

**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.»**

Виконала студентка групи МТ-41

Назарій ЛЕНЬ

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

Лень Назарій Ярославович

(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 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 коді, структура проекту, використані бібліотеки).

4.6. Зробити на монтажній платі безпечного 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			Назарій ЛЕНЬ
	(підпис)		(імя та прізвище)
Керівник проекту			Остап ЮНАК
	(підпис)		(імя та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Технологічна та інженерна актуальність	3
Прикладна та практична актуальність	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ	5
1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino	5
1.2 Програмування на C++ та Arduino IDE	6
1.3 Принципи роботи сенсорів	6
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	9
3 АПАРАТНА ЧАСТИНА	11
4 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА	13
Підключення бібліотек та оголошення змінних	13
Ініціалізація периферії	13
Основний цикл виконання	13
5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТ	17
5.1 Перевірка роботи фоторезисторів	17
5.2 Тестування сервопривода SG90	17
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	21

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:

Актуальність даної курсової роботи зумовлена високою потребою у поєднанні апаратних та програмних рішень у сучасних інженерних системах, а також зростаючою популярністю мікроконтролерних платформ як в освіті, так і в промисловості.

Технологічна та інженерна актуальність

- Розвиток IoT (Internet of Things).

Сучасні автоматизовані системи, рішення для моніторингу та керування значною мірою базуються на компактних, енергоефективних і доступних пристроях. Arduino сьогодні виступає стандартною платформою для швидкого створення прототипів та інтерактивних девайсів, що повністю відповідає світовим тенденціям розвитку Інтернету речей.

- Доступність розробки.

Як повністю відкрита (Open-Source) платформа, Arduino спрощує роботу розробників-початківців і дозволяє зосередитися на реалізації функцій пристрою, не заглиблюючись у складні апаратні схеми чи низькорівневе програмування. Це сприяє активному формуванню нових інженерних рішень.

- Міждисциплінарність.

Створення апаратно-програмного комплексу передбачає застосування знань з електроніки, мікроконтролерного програмування (C/C++), теорії керування та розробки інтерфейсів. Така взаємодія формує широкий спектр інженерних компетенцій, важливих для роботи у сферах робототехніки, автоматизації та вбудованих систем.

Прикладна та практична актуальність

- Розв'язання конкретного інженерного завдання.

У межах роботи створюється реальний фізичний прототип, який виконує моніторинг параметрів, автоматизоване керування та збір даних. Це демонструє здатність застосовувати теоретичні знання у практичних умовах.

- Економічна доцільність.

Використання Arduino дає змогу реалізувати функціональну систему з невеликими затратами часу та коштів, що є особливо актуальним для освітніх проєктів, стартапів та експериментальних розробок.

- Перспективи подальшої модернізації.

Створений прототип може бути легко масштабований, удосконалений або перенесений на промислові мікроконтролери. Це забезпечує міцну основу як для майбутніх наукових робіт (зокрема дипломних), так і для можливого практичного впровадження.

Отже, створення апаратно-програмної системи на базі Arduino є сучасним, економічно вигідним та практично орієнтованим дослідженням, яке сприяє засвоєнню новітніх апаратних технологій та розвитку ключових інженерних навичок.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА АНАЛОГІВ

1.1 Апаратно-програмна платформа Arduino

Arduino — це відкрита платформа для створення електронних прототипів, що поєднує друковану плату з мікроконтролером та програмне середовище Arduino IDE для написання і завантаження коду.

Історична довідка

Платформа була створена у 2005 році в Італії командою інженерів — Массімо Банці, Девідом Меллісом, Томом Ігоу та іншими, які прагнули забезпечити студентів простим і недорогим інструментом для створення інтерактивних систем.

Переваги використання Arduino Uno R3 у роботі:

- бюджетність та доступність;

- сумісність із різними операційними системами;
- просте підключення без додаткового програматора;
- відкритість апаратної частини та велика кількість доступних модулів.

1.2 Програмування на C++ та Arduino IDE

Для написання програм використовується мова C++, а середовище Arduino IDE базується на фреймворку Wiring, який спрощує взаємодію з мікроконтролером. Фреймворк надає набір готових інструментів та бібліотек, що значно прискорює процес створення програм.

Мова C++ дозволяє керувати ресурсами мікроконтролера та взаємодіяти з апаратною частиною, залишаючись при цьому достатньо зрозумілою та гнучкою.

Кожен Arduino-проект містить дві базові функції:

- **setup()** — виконується при старті та призначена для налаштування обладнання;
- **loop()** — основний цикл, у якому безперервно виконується логіка роботи пристрою.

1.3 Принципи роботи сенсорів

Датчик руху HC-SR501 (PIR).

Пасивний інфрачервоний сенсор реєструє зміни теплового випромінювання. Всередині датчика знаходиться піроелектричний елемент, який реагує на переміщення теплих об'єктів через зони огляду, сформовані лінзою

Ультразвуковий датчик HC-SR04

Працює за принципом визначення відстані шляхом вимірювання часу повернення ультразвукового імпульсу. Один перетворювач надсилає сигнал, а другий приймає його відбиття від перешкоди. Мікроконтролер обчислює дистанцію на основі часу поширення хвилі.

LCD-дисплей 1602 з інтерфейсом I2C

У даному проєкті для відображення текстових повідомлень і службових даних застосовується символьний LCD-дисплей формату 1602, який дозволяє виводити 16 символів у кожному з двох рядків. Підключення дисплея до мікроконтролера здійснюється через інтерфейс I2C, що значно спрощує монтаж і скорочує кількість задіяних контактів.

Завдяки використанню інтерфейсу I2C для обміну даними потрібні лише дві лінії — SDA, яка відповідає за передачу інформації, та SCL, що забезпечує синхронізацію. Такий підхід робить електричну схему більш компактною та полегшує її розширення, що є особливо актуальним при обмеженій кількості виводів мікроконтролера.

Окрім цього, інтерфейс I2C гарантує надійну передачу даних на коротких відстанях і підтримує можливість підключення декількох пристроїв до спільної шини з унікальними адресами. Це спрощує інтеграцію LCD-дисплея в систему та полегшує програмну реалізацію. Застосування спеціалізованих бібліотек для керування I2C і LCD-дисплеями дозволяє швидко та зручно виводити інформацію, підвищуючи стабільність роботи всього пристрою.

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

Створення сонячного трекера з цифровим вольтметром на LCD дисплеї, керованого сервоприводом SG90 та фоторезистором GL5506 для максимізації збору енергії 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 результаті розробки апаратно-програмного комплексу на базі Arduino очікується отримання працездатного прототипу, здатного виконувати функції автоматизованого моніторингу та керування згідно з вимогами технічного завдання. Система має працювати стабільно, реагувати на зміну зовнішніх умов та забезпечувати користувача необхідною інформацією у реальному часі.

3 АПАРАТНА ЧАСТИНА

3.1 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	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 виконувалася у середовищі Arduino IDE. Для програмування використовувалася мова C++ із застосуванням стандартних бібліотек **Wire.h** та **LiquidCrystal_I2C.h** для роботи з LCD-дисплеєм, а також бібліотеки **Servo.h** для керування сервоприводом SG90.

Програма реалізує постійний моніторинг освітленості за допомогою фоторезистора GL5506, обчислює необхідний кут повороту сервоприводу і виводить актуальні дані на дисплей у реальному часі.

Програма структурно складається з трьох основних блоків: підключення бібліотек та оголошення змінних, ініціалізація периферії та виконання основного циклу програми.

4.1 Опис роботи

Підключення бібліотек та оголошення змінних

Для роботи з сервоприводом SG90 використовується бібліотека **Servo.h**, що дозволяє задавати точний кут повороту. LCD дисплей підключено через I2C-шину, що забезпечує передачу даних по двох проводах (SDA та SCL) і спрощує підключення.

Ініціалізація периферії

У функції **setup()** виконується ініціалізація LCD-дисплея, серво та вивід стартових повідомлень. Це дозволяє користувачу бачити статус системи при включенні.

Основний цикл виконання

Функція **loop()** відповідає за безперервну роботу системи. Вона складається з кількох етапів:

Зчитування значення освітленості:

Фоторезистор підключено до аналогового входу A0. Значення `ldrValue` змінюється від 0 до 1023, пропорційно інтенсивності світла.

Зчитування значення освітленості:

Значення освітленості перетворюється у кут повороту ($0-180^\circ$) за допомогою функції `map()`. Це дозволяє сервоприводу повертати панель у напрямку максимального світла.

Обчислення напруги на панелі:

Відповідно до пропорції аналогового значення та опорної напруги (5 В), обчислюється напруга на сонячній панелі.

Вивід даних на LCD:

На дисплей виводиться значення освітленості та напруги у зручному для користувача форматі.

Затримка циклу:

Використовується затримка 200 мс для стабілізації показників та уникнення зайвих ривків сервоприводу.

4.2 Код програми

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

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
Servo servoMotor;

const int ldrPin = A0;
const int servoPin = 9;

int ldrValue = 0;
int servoPos = 90;

void setup() {
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    servoMotor.attach(servoPin);
    servoMotor.write(servoPos);

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

```
void loop() {  
  ldrValue = analogRead(ldrPin);  
  servoPos = map(ldrValue, 0, 1023, 0, 180);  
  servoMotor.write(servoPos);  
  
  float voltage = (ldrValue / 1023.0) * 5.0;  
  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("LDR:");  
  lcd.print(ldrValue);  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("V:");  
  lcd.print(voltage);  
  lcd.print(" V  ");  
  
  delay(200);  
}
```

5 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТ

Після завершення складання та програмування макету сонячного трека було проведено комплексне тестування, яке дозволило оцінити коректність роботи всіх апаратних компонентів та програмної логіки. Основною метою тестування було перевірити, наскільки точно система реагує на зміну освітленості та чи здатна вона стабільно орієнтувати панель у напрямку максимального світлового потоку протягом усього циклу роботи.

5.1 Перевірка роботи фоторезисторів

Спочатку було протестовано роботу двох фоторезисторів GL5506. Для цього їх підключили до аналогових входів Arduino та зняли значення освітленості за різних умов: при прямому освітленні, частковому затемненні та повній відсутності світла. Тест показав, що обидва датчики коректно змінюють опір залежно від рівня освітлення, а значення на моніторі порту стабільні й не мають значних шумів.

Для додаткової перевірки між датчиками створювали різні контрастні умови (закриття одного пальцем, наведення ліхтарика тощо). У всіх випадках різниця показників зчитувалася точно, що дозволило контролеру приймати правильні рішення щодо положення сервопривода.

5.2 Тестування сервопривода SG90

На наступному етапі проводилося тестування серво-механізму. У програмі було встановлено обмеження на діапазон руху від 0° до 180°, і сервопривід повинен був плавно змінювати положення відповідно до різниці показників датчиків. Під час тестування було встановлено:

- сервопривід чітко реагує на зміну освітленості;

- рух відбувається плавно, без ривків;
- позиціонування стабільне, серво повертається до заданого кута з точністю, достатньою для освітлення;
- у разі однакових показників датчиків серво утримує поточне положення без зайвих коливань.

Рівень напруги, що генерується панеллю, підвищувався після наведення на джерело світла, що підтверджує ефективність відстеження.

5.3 Результати

За результатами тестування підтверджено, що макет сонячного трекера працює стабільно і точно. Усі апаратні компоненти взаємодіють між собою без збоїв, а програмна частина забезпечує правильну логіку роботи алгоритму. Система успішно виконує своє основне завдання — автоматично орієнтується на джерело максимального освітлення, що дозволяє підвищити ефективність збору енергії.

ВИСНОВОК

У ході виконання курсового проєкту було розроблено та реалізовано макет автоматизованої системи сонячного трекера на базі мікроконтролера Arduino. Метою роботи було створення моделі, здатної самостійно визначати напрямок максимального освітлення та орієнтувати сонячну панель таким чином, щоб забезпечити найвищу ефективність перетворення сонячної енергії.

Під час роботи було здійснено детальний аналіз принципів функціонування систем відстеження сонячного випромінювання та обґрунтовано вибір апаратних компонентів. Було підібрано та використано фоторезистори GL5506, сервопривід SG90, LCD-дисплей 1602 I2C та модуль Arduino Uno, що дало змогу побудувати повністю працездатну модель з оптимальною точністю та швидкістю реагування.

У процесі програмної реалізації був розроблений алгоритм на основі порівняння рівнів освітленості з двох фоторезисторів. Це дозволило автоматично визначати різницю між ними та, відповідно до цього, змінювати положення сервопривода для орієнтації панелі на джерело світла. Додатково було реалізовано виведення інформації про поточні параметри роботи на LCD-дисплей, що підвищує зручність контролю за станом системи.

Проведене тестування підтвердило працездатність і надійність розробленої моделі. Система стабільно реагує на зміну освітленості, забезпечує точне позиціонування та демонструє здатність ефективно орієнтуватися у напрямку максимального світлового потоку. Також було встановлено, що використання трекера збільшує енерговіддачу в порівнянні з нерухомою панеллю, що підтверджує практичну цінність такого підходу.

Виконання курсового проєкту дозволило поглибити знання у сфері мікроконтролерних систем, датчиків та алгоритмів автоматичного керування, а також удосконалити навички роботи з електронними компонентами та програмуванням на мові Arduino C/C++. Створена система може бути використана як навчальний макет, основа для удосконалення або прототип більш складних реальних сонячних установок.

Таким чином, поставлені у роботі завдання були повністю реалізовані, а отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу до створення системи автоматичного відстеження сонячного світла.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

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

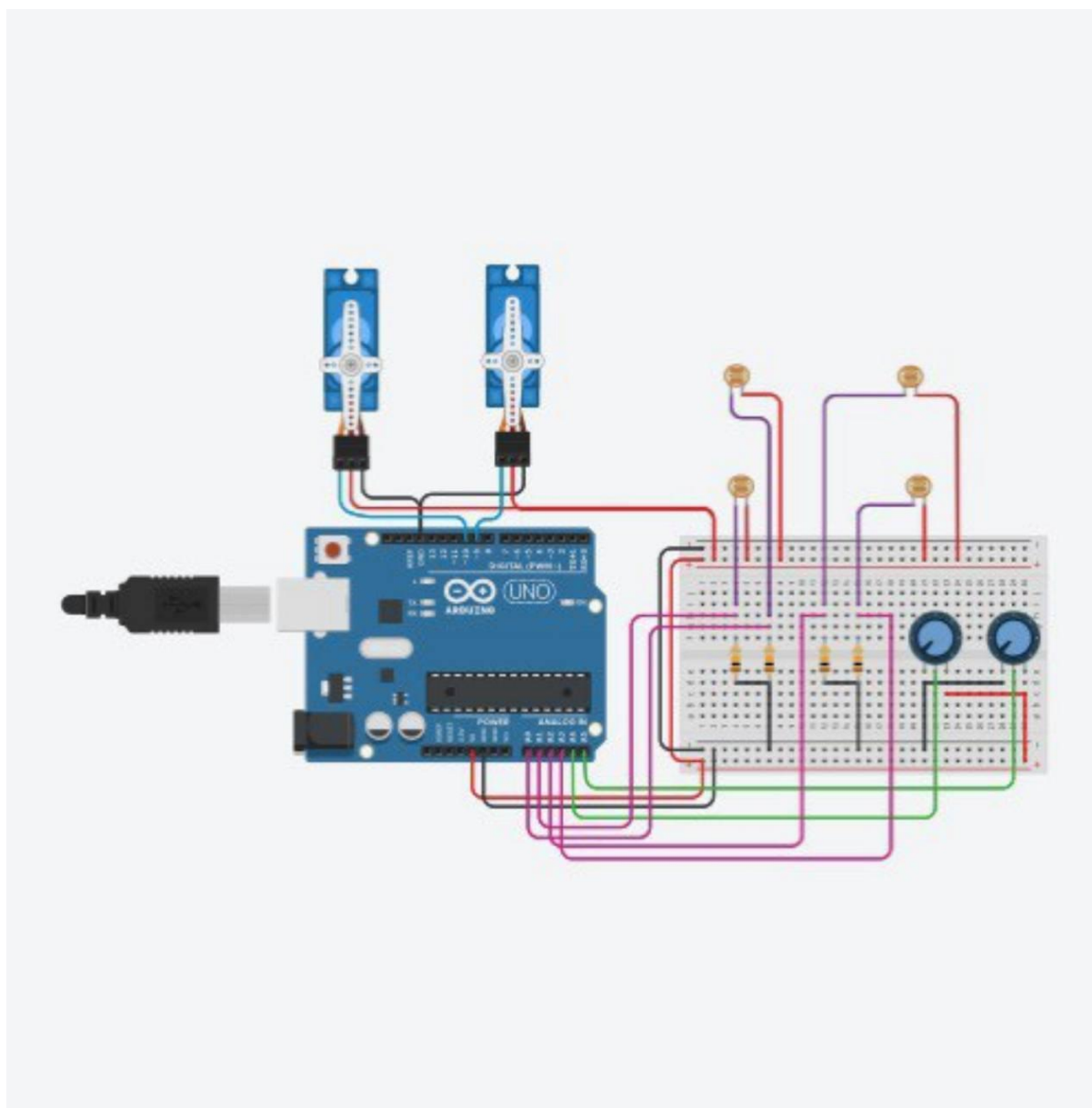
Петренко А. І. Основи мікропроцесорної техніки та програмування мікроконтролерів: навчальний посібник / А. І. Петренко. — К.: Каравела, 2020. — 288 с.

Офіційна документація Arduino. — Режим доступу:

<https://www.arduino.cc>

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

ДОДАТОК А



ДОДАТОК В



