по горизонту (азимут), але й по вертикалі (кут місця), що значно підвищить ККД системи.

Енергонезалежність: Інтеграція контролера заряду та літієвого акумулятора, щоб система живилася безпосередньо від сонячної панелі, яку вона повертає.

Датчик струму: Додавання модуля (наприклад, INA219 або ACS712) для вимірювання не тільки напруги, а й струму та споживаної потужності у ватах.

Автоматичний режим сну: Програмна реалізація режиму енергозбереження в нічний час, коли активне стеження не потрібне, з автоматичним поверненням на схід вранці.

Захист від погодних умов: Розробка корпусу для захисту електроніки від вологи та додавання датчика дощу для паркування панелі в безпечне положення під час зливи.



7. 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.

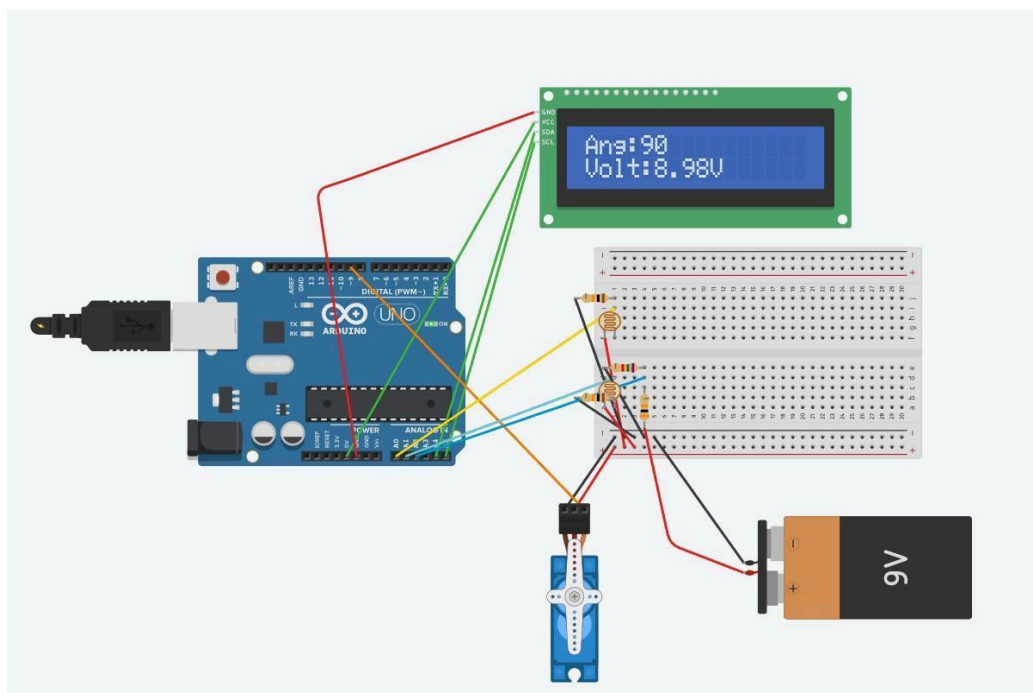
Петренко А. І. Основи мікропроцесорної техніки та програмування мікроконтролерів: навчальний посібник / А. І. Петренко. — К.: Каравела, 2020. — 288 с.

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.

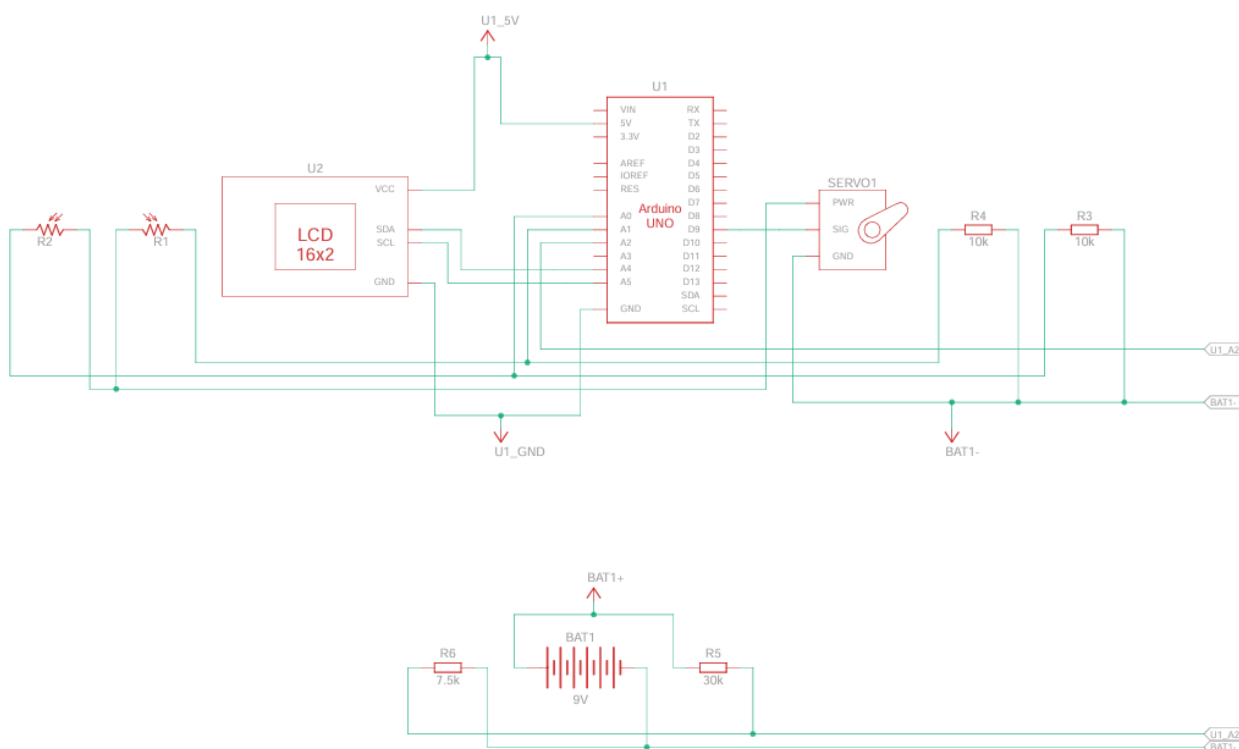
Офіційна документація Arduino [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.arduino.cc/reference/en/>

ДОДАТОК 1



Структурна схема реалізації моделі

ДОДАТОК 2



Принципова електрична схема підключення

