



Zastosowanie mikrokontrolerów i systemów sterowania w innowacyjnym nauczaniu problemowym

Zestaw instrukcji laboratoryjnych

Opracowanie merytoryczne:

dr Radosław Zachariasz

Skład i opracowanie techniczno-dydaktyczne:

dr Joanna Maszybrocka, prof. UŚ

Sosnowiec, 2025

MatMechBio

Projekt MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM został dofinansowany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”.



Górnośląsko-
Zagłębiowska
Metropolia

Słowo od autorów

Niniejszy skrypt powstał z myślą o studentach kierunków technicznych oraz prowadzących zajęcia laboratoryjne, jako kompleksowe narzędzie wspomagające proces dydaktyczny w obszarze energetyki odnawialnej, automatyki oraz systemów wbudowanych. Celem opracowania jest dostarczenie zestawu instrukcji laboratoryjnych, które łączą teorię z praktyką, umożliwiając samodzielne poznawanie działania współczesnych rozwiązań technologicznych.

Zawarte w skrypcie ćwiczenia zostały zaprojektowane tak, aby krok po kroku prowadzić uczestników przez kolejne etapy eksperymentów – od podstawowej konfiguracji sprzętu, przez realizację pomiarów, aż po analizę wyników i formułowanie wniosków. Szczególną uwagę zwrócono na bezpieczeństwo pracy w laboratorium oraz na rozwijanie umiejętności samodzielnego rozwiązywania problemów technicznych.

Materiał obejmuje szeroki zakres tematyczny – od badania modułów fotowoltaicznych i elektrowni wiatrowych, przez programowanie mikrokontrolerów i budowę inteligentnych systemów domowych, po analizę działania pomp ciepła. Taka różnorodność pozwala na kompleksowe spojrzenie na współczesne technologie energetyczne i automatykę.

Każda instrukcja została wzbogacona o kartę efektów uczenia się, która precyzyjnie określa wiedzę, umiejętności i kompetencje nabywane podczas realizacji danego ćwiczenia. Dla studentów stanowi to narzędzie do świadomego śledzenia własnego postępu, natomiast dla prowadzących – przejrzysty sposób planowania i oceny zajęć zgodnie z założonymi celami dydaktycznymi.

Skrypt powstał w ramach realizacji projektu **MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM**, który został dofinansowany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”. Projekt jest realizowany na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Mamy nadzieję, że niniejszy skrypt stanie się pomocnym narzędziem zarówno dla studentów w procesie zdobywania wiedzy praktycznej, jak i dla prowadzących w organizacji i realizacji zajęć laboratoryjnych. Życzymy owocnej pracy i satysfakcji z realizacji zaproponowanych ćwiczeń.

Radosław Zachariasz, Joanna Maszybrocka

Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. Żytnia 12
41-200 Sosnowiec
www.wnst.us.edu.pl

Spis treści

Instrukcja 1 — Wprowadzenie do Totem MiniLab	4
Instrukcja 2 — Audio Side Panel Totem Duino Minilab — pomiary i analiza układów audio	13
Instrukcja 3 — Konfiguracja parametrów i analiza działania pompy ciepła	21
Instrukcja 4 — Badanie wpływu natężenia strumienia światła i kąta padania światła na parametry eksploatacyjne modułu fotowoltaicznego	33
Instrukcja 5 — Projekt i realizacja funkcji smart home na platformie Micro:Bit	42
Instrukcja 6 — Pomiary i analiza działania modelu elektrowni wiatrowej	50
Instrukcja 7 — Badanie silników prądu stałego i serwomechanizmów	57

WPROWADZENIE DO TOTEM MINILAB

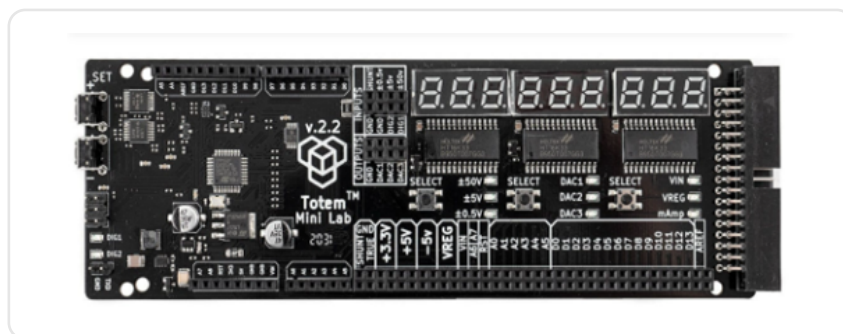
Wprowadzenie

Totem LabBoard pełni podwójną rolę w ekosystemie Totem. Po pierwsze, może funkcjonować jako płytki rozszerzeń dla systemu TotemDuino, a po drugie może działać jako w pełni autonomiczna jednostka pomiarowo-testowa, zdolna do wykonywania zadań bez potrzeby podłączania do komputera czy mikrokontrolera (rys. 1).

Centralnym elementem jest 9-cyfrowy, 7-segmentowy wyświetlacz LED. Na wyświetlaczu pojawiają się wyniki, ustawienia i komunikaty.

Cel ćwiczenia

- ▶ zapoznanie się z funkcjonalnością wyświetlacza Totem MiniLab,
- ▶ zaznajomienie się z obsługą oraz praktycznym wykorzystaniem dostępnych trybów Totem MiniLab.



Rys. 1. Wyświetlacz LabBoard.

Obsługa odbywa się pięcioma przyciskami. **SET+** i **SET** zmieniają wartości oraz przewijają listy. Trzy przyciski **SELECT** (lewy, środkowy, prawy) służą do wyboru, aktywacji i potwierdzenia. Na płytce znajduje się także 11 diod LED. Trzy grupy po trzy diody przy przyciskach SELECT wskazują aktywny kanał. Dwie diody **DIG1** i **DIG2** pokazują stan pinów wejść cyfrowych.

VIN pokazuje aktualne napięcie zasilające doprowadzone do LabBoard. **VREG** przedstawia ustawione napięcie regulowanego wyjścia zasilającego. **mAmp** pokazuje prąd pobierany z wyjść zasilających do ok. 800 mA. Wyjścia **DAC1**, **DAC2**, **DAC3** generują stałe napięcie w przedziale 0–3,25 V, z

maksymalnym obciążeniem 15 mA na kanał.

Nawigacja po menu: do menu wchodzi się przez jednoczesne naciśnięcie dowolnych dwóch przycisków. Opcje przewija się przyciskami SET+ i SET. Do wybranego trybu wchodzi się prawym SELECT. Wyjście następuje po naciśnięciu lewego SELECT.

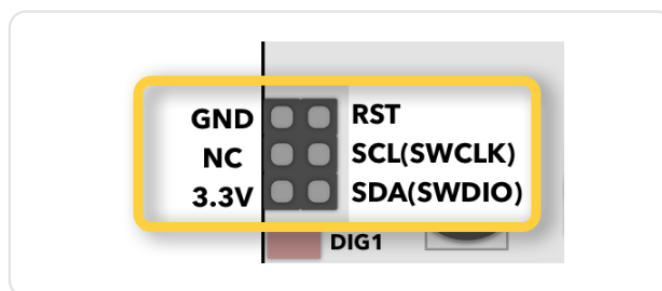
Tryby pracy Totem LabBoard

Tabela 1. Tryby pracy LabBoard

SETUP	główne menu, które umożliwia zmianę jasności wyświetlacza (DISP), ręczną regulację wyjścia DAC, ręczną korektę pomiaru napięcia, automatyczną kalibrację, reset fabryczny, ustalenie domyślnej prędkości transmisji w trybie SERIAL
COUNT	zlicza impulsy do 999 999 999 po podłączeniu sygnału do wejścia cyfrowego DIG1 i GND
FREQ	mierzy częstotliwość sygnału prostokątnego do 23 MHz na wejściu DIG1
PULSE	generuje serie impulsów o programowalnej częstotliwości i wypełnieniu na pinie TXD. Wypełnienie może być ustawiane w procentach (%) lub w mikrosekundach (μ s), co określa czas trwania stanu wysokiego w każdym cyklu. Możliwe jest wygenerowanie do 65 535 impulsów w jednej serii. Przy uruchomieniu trybu generator wytwarza sygnał domyślny o częstotliwości 10 Hz, wypełnieniu 50% oraz liczbie impulsów równej 5
SERIAL	umożliwia odbieranie i wyświetlanie danych przesyłanych przez port szeregowy (UART) oraz przekazywanie danych między TotemDuino a komputerem. Może być skonfigurowany jako TotemDuino → PC lub PC → TotemDuino
I2C	skanuje magistralę i wykrywa adresy urządzeń podłączonych do pinów SCL lub SDA
DHT11	odczytuje i wyświetla wartości temperatury (w °C) oraz wilgotności (w %) z czujnika DHT11. Do działania trybu czujnik należy podłączyć: pin DATA do wyjścia TXD

Złącza i czujniki

W trybie I²C do komunikacji z ekranem służą piny przedstawione na Rys. 2.



Rys. 2. Piny boczne wejściowe do komunikacji w trybie I²C

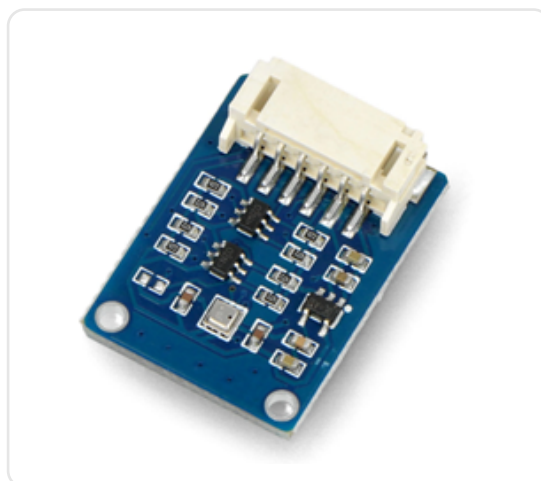
Złącze posiada dwa tryby użycia: **SWD** i **I2C**, obsługiwane przez piny:

- ▶ GND – masa,
- ▶ 3.3V – zasilanie 3.3 V,
- ▶ NC – niewykorzystany pin,
- ▶ RST – reset mikrokontrolera,
- ▶ SCL (SWCLK) – linia zegarowa I2C/SWD,
- ▶ SDA (SWDIO) – linia danych I2C/SWD.

Czujnik BME280

Czujnik BME280 mierzy trzy wartości: temperaturę powietrza w zakresie od 40°C do 85°C, wilgotność względną od 0% do 100% RH oraz ciśnienie atmosferyczne od 300 do 1100 hPa. Wyposażony jest w kilka pinów, które umożliwiają komunikację z mikrokontrolerem zarówno w trybie I2C, jak i SPI:

- ▶ VCC – zasilanie czujnika (3.3 V lub 5 V),
- ▶ GND – masa układu,
- ▶ SCL – linia zegarowa w trybie I2C,
- ▶ SDA – linia danych w magistrali I2C.



Rys. 3. Czujnik BME280 [L].

Czujnik DHT11

Czujnik DHT11 mierzy temperaturę w zakresie 0–50°C i wilgotność od 20–80% RH. Posiada trzy piny:

- ▶ VCC – zasilanie,
- ▶ GND – masa,
- ▶ DATA – wyjście cyfrowe sygnału, podłączane do pinu cyfrowego (np. D5).



Rys. 4. Czujnik DHT11 [M].

Zadanie 1. DAC i pomiar parametrów

1. Podłącz diodę: krótszą nóżkę (-) do GND, a dłuższą nóżkę (+) do rezystora, a następnie do wejścia DAC1.
2. Podłącz platformę Totem Mini Lab do prądu przez zasilacz.
3. Wybierz na środkowym przycisku SELECT wejście DAC1 (gdy kanał jest aktywny, dioda się świeci).
4. Przytrzymaj dłużej przycisk środkowy, aż dioda obok oraz środkowy wyświetlacz zaczną migać.
5. Za pomocą przycisków SET (+) oraz SET () ustaw kolejno wartości: 1 V, 1,5 V, 2 V, 2,5 V, 3 V, 3,49 V.
6. Odczytaj wartości VIN, VREG, mAmp, zmieniając aktywny kanał poprzez wybór prawego przycisku SELECT.

Zadanie 2. Trzy kanały DAC

1. Do układu z Zadania 1 dodaj drugą i trzecią diodę i połącz je kolejno do wejść DAC2 oraz DAC3.
2. Ustaw na każdym z wejść (DAC1, DAC2, DAC3) inną wartość napięcia tak, aby każda dioda

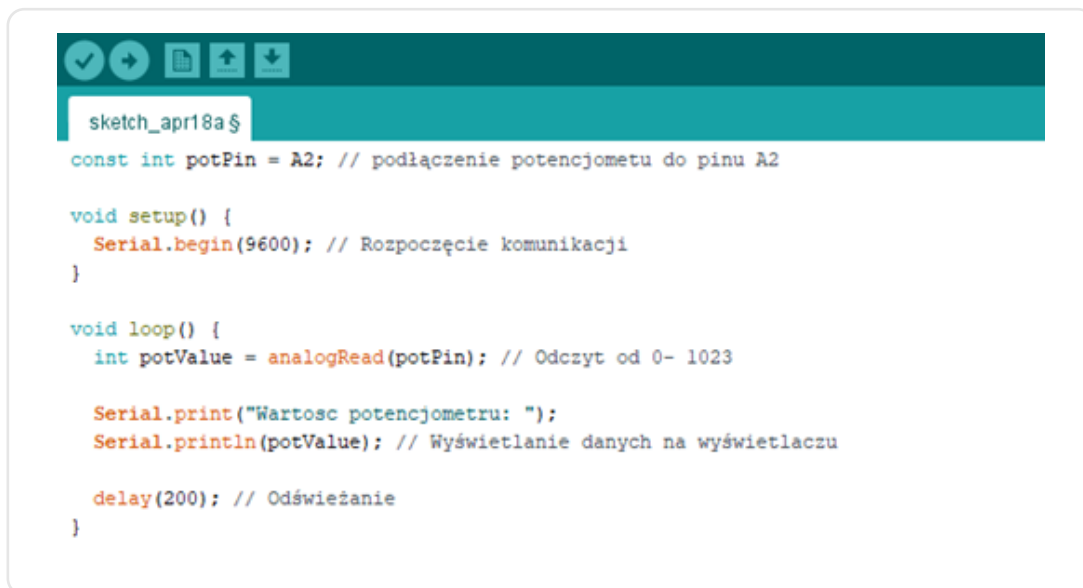
świeciła się z inną intensywnością.

Zadanie 3. Tryb COUNT i FREQ

1. Podłącz przycisk: jedną nóżką do wejścia GND, a drugą przez rezystor do wejścia DIG1.
2. Naciśnij równocześnie lewy SELECT i prawy SELECT.
3. Wyświetli się menu z dostępnymi trybami. Używając przycisków SET (+) i SET () ustaw tryb **COUNT**. Wejdź w wybrany tryb i wybierz **High** poprzez naciśnięcie prawego SELECT.
4. Naciśnij kilka razy przycisk – co zauważasz, do czego służy ten tryb? Odpowiedź zamieść w sprawozdaniu.
5. Użyj lewego przycisku SELECT, aby zresetować wynik. Wyjdź z tego trybu, klikając lewy i prawy SELECT. Wejdź ponownie prawym SELECT i wybierz **Low**. Ponownie przetestuj działanie trybu.
6. Zresetuj wynik, wyjdź z trybu, klikając równocześnie lewy i prawy przycisk. Wybierz przyciskami SET (+) i SET () tryb **FREQ**, a następnie prawym SELECT wejdź w ten tryb.
7. Podłącz przycisk jak w punkcie 1 i klikaj jak najszybciej. Zaobserwuj zmianę wskazań częstotliwości.

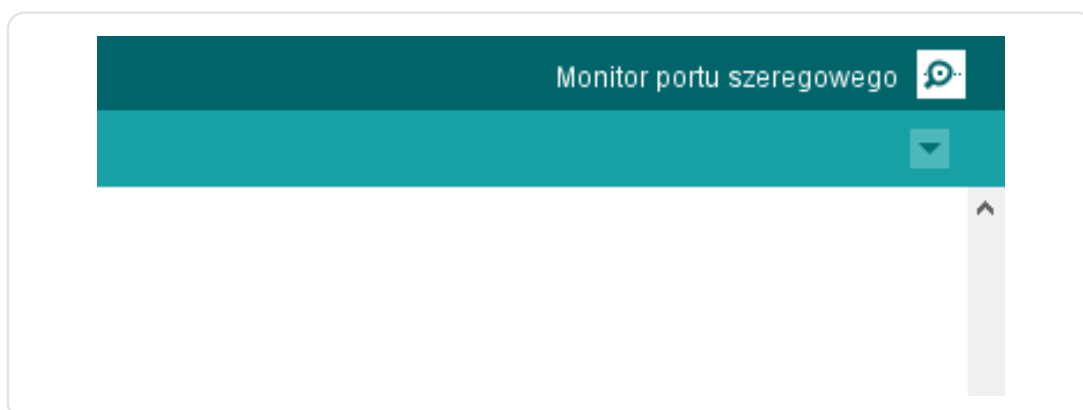
Zadanie 4. Tryb PULSE

1. Podłącz krótszą nóżkę diody () do GND, a dłuższą nóżkę (+) przez rezystor do TXD.
2. Wejdź w tryb **PULSE**.
3. Ustaw wartość częstotliwości na 60 Hz, używając przycisków SET (+) i SET ().
4. Przejdź do kolejnych ustawień, klikając prawy SELECT – wyświetli się częstotliwość w mikrosekundach. Pozostaw tę wartość bez zmian.
5. Ponownie kliknij prawy SELECT i zmień tryb pracy na 40%, następnie przejdź do kolejnej opcji. Wyświetli się cykl pracy w mikrosekundach – pozostaw go bez zmian.
6. Kolejno kliknij ponownie ten sam przycisk i ustaw liczbę serii na 10. Co zauważasz – co jaki czas świeci dioda?
7. Ponownie skonfiguruj ustawienia dla: 2 000 000 μ Hz, 32 000 mikrosekund pracy oraz 8 cykli. Jaką zauważasz różnicę?

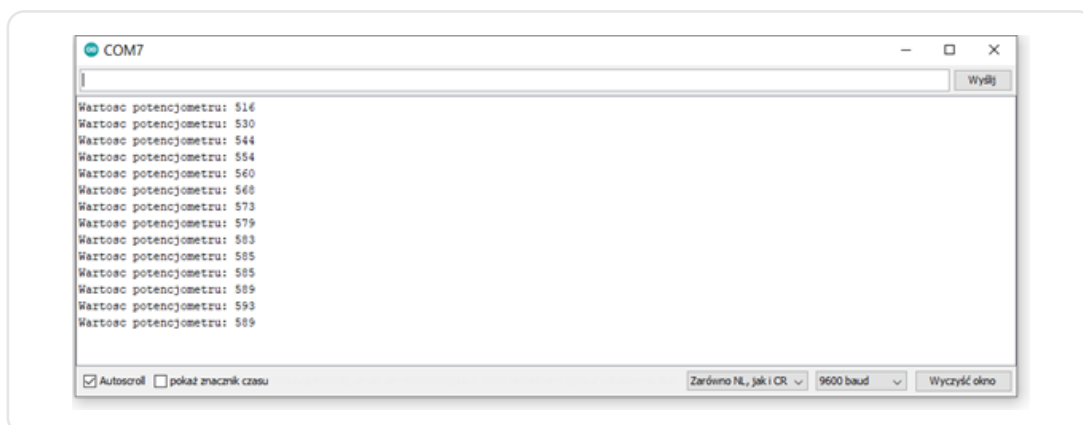


```
sketch_apr18a$  
const int potPin = A2; // podłączenie potencjometru do pinu A2  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // Rozpoczęcie komunikacji  
}  
  
void loop() {  
  int potValue = analogRead(potPin); // Odczyt od 0- 1023  
  
  Serial.print("Wartosc potencjometru: ");  
  Serial.println(potValue); // Wyświetlanie danych na wyświetlaczu  
  
  delay(200); // Odświeżanie  
}
```

Rys. 5. Przykładowy program w Arduino IDE.



Rys. 6. Okno monitora portu szeregowego.



Rys. 7. Przykładowe odczyty z potencjometru.

Zadanie 5. Tryb SERIAL i komunikacja z Arduino

1. Wejdź w tryb **SERIAL**.
2. Przeanalizuj i przepisz kod programu (porównaj z Rys. 5):

```
const int potPin = A2;

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

void loop() {
  int potValue = analogRead(potPin);
  Serial.print("Wartosc potencjometru: ");
  Serial.println(potValue);
  delay(200);
}
```

3. Podłącz potencjometr do wejścia A2 w Totem Mini Lab.
4. Kliknij prawym przyciskiem SELECT i ustaw prędkość 9600 za pomocą przycisku SET (+).
5. Ponownie naciśnij prawy SELECT i wybierz **PC**, zatwierdzając ponownym kliknięciem prawego SELECT (na wyświetlaczu powinien pojawić się tekst SERIAL).
6. W programie Arduino otwórz monitor portu szeregowego.
7. Wykonaj kilka odczytów potencjometru i umieść zrzut ekranu oraz zdjęcie jednego przykładowego odczytu z wyświetlacza w sprawozdaniu.
8. Podłącz inne wybrane urządzenie do TotemDuino i napisz program, który będzie wyświetlał jego pomiary (dane).
9. Ponownie wejdź w tryb **SERIAL** i ustaw wartość na 57 600.
10. Zatwierdź prawym SELECT, aż pojawi się napis SERIAL, a następnie sprawdź wyświetlane pomiary.

Zadanie 6. Skanowanie magistrali I²C

1. Podłącz czujnik BME280 do Totem MiniLab: GND → GND, VCC → 3.3V, SCL → SCL na głównym ekranie, SDA → SDA na głównym ekranie.
2. Wejdź z ustawień głównych do trybu **I2C**.
3. Odczytaj i zanotuj adres czujnika z wyświetlacza.
4. Podłącz drugi czujnik I2C do tych samych wejść i zanotuj jego adres.

Zadanie 7. Tryb DHT11

1. Podłącz czujnik DHT11: GND → GND, VCC → 3.3V, wyjście cyfrowe DATA → TXD.
2. Wejdź w tryb **DHT11**, poczekaj, aż układ się ustabilizuje i odczytaj wartości temperatury oraz wilgotności.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy:

- ▶ opisać przebieg wykonywania zadań,
- ▶ dołączyć wykorzystane programy (kody źródłowe),
- ▶ umieścić wymagane zdjęcia i zrzuty ekranu,
- ▶ sformułować wnioski dotyczące działania poszczególnych trybów Totem MiniLab.

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Zna budowę i funkcjonalność modułu Totem MiniLab, w tym rolę wyświetlacza, przycisków sterujących, kanałów DAC i wejść cyfrowych.
- W2. Ma wiedzę dotyczącą sposobu działania podstawowych trybów pomiarowych i diagnostycznych (COUNT, FREQ, PULSE, SERIAL, I2C, DHT11).
- W3. Rozumie zasady komunikacji cyfrowej UART oraz I2C wykorzystywanych przez urządzenie.
- W4. Zna zasady poprawnego podłączania czujników i elementów elektronicznych oraz ich podstawowe parametry pracy.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi obsługiwać Totem MiniLab, konfigurować tryby pracy oraz interpretować wyświetlane parametry pomiarowe (napięcie, prąd, częstotliwość, liczba impulsów).
- U2. Umie poprawnie podłączać elementy zewnętrzne, takie jak diody LED, przyciski, czujniki DHT11 i BME280, oraz testować ich działanie.
- U3. Potrafi wykorzystać kanały DAC do generowania sygnałów o zadanych wartościach oraz analizować reakcję elementów wykonawczych na zmiany parametrów.
- U4. Umie wykonać pomiary częstotliwości, liczby impulsów i sygnałów PWM, a także posłużyć się trybem SERIAL do odbioru danych z mikrokontrolera.
- U5. Potrafi identyfikować błędy połączeń lub pracy układu, wprowadzać korekty oraz formułować wnioski na podstawie obserwacji.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie z układami elektronicznymi, respektując zasady bezpieczeństwa oraz właściwe korzystanie z urządzeń pomiarowych.
- K2. Współpracuje w zespole podczas wykonywania pomiarów i analizy działania urządzeń, dzieląc się wynikami i wnioskami.
- K3. Wykazuje gotowość do samodzielnego poszukiwania rozwiązań oraz rozwijania umiejętności w zakresie pomiarów i diagnozowania układów.

AUDIO SIDE PANEL TOTEM DUINO MINILAB POMIARY I ANALIZA UKŁADÓW AUDIO

Audio Side Panel

□ Cel ćwiczenia

1. zapoznanie się z podstawową funkcjonalnością i działaniem Audio Side panel,
2. zaznajomienie się z działaniem sekcji Power In, Audio Amplifier + Speaker, Function Generator oraz mikrofon,

□ Wprowadzenie

Audio Side Panel to panel boczny, umożliwiający sterowanie funkcjami związanymi z dźwiękiem, zazwyczaj montowany jest jako element dodatkowy obok głównego urządzenia . W jego górnej części umieszczono trzy wyprowadzenia: +3.3 V, +5 V oraz GND, przeznaczone do zasilania podłączanych elementów. Zacisk +5 V zasilą cały panel. Zacisk +3.3 V należy podłączać tylko wtedy, gdy część układu pracuje z napięciem 3.3 V. Zacisk GND to masa układu i musi być podłączony, aby całość działała prawidłowo .



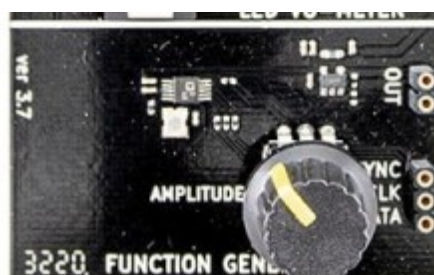
Rys. 1. Zasilanie panelu .

Kolejna sekcja "Audio Amplifier + Speaker" posiada wbudowany głośnik oraz pokrętkę pełniącą funkcję regulatora głośności. Sygnał doprowadzony do wejścia INPUT zostaje wzmocniony i może być odtworzony na wbudowanym głośniku (po włożeniu zworki SPEAKER) lub wyprowadzony na złącze OUTPUT. Poziom głośności reguluje się potencjometrem Volume. Do poprawnej pracy moduł wymaga zasilania +12 V (VIN) podłączonego do dedykowanego złącza. Wejście sygnału dostępne jest na pinach INPUT (pin 1 – sygnał, pin 2 – masa), a wyjście na pinach OUTPUT (pin 1 – sygnał, pin 2 – masa). Moduł może współpracować zarówno z generatorem funkcyjnym, jak i z modułem mikrofonowym .



Rys. 2. Wzmacniacz i mikrofon .

Sekcja generator funkcyjny, składa się pokrętła, wyjścia OUT, linii interfejsu szeregowego do sterowania układem AD9833: SYNC, CLK i DATA. Pokrętło służy do zmiany amplitudy generowanego sygnału, wyjście out generuje sygnał wyjściowy . SYNC- linia ramek transmisji, aktywacja sygnalizuje początek pakietu danych, dezaktywacja kończy pakiet , CLK- linia zegara interfejsu, każdy impuls zegarowy przesuwa do układu kolejny bit z linii DATA, a DATA-linia danych, służy do przesyłania bitów konfiguracji z mikrokontrolera do układu DDS .

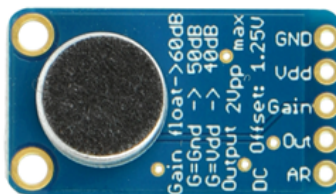


Rys. 3. Function generator .

Mikrofon służy do bezprzewodowego przesyłania dźwięków w zakresie od 20 Hz do 20 kHz. Posiada 5 złączy:

- ▶ GND uziemienie,
- ▶ Vdd zasilanie modułu możliwe w przedziale od 2.7V do 5.5V
- ▶ AR służy do ustawiania dynamiki automatycznej regulacji wzmocnienia AGC, poprzez dobór kondensatora:
 - ▶ Attack - pokazuje jak szybko układ ścisza się po nagłym, głośnym impulsie oraz
 - ▶ Release -pokazuje jak szybko układ wraca do większego wzmocnienia, gdy poziom sygnału spada.

- ▶ Out wyjście analogowe sygnału,
- ▶ GAIN do wzmocnienia dźwięku z mikrofonu:
 - ▶ wysokie wzmocnienie (>60 dB) następuje gdy GAIN jest niepodłączony, najlepiej się sprawdza dla cichego źródła lub dźwięku z dalekiego dystansu,
 - ▶ średnie wzmocnienie (50 dB) następuje gdy GAIN jest połączony z GND, typowy dla mowy/ dźwięków w odległości kilku cm
 - ▶ niższe wzmocnienie (40 dB) następuje gdy GAIN jest połączony z VCC, idealny dla głośnych dźwięków



Rys. 4. Mikrofon .

Zadania

Zadanie 1.

1. Podłącz audio side panel oraz mikrofon do Totem Mini Lab zgodnie z tabelką poniżej:

Tabela 1: Połączenie Audio Side Panel				
	GND	5V	3.3V	VIN
Audio Side Panel	GND	5V	3.3V	VIN
Totem MiniLab	GND	5V	3.3V	VIN

2. Następnie stosując się do wprowadzenia teoretycznego zawartego powyżej, podłącz mikrofon do Audio Side Panelu. Tak, aby dźwięk z mikrofonu był słyszalny w głośniku Audio Side Panelu.
3. Podłącz układ przez kabel zasilający do prądu, i przetestuj działanie obracając pokrętkę volume. Co zauważasz w led vu meter? Co się zmienia? Zaobserwowane zmiany zanotuj w sprawozdaniu i wysnuj wnioski.
4. Przetestuj czułość mikrofonu w różnych odległościach.

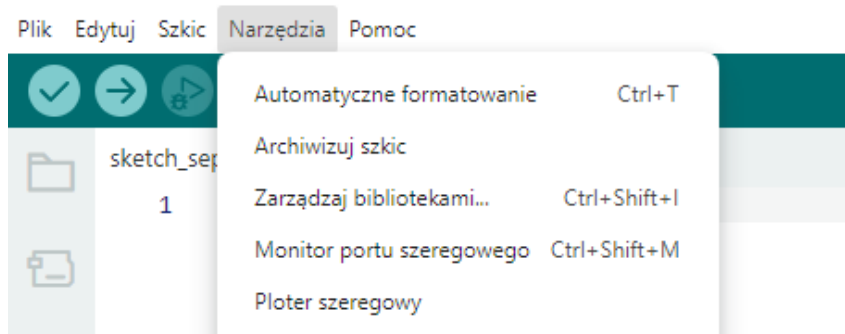
Zadanie 2.

1. Podłącz Audio Side Panel zgodnie z Tabelą 1 z zadania poprzedniego oraz dołącz przycisk do pinu D5.
2. Następnie zgodnie z tabelką poniżej podłącz sekcję function generator:

Tabela 2: Połączenia function generator

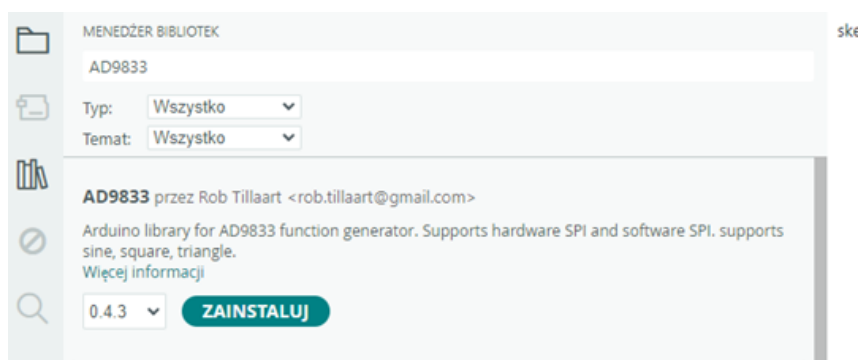
	Out	Out	Snc	Clk	Data
Function generator	Out	Out	Snc	Clk	Data
Audio Amplifier	In	-	-	-	-
Totem Mini Lab	-	Gnd	D10	D11	D13

3. Uruchom Arduino IDE, wejdź w zakładkę **Narzędzia** → **Zarządzaj bibliotekami**.



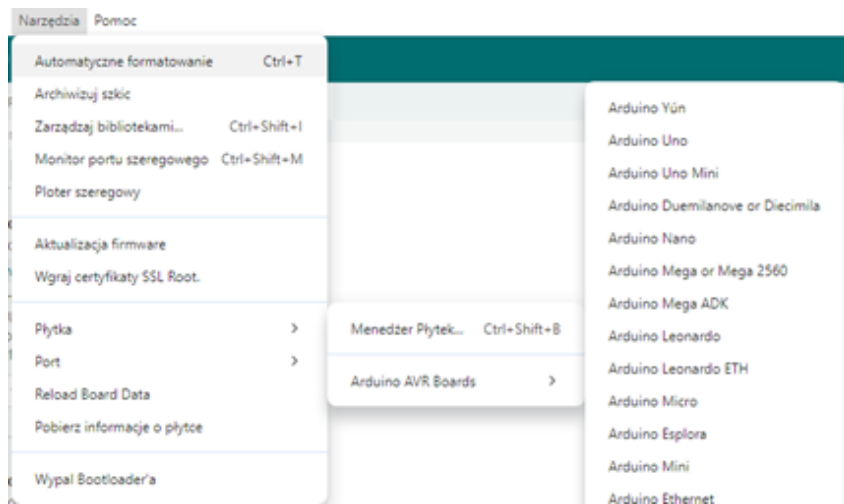
Rys. 5. Dołączanie biblioteki.

4. W lupce wyszukaj biblioteki AD9833 oraz SPI, i zainstaluj w przypadku ich braku.



Rys. 6. Wyszukiwanie i instalowanie biblioteki.

5. Wejdź **Narzędzia** → **Płytki** → **Arduino AVR Boards** i wybierz płytkę Arduino Uno.



Rys. 7. Wybór płytki.

6. Następnie dołącz biblioteki do kodu oraz zdefiniuj odpowiednio podłączone piny:

```
##include <SPI.h> //biblioteka obsługująca SPI
#include <AD9833.h> //biblioteka obsługująca AD9833

#define FSYNC 10 //numer pinu do którego jest podczony Sync
#define BUTTON_PIN 5 // numer pinu podłączonego przycisku
AD9833 gen(FSYNC); // obiekt biblioteki uważajcy pin Sync jako CS
```

7. Zdefiniuj typy funkcji, stany przycisków:

```
int waveType = 0; // określa typ funkcji - 0: sinus, 1: trójkąt, 2: prostokąt
bool lastButtonState = HIGH; // poprzedni stan przycisku
unsigned long lastDebounceTime = 0; // licznik czasu dla antydrga
unsigned long debounceDelay = 50; // opóźnienie antydrga w ms
```

8. Następnie przeanalizuj pozostałą część kodu, sprawdź jego poprawność oraz przepisuj do programu Arduino IDE.

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin(); // start interfejsu SPI
  gen.begin(); // inicjalizacja AD9833
  gen.setWave(AD9833_SINE); // domylnie ustawiona fala sinus
  gen.setFrequency(440); // 440 Hz (A4)

  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {
  bool buttonState = digitalRead(BUTTON_PIN); // odczyt stanu przycisku

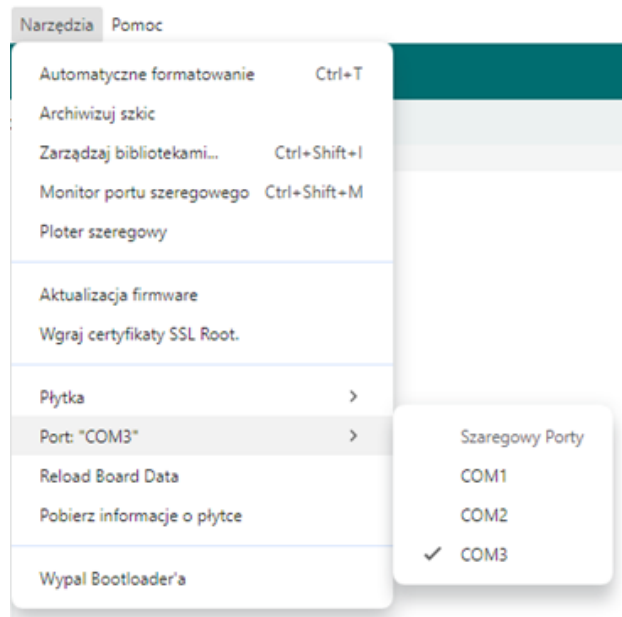
  // wykrycie wcinicia
  if (buttonState == LOW && lastButtonState == HIGH &&
      (millis() - lastDebounceTime > debounceDelay)) {
    lastDebounceTime = millis(); // aktualizacja znacznika czasu
    waveType = (waveType + 1) % 3; // przecz tryb sinus-trjkt-prostokt

    // wybr ksztatu fali
    switch (waveType) {
      case 0:
        gen.setWave(AD9833_SINE);
        Serial.println("Sinus");
        break;
      case 1:
        gen.setWave(AD9833_TRIANGLE);
        Serial.println("Trojkat");
        break;
      case 2:
        gen.setWave(AD9833_SQUARE1);
        Serial.println("Prostokat");
        break;
    }
  }

  lastButtonState = buttonState; // zapamitanie biecego stanu
  delay(20); // spowolnienie ptli
}

```

9. Podłącz TotemDuino z komputerem poprzez dołączony kabel do portu USB.
10. Wybierz aktywny port poprzez **Narzędzia** → **Port** oraz wybranie aktywnego portu (USB).



Rys. 8. Wybór portu.

11. Wypróbuj działanie stworzonego układu.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy:

- ▶ opisać przebieg ćwiczenia (wraz z ewentualnym kodem programu),
- ▶ dołączyć kod programu w pliku tekstowym (jeśli występuje),
- ▶ sformułować wnioski z przeprowadzonych badań.

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Zna budowę i funkcjonalność modułu Audio Side Panel, w tym sekcji: zasilania (Power In), wzmacniacza audio z głośnikiem, generatora funkcyjnego oraz modułu mikrofonowego.
- W2. Rozumie zasady wzmocnienia sygnałów audio, regulacji głośności i toru sygnałowego pomiędzy wejściem, wzmacniaczem i głośnikiem.
- W3. Zna podstawy działania generatora funkcyjnego z układem AD9833 oraz interfejsu SPI wykorzystywanego do jego sterowania.
- W4. Ma wiedzę na temat parametrów i konfiguracji mikrofonu (zasilanie, GAIN, AR/AGC) oraz wpływu tych ustawień na jakość i dynamikę sygnału audio.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi poprawnie podłączyć Audio Side Panel do Totem MiniLab oraz moduł mikrofonowy, zapewniając właściwe zasilanie i odniesienie do masy.
- U2. Umie skonfigurować tor audio tak, aby sygnał z mikrofonu lub generatora był słyszalny w głośniku i potrafi obserwować jego zmiany na wskaźniku LED (VU meter).
- U3. Potrafi zainstalować i wykorzystać biblioteki (SPI, AD9833) w środowisku Arduino IDE oraz poprawnie przypisać piny sterujące (SYNC/FSYNC, CLK, DATA, przycisk).
- U4. Umie uruchomić i zmodyfikować program sterujący generatorem funkcyjnym (zmiana typu fali, częstotliwości) oraz powiązać działanie kodu z obserwowanym sygnałem audio.
- U5. Potrafi analizować wpływ ustawień (głośność, typ fali, wzmocnienie mikrofonu, odległość od źródła dźwięku) na odbierany sygnał oraz formułować wnioski na podstawie obserwacji.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie z urządzeniami elektronicznymi i audio, z poszanowaniem zasad bezpieczeństwa (zasilanie, poziomy sygnałów, ochrona sprzętu i słuchu).
- K2. Potrafi współpracować w zespole przy konfiguracji i testowaniu toru audio, dzieląc się zadaniami i wynikami pomiarów.
- K3. Wykazuje gotowość do samodzielnego poszerzania wiedzy w zakresie systemów audio, interfejsów komunikacyjnych i praktycznych zastosowań generatorów i mikrofonów w układach pomiarowych.

Instrukcja 3

KONFIGURACJA PARAMETRÓW I ANALIZA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA

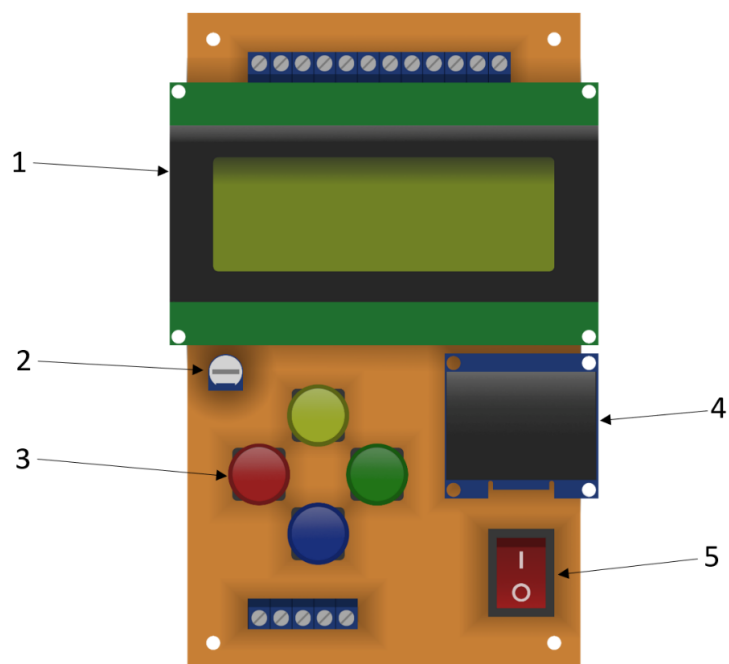
Instrukcja obsługi panelu sterującego pompą ciepła

Instrukcja ma na celu zapoznanie nowego użytkownika z prawidłową obsługą panelu sterowania do pompy ciepła. W instrukcji zawarte są elementy takie jak:

- ▶ poruszanie się w menu panelu sterowania,
- ▶ wyjaśnienie pojęć związanych z systemami grzewczymi,
- ▶ opis działania pompy ciepła,
- ▶ przedstawienie możliwości konfiguracji parametrów pompy ciepła,
- ▶ opis wszystkich funkcji pompy ciepła.

Opis elementów panelu sterowania (rys. 1):

1. wyświetlacz LCD 20x4 – wyświetla ruchome menu, po którym użytkownik ma możliwość poruszania się i ustawiania parametrów,
2. potencjometr w formie pokrętki – służy do zmiany kontrastu wyświetlacza,
3. przycisk – jeden z czterech przycisków funkcyjnych, służących do obsługi wyświetlacza LCD,
4. wyświetlacz OLED 128X64px – wyświetla temperaturę zasilania, zewnętrzną, wody w zbiorniku CO i wody w zbiorniku CWU. W przypadku awarii, zamiast temperatury zewnętrznej wyświetla numer alarmu,
5. włącznik – załączanie i wyłączanie pompy ciepła.



Rys. 1. Panel sterowania.

Przemieszczanie się po menu panelu sterowania (rys. 2):



Rys. 2. Przyciski odpowiedzialne za poruszanie się po menu sterownika.

zielony przycisk – realizuje funkcję przycisku wyboru. Wciśnięcie służy do przejścia do kolejnych okien w menu oraz akceptuje edytowaną wartość,

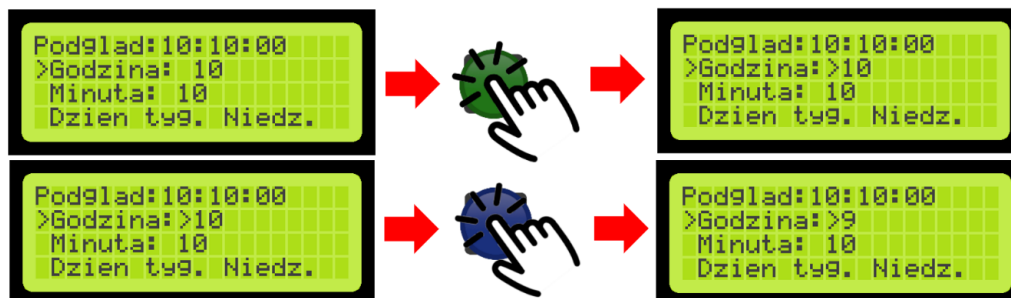
czerwony przycisk – realizuje funkcję przycisku wyjścia. Wciśnięcie służy do wyjścia do poprzedniego okna menu oraz podczas edycji wartości, anulowania edytowanej wartości,

żółty przycisk – realizuje funkcję przycisku kierunkowego $\uparrow$. Wciśnięcie służy do przemieszczenia kursora „>” do góry lub zmiany wartości parametru,

niebieski przycisk – realizuje funkcję przycisku kierunkowego $\downarrow$. Wciśnięcie służy do przemieszczenia kursora „>” w dół lub zmiany wartości parametru.

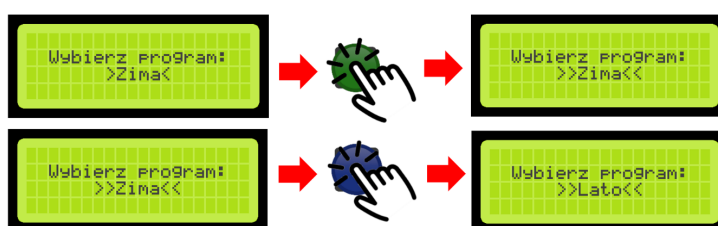
Edytowanie wartości

Na rysunku 3 zaprezentowano możliwości edycji wartości (znak „>” stojący przy edytowanej wartości).



Rys. 3. Edycja wartości godziny.

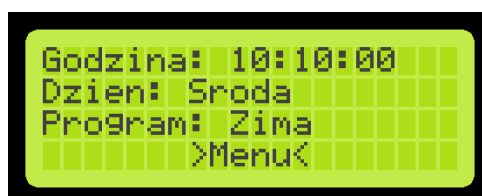
Pokazana na rysunku 4 możliwość edycji wartości zaznaczona jest znakiem „>” i „<”.



Rys. 4. Edycja wartości pory roku.

Konfiguracja parametrów pompy ciepła w poszczególnych oknach

Ekran główny (rys. 5) jest domyślnym ekranem panelu sterowania. Zawiera najważniejsze informacje dla użytkownika, czyli godzinę, aktualny dzień tygodnia oraz program, według którego działa pompa ciepła. Wciśnięcie przycisku zielonego spowoduje przeniesienie użytkownika do ekranu wyboru ustawień.



Rys. 5. Wygląd okna ekranu głównego.

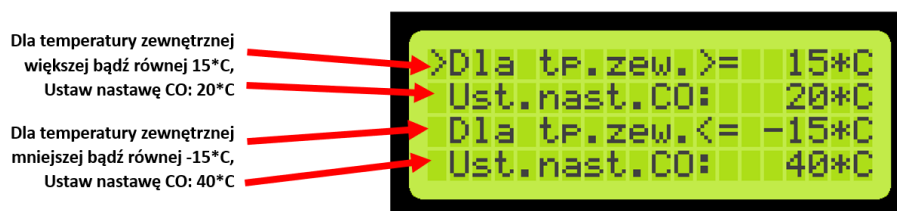
Ekran wyboru ustawień (rys. 6) zapewnia wybór pomiędzy sześcioma ustawieniami. Niebieski i żółty przycisk daje możliwość przemieszczania się kursora w pionie. Wciśnięcie przycisku zielonego w tym oknie spowoduje przeniesienie użytkownika do okna zaznaczonej opcji. Wciśnięcie przycisku czerwonego w tym oknie spowoduje przeniesienie użytkownika na ekran główny.



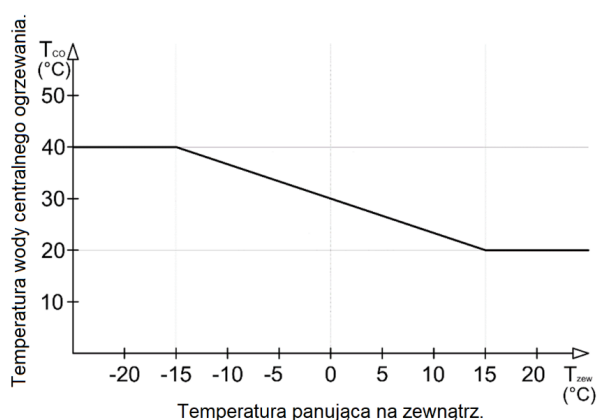
Rys. 6. Wygląd okna wyboru ustawień.

Krzywa grzewcza to ważny parametr systemu grzewczego, który określa, jak zmienia się temperatura czynnika grzewczego w zależności od temperatury zewnętrznej. W zależności od metrażu domu, typu systemu grzewczego, takiego jak grzejniki, ogrzewanie podłogowe, izolacji termicznej domu i jej skuteczności, krzywa grzewcza może być różna. Krzywa grzewcza jest przedstawiona na wykresie zależności temperatury wody ogrzewanej przez pompę ciepła do temperatury panującej na zewnątrz.

Panel sterowania umożliwia edycję krzywej grzewczej (rys. 7). W zależności od tego, jak ustawimy wartości parametrów, krzywa przybierze różne formy. Jeżeli ustawimy wartości parametrów tak jak na rysunku 7, to krzywa grzewcza będzie miała przebieg, jak na rysunku 8.



Rys. 7. Wygląd okna edycji krzywej grzewczej.

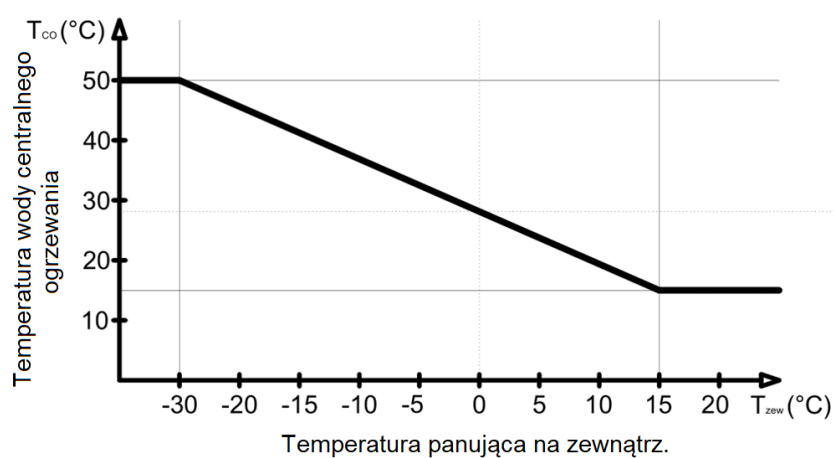


Rys. 8. Krzywa grzewcza dla wartości z rysunku 7.

Przykładowo, dla wartości parametrów ustawionych, jak na rysunku 9, krzywa grzewcza będzie miała przebieg, jak na rysunku 10.



Rys. 9. Okno edycji krzywej grzewczej z wprowadzonymi przykładowymi wartościami.



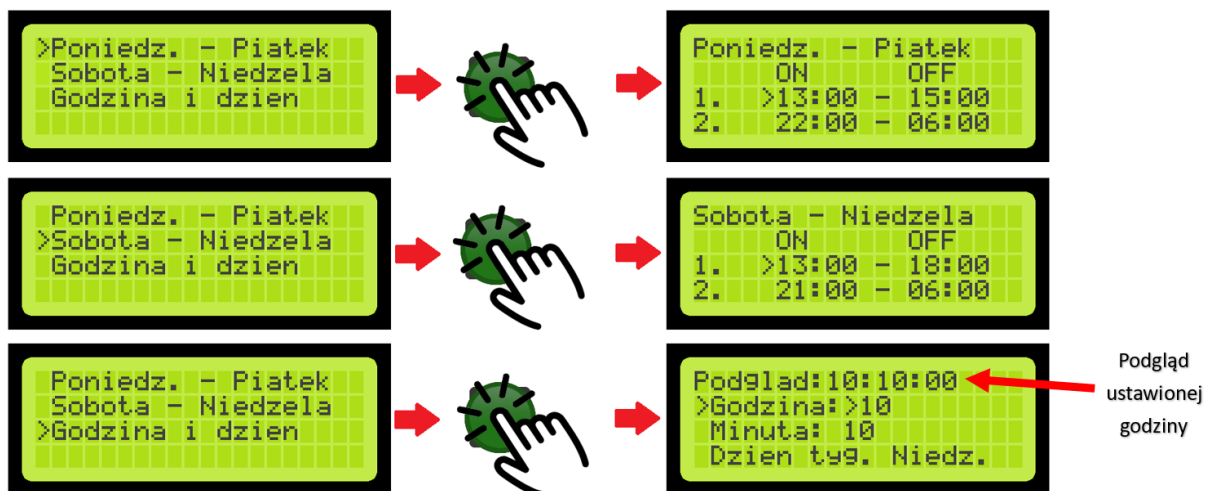
Rys. 10. Krzywa grzewcza dla wartości z rysunku 9.

W ustawieniach zegara pokazanych na rysunku 11, mamy możliwość określić, w których godzinach pompa ciepła ma działać. Możemy również edytować aktualny dzień tygodnia. Ustawienia godzin pracy pompy są podzielone na dwa przedziały czasowe – dni robocze oraz weekendy.



Rys. 11. Wygląd okna zegara.

Zastosowanie ustawień z rysunku 12 spowoduje, że pompa ciepła w dni robocze będzie aktywna w godzinach 13:00 – 15:00 i 22:00 – 6:00, a w weekendy 13:00 – 18:00 i 21:00 – 6:00.

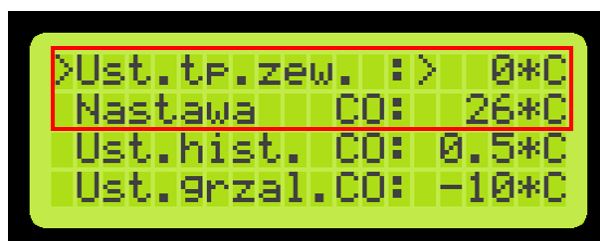


Rys. 12. Ustawienia godzin pracy.

Nastawa CO, to wartość temperatury wody centralnego ogrzewania zadana z góry w danym urządzeniu. Nastawę CO ustawiamy w ustawieniach krzywej grzewczej, a w oknie nastawy CO możemy sprawdzić, jaka jest nastawa temperatury przy określonej temperaturze zewnętrznej. Jeżeli w ustawieniach krzywej grzewczej użyjemy wartości parametrów, jak w przykładzie (rys. 7) i w oknie ustawień nastawy CO sprawdzimy nastawę, ustawiając temperaturę zewnętrzną na 0°C, otrzymamy informację, że nastawa CO dla temperatury zewnętrznej wynoszącej 0°C wynosi 26°C.

Kolejnym krokiem jest ustawienie odpowiedniej histerezy. Histereza to parametr określający dopuszczalną różnicę między aktualną temperaturą, a żądaniem temperaturowym. Po przekroczeniu tej różnicy, pompa ciepła zostanie ponownie uruchomiona, by osiągnąć wymaganą wartość temperatury zadanej na sterowniku. Histereza jest zjawiskiem, w którym zmiana części parametrów nie powoduje natychmiastowej zmiany stanu lub właściwości.

Jeżeli histereza wynosić będzie 0.5°C, wartość nastawy 26°C, a temperatura zewnętrzna wynosić będzie 0°C, tak jak w przykładzie na rysunku 13, to przy osiągnięciu nastawionej temperatury (26°C), urządzenie wyłączy się do momentu, gdy temperatura wody CO osiągnie 25.5°C lub mniej. Jest to zabezpieczenie przed ciągłym wyłączaniem i włączaniem urządzeń.



Rys. 13. Wygląd okna nastawy CO.

Ostatnim ustawieniem w oknie nastawy CO jest zadanie, w jakiej temperaturze zewnętrznej sterownik ma załączyć dodatkową grzałkę. Dodatkowa grzałka znajduje się zarówno w zbiorniku CO, jak i

CWU. Przy wyjątkowo trudnych warunkach pogodowych dodatkowa grzałka może okazać się bardzo pomocna.

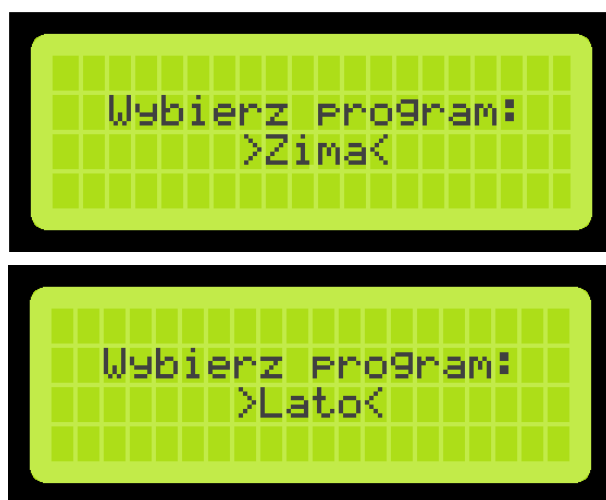
Pokazane na rysunku 14 okno nastawy CWU zbudowane jest analogicznie do okna nastawy CO. Jedyna różnica jest taka, że nastawę CWU określamy bezpośrednio w tym oknie i nie jest ona uzależniona od warunków pogodowych panujących na zewnątrz.



Rys. 14. Wygląd okna nastawy CWU.

W oknie wyboru programu (rys. 15), użytkownik ma możliwość wyboru jednego z dwóch programów, w jakich pompa ciepła może pracować:

- ▶ program zimowy, to domyślny program pompy ciepła, w którym działają wszystkie funkcje,
- ▶ program letni, to program pompy ciepła, w którym urządzenie ogrzewa jedynie wodę w zbiorniku CWU. Jako iż program powinien być stosowany w okresie letnim, to funkcja ogrzewania wnętrza budynku jest całkowicie zbędna.



Rys. 15. Wygląd okna zmiany programu.

Pokazany na rysunku 16 tryb ręczny, pozwala użytkownikowi załączyć pompę ciepła i określić kolejność nagrzewania wody w zbiorniku bez względu na godzinę, dzień tygodnia i temperaturę zewnętrzną.



Rys. 16. Zmiana trybu ręcznego na włączony/wyłączony.

Dostępne są cztery warianty trybu ręcznego (rys. 17). Wybrany wariant pracy działa tylko wtedy, gdy tryb ręczny jest włączony:

- ▶ wariant ogrzewania CO za pomocą pompy ciepła – wybór tego wariantu załącza pompę ciepła bez względu na to, czy pozostałe warunki zostały spełnione i ogrzewa wodę według zadanej temperatury,
- ▶ wariant ogrzewania CWU za pomocą pompy ciepła – wybór tego wariantu załącza pompę ciepła bez względu na to, czy pozostałe warunki zostały spełnione i ogrzewa wodę według zadanej temperatury,
- ▶ wariant ogrzewania CO za pomocą dodatkowej grzałki – wybór tego wariantu załącza grzałkę w zbiorniku CO bez względu na to, czy pozostałe warunki zostały spełnione i ogrzewa wodę według zadanej temperatury,
- ▶ wariant ogrzewania CWU za pomocą dodatkowej grzałki – wybór tego wariantu załącza grzałkę w zbiorniku CWU bez względu na to, czy pozostałe warunki zostały spełnione i ogrzewa wodę według zadanej temperatury.



Rys. 17. Warianty trybu ręcznego.

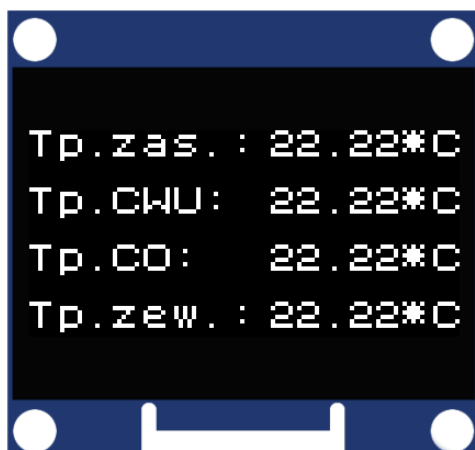
Alarmy

Urządzenie jest wyposażone w czujniki, które potrafią wykryć nieprawidłowości. Ewentualne awarie są wyświetlane na wyświetlaczu OLED w panelu sterowania (rys. 18). W zależności od rodzaju awarii, na wyświetlaczu zamiast temperatury zewnętrznej wyświetli się informacja o awarii z przypisanym do niej numerem (rys. 19).

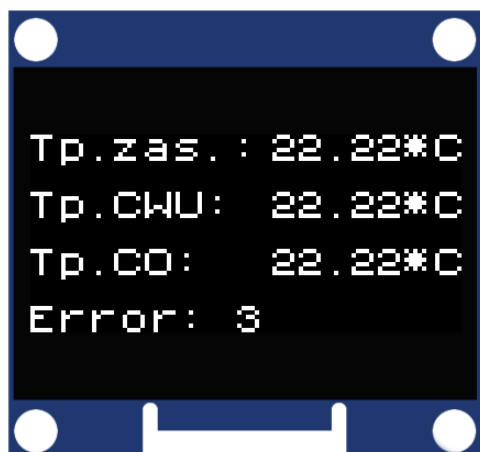
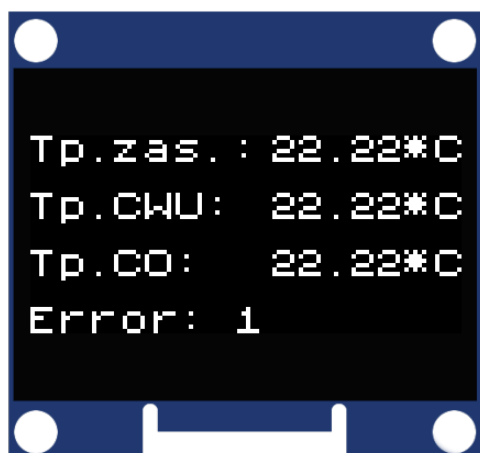
Lista błędów na wyświetlaczu OLED przedstawia się następująco:

- ▶ Error#1 – awaria agregatu – niesprawny agregat wysyła sygnał do mikrokontrolera,
- ▶ Error#2 – awaria przepływu – występuje wtedy, gdy czujnik nie wykryje przepływu. Awaria może być spowodowana np. nieszczelnościami w układzie,
- ▶ Error#3 – awaria grzałki CO – występuje w momencie przegrzania grzałki CO,

- Error#4 – awaria grzałki CWU – występuje w momencie przegrzania grzałki CWU.



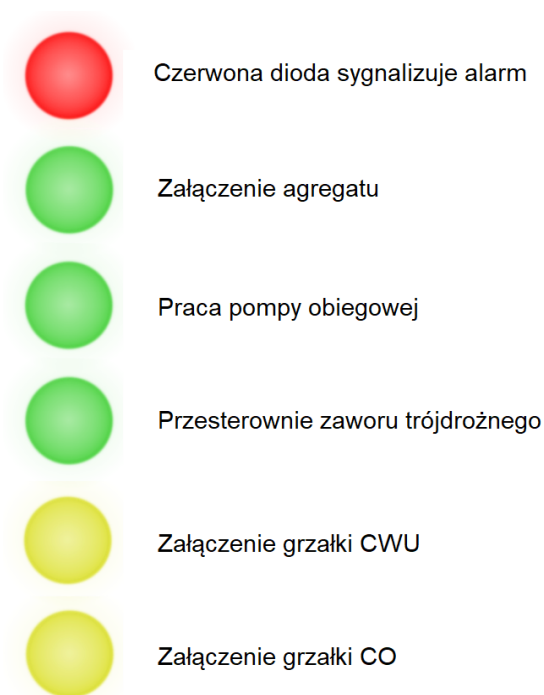
Rys. 18. Wygląd wyświetlacza podczas braku awarii.



Rys. 19. Rodzaje błędów wyświetlające się na wyświetlaczu.

Diody LED

Po prawej stronie od panelu sterowania znajduje się 6 pionowo umieszczonych diod LED (rys. 20). Każda dioda sygnalizuje konkretną akcję.



Rys. 20. Diody wraz z opisem akcji, jaką sygnalizują.

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Zna budowę oraz funkcje podstawowych elementów panelu sterowania pompą ciepła (wyświetlacz LCD, wyświetlacz OLED, przyciski, diody LED, włącznik).
- W2. Rozumie pojęcia związane z systemami grzewczymi, takie jak: krzywa grzewcza, nastawa CO i CWU, histereza, program zimowy/letni, tryb ręczny.
- W3. Zna zasady działania pompy ciepła w kontekście współpracy z instalacją CO i CWU oraz wpływ temperatury zewnętrznej na pracę układu.
- W4. Ma wiedzę na temat podstawowych stanów alarmowych (Error#1–#4) oraz ich przyczyn w układzie grzewczym.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi poruszać się po menu panelu sterowania, wykorzystując przyciski funkcyjne do wyboru opcji, edycji parametrów i nawigacji między ekranami.
- U2. Umie konfigurować krzywą grzewczą oraz interpretować jej wpływ na temperaturę czynnika grzewczego w zależności od temperatury zewnętrznej.
- U3. Potrafi ustawić harmonogram pracy pompy ciepła (godziny pracy w dni robocze i weekendy) oraz interpretować konsekwencje tych ustawień dla pracy systemu.
- U4. Umie dobrać i zmodyfikować nastawy CO i CWU oraz parametry histerezy, rozumiejąc ich wpływ na częstotliwość załączania i wyłączania urządzenia.
- U5. Potrafi wybrać i skonfigurować odpowiedni program pracy (zimowy/letni) oraz tryb ręczny wraz z wariantami ogrzewania CO i CWU (pompa/grzałka).
- U6. Umie odczytywać i interpretować komunikaty alarmowe oraz stany sygnalizowane przez diody LED, a także wskazać możliwe przyczyny wystąpienia błędów.

Kompetencje społeczne (K)

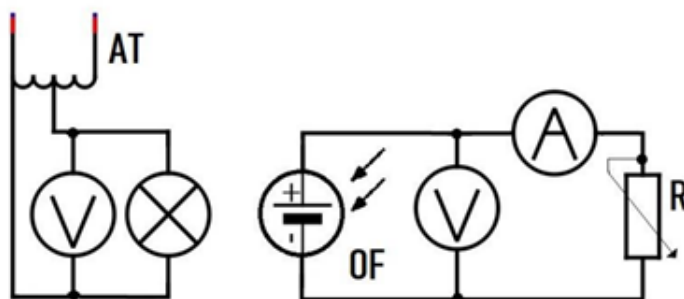
- K1. Pracuje w sposób odpowiedzialny z urządzeniami grzewczymi, dostrzegając znaczenie poprawnej konfiguracji parametrów dla bezpieczeństwa i efektywności energetycznej.
- K2. Potrafi współpracować przy analizie działania systemu, omawiać ustawienia oraz wspólnie interpretować wyniki i komunikaty panelu sterowania.
- K3. Wykazuje gotowość do samodzielnego pogłębiania wiedzy w zakresie automatyki budynkowej, sterowania systemami grzewczymi i optymalizacji ich pracy.

BADANIE WPŁYWU NATĘŻENIA STRUMIENIA ŚWIATŁA I KĄTA PADANIA ŚWIATŁA NA PARAMETRY EKSPLOATACYJNE MODUŁU FOTOWOLTAEICZNEGO

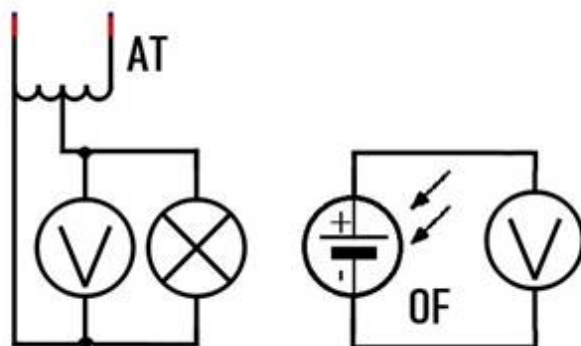
□ Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie pracy modułu fotowoltaicznego dla wybranych wartości obciążenia przy ustalonej wartości natężenia oświetlenia, wyliczenie sprawności i współczynnika wypełnienia FF. Zasymulowanie zacienienia modułu poprzez przysłonięcie jednego ogniwa. Przeprowadzenie badań dotyczących wpływu nachylenia modułu fotowoltaicznego na jego pracę.

□ Opis stanowiska badawczego



Rys. 1. Schemat 1



Rys. 2. Schemat 2



Rys. 3. Stanowisko badawcze

Stanowisko zawiera stojak, na którym montuje się w łatwy sposób, pod różnym nachyleniem moduł fotowoltaiczny. Rezystor suwakowy w obwodzie pełni funkcję obciążenia. Dzięki niemu jest możliwość płynnej regulacji rezystancji w zakresie od 0Ω do 5000Ω . Układ zawiera woltomierz, który mierzy napięcie na zaciskach modułu fotowoltaicznego. Amperomierz służy do mierzenia prądu płynącego przez rezystor nastawny. Stanowisko zostało wyposażone w lampę halogenową, która jest podłączona do autotransformatora (AT). Dzięki niemu jest możliwość regulacji natężenia światła. Lampa halogenowa jest ustawiona w odległości 56 cm od modułu fotowoltaicznego. Natężenie oświetlenia modułu fotowoltaicznego jest mierzone za pomocą luksomierza. Do przeprowadzenia badań będą używane moduły fotowoltaiczne o parametrach podanych w tab. 1.

Tabela 1: Parametry techniczne modułów fotowoltaicznych

Parametry	Polikrystaliczny 10 W	Polikrystaliczny 20 W	Monokrystaliczny 30 W
Moc maks. ($P_{\max}$)	10 W	20 W	30 W
Napięcie nominalne (U)	18 V	18 V	18 V
Napięcie maks. jałowe (U_{OC})	22,03 V	22,03 V	21,5 V
Napięcie w punkcie mocy maks. (U_{MPP})	18,36 V	18,36 V	18,21 V
Prąd zwarcia (I_{SC})	0,58 A	1,18 A	1,98 A
Prąd w punkcie mocy maks. (I_{MPP})	0,54 A	1,09 A	1,65 A
Wymiary [mm]	280×280×17	400×350×17	540×360×25
Waga	1 kg	2 kg	3 kg

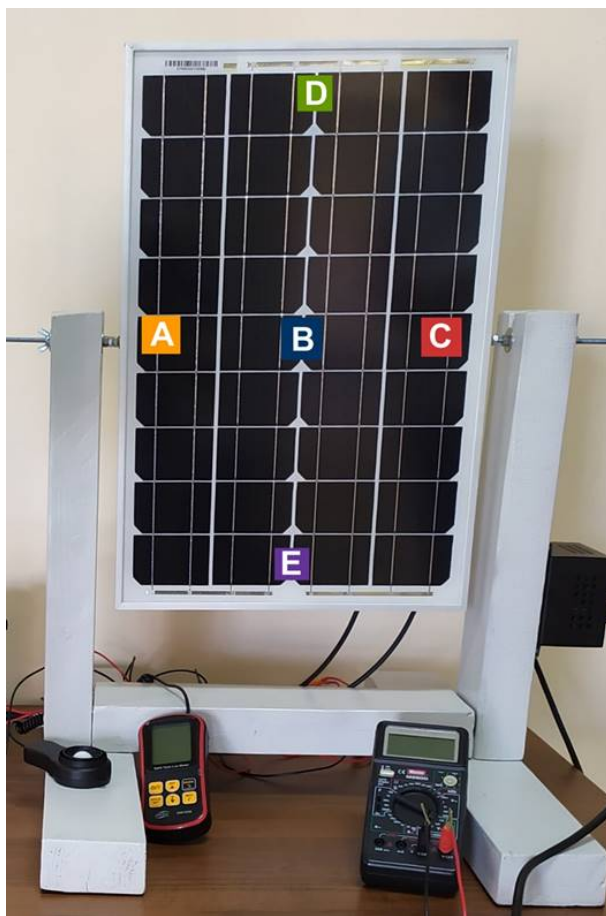
Przed rozpoczęciem pomiarów prowadzący ćwiczenie wskazuje studentom typ badanego modułu

fotowoltaicznego oraz sprawdza kompletność i poprawność połączeń układu pomiarowego. Ważne jest też dobre zorganizowanie pracy i podział czynności między poszczególnych członków grupy studenckiej.

Uwaga!!! Podczas wykonywania pomiarów nie dotykać obudowy lampy!!! Podczas dłuższego okresu pracy lampy halogenowej jej obudowa nagrzewa się do temperatury powyżej 100°C!!! Przeszycie lampy w inne położenie wykonywać przy użyciu dołączonej rączki!!!

Badanie wpływu natężenia strumienia światła na parametry eksploatacyjne ogniwa fotowoltaicznego

Wykonać układ według schematu z rys. 1. Przed rozpoczęciem pomiarów należy załączyć napięcie zasilania lampy za pomocą włącznika na autotransformatorze i odczekać ok. 20 min. Ustawić moduł fotowoltaiczny na kąt 90° (prostopadle) do lampy halogenowej. Lampę nakierować tak, aby natężenie światła znajdowało się w centrum naświetlonego modułu. Ustawić napięcie na autotransformatorze U_{AT} na 220 V. Dokonać pomiaru natężenia oświetlenia za pomocą luksomierza. Rozmieszczenie punktów pomiarowych natężenia oświetlenia modułu fotowoltaicznego pokazuje rys. 4. Należy je zanotować w tab. 2 w celu wyliczenia średniej.



Rys. 4. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na module

Tabela 2: Wyniki natężenia oświetlenia

Lp.	U_{AT} [V]	Natężenie oświetlenia					
		[lx]					
		a	b	c	d	e	Średnie natężenie
1	220						
2	170						
3	120						

Tabela 3: Wyniki pomiarów modułu fotowoltaicznego

Moduł fotowoltaiczny W										
Lp.	Rezystancja (nastawa opornika)	Napięcie na autotransformatorze 220 V			Napięcie na autotransformatorze 170 V			Napięcie na autotransformatorze 120 V		
		Natężenie oświetlenia (średnia) [lx]			Natężenie oświetlenia (średnia) [lx]			Natężenie oświetlenia (średnia) [lx]		
										
		Napięcie	Prąd	Moc	Napięcie	Prąd	Moc	Napięcie	Prąd	Moc
	[Ω]	[V]	[mA]	[mW]	[V]	[mA]	[mW]	[V]	[mA]	[mW]
1	0									
2	100									
3	200									
4	300									
5	400									
6	500									
7	600									
8	700									
9	800									
10	900									
11	1000									
12	1500									
13	2000									
14	2500									
15	3000									
16	3500									
17	4000									
18	4500									
19	5000									

Następnie należy zwiększać rezystancję R od zera do R_{MAX} , co jeden punkt nastawy na rezystorze, w celu zmierzenia natężenia prądu I oraz napięcia U przy każdej wartości rezystancji. Po wykonaniu tych czynności, należy powtórzyć pomiary dla napięcia na autotransformatorze U_{AT} wynoszącego 170 V i 120 V. Wyniki pomiarów należy zapisywać w tab. 3. Obliczyć moc modułu oraz sporządzić

i skomentować wykres prądowo–napięciowy w zależności od natężenia oświetlenia $U = f(I)$ oraz wykres zależności mocy modułu fotowoltaicznego od przyłożonego obciążenia $P = f(R)$. Na jednym wykresie powinny się znaleźć trzy charakterystyki przy napięciu na autotransformatorze wynoszącym 220 V, 170 V i 120 V. W tym celu można skorzystać z gotowego programu LabView.

Badanie zacienienia modułu fotowoltaicznego

Po wykonaniu poprzedniego badania, należy przysłonić jedno ogniwo w module (najlepiej przysłonić prawe górne ogniwo). Ustawić napięcie na autotransformatorze U_{AT} na 220 V. Następnie należy zwiększać rezystancję R od zera do R_{MAX} , co jeden punkt nastawy na rezystorze, w celu zmierzenia natężenia prądu I oraz napięcia U przy każdej wartości rezystancji. Wyniki pomiarów należy zapisywać w tab. 4 oraz uzupełnić o dane z poprzedniego badania przy napięciu na autotransformatorze 220 V. Obliczyć moc modułu oraz sporządzić i skomentować wykres prądowo–napięciowy w przypadku zacienienia jednego ogniwa $U = f(I)$. Na jednym wykresie powinny się znajdować dwie charakterystyki: bez zacienienia i z zacienieniem. W tym celu można skorzystać z gotowego programu LabView.

Tabela 4: Wyniki pomiarów (Zacienienie)

Moduł fotowoltaiczny W							
Lp.	Rezystancja (nastawa opornika)	Napięcie na autotransformatorze (U_{AT}) 220 V					
		Natężenie oświetlenia (średnia) [lx]					
							
		Bez zacienienia			Zacienienie		
		Napięcie [V]	Prąd [mA]	Moc [mW]	Napięcie [V]	Prąd [mA]	Moc [mW]
	[Ω]						
1	0						
2	100						
3	200						
4	300						
5	400						
6	500						
7	600						
8	700						
9	800						
10	900						
11	1000						
12	1500						
13	2000						
14	2500						
15	3000						
16	3500						
17	4000						
18	4500						
19	5000						

□ Badanie zależności napięcia obwodu otwartego od natężenia oświetlenia

Zbudować układ pomiarowy według schematu z rys. 2. Przed rozpoczęciem pomiarów należy załączyć napięcie zasilania lampy za pomocą włącznika na autotransformatorze i odczekać ok. 10 min. Ustawić moduł fotowoltaiczny na kąt 90° (prostopadle) do lampy halogenowej. Lampę nakierować tak, aby natężenie światła znajdowało się w centrum naświetlonego modułu. Ustawić napięcie na autotransformatorze U_{AT} na 220 V. Dokonać pomiaru natężenia oświetlenia za pomocą luksomierza. Rozmieszczenie punktów pomiarowych natężenia oświetlenia modułu fotowoltaicznego pokazuje rys. 4. Następnie należy zmierzyć napięcie jałowe U_{OC} . Po wykonaniu tych czynności należy powtórzyć pomiary dla napięcia na autotransformatorze U_{AT} wynoszącego 200 V, 180 V, 170 V, 160 V, 140 V, 120 V i 100 V. Wyniki pomiarów należy zapisywać w tab. 5, uzupełnić pozostałe kolumny tabeli, sporządzić wykres i skomentować uzyskaną zależność. W tym celu można skorzystać z gotowego programu LabView.

Tabela 5: Wyniki pomiarów

Moduł fotowoltaiczny W								
Lp.	U _{AT} [V]	Natężenie oświetlenia						Napięcie jałowe U _{OC} [V]
		[lx]						
		a	b	c	d	e	Średnie natężenie	
1	220							
2	200							
3	180							
4	170							
5	160							
6	140							
7	120							
8	100							
9	0	0	0	0	0	0	0	0

□ Wyliczenie sprawności modułu oraz współczynnika wypełnienia FF

Dzięki powyższym wynikom należy wyliczyć i skomentować sprawność, jak i współczynnik wypełnienia FF.

Wzory do obliczeń:

$$\eta = \frac{P_{MPP}}{E \cdot s} \cdot 100\% = \frac{I_{MPP} \cdot U_{MPP}}{E \cdot s} \cdot 100\%$$

$$FF = \frac{P_{MPP}}{I_{SC} \cdot U_{OC}} \cdot 100\% = \frac{I_{MPP} \cdot U_{MPP}}{I_{SC} \cdot U_{OC}} \cdot 100\%$$

Obliczenia można wykonać w gotowym programie LabView.

□ Badanie wpływu kąta padania strumienia świetlnego na parametry eksploatacyjne ogniwa fotowoltaicznego

Prowadzący wyznacza studentom moduł/moduły do zbadania. Po ustaleniu mocy i rodzaju modułu (polikrystaliczny lub monokrystaliczny) wyznaczony moduł należy umieścić na stanowisku za pomocą przymocowanych do niego śrub oraz nakrętek motylkowych (w przypadku badania więcej niż jednego modułu, należy pamiętać o odpowiednim poluzowaniu nakrętek przed wcześniejszym demontażem czy zmianą kąta nachylenia). Następnie przy pomocy kątomierza ustawić odpowiedni kąt modułu względem kąta padania strumienia świetlnego (najprościej ustawić środek żarówki na tej samej wysokości co środek modułu, a kąt nachylenia modułu ustalić względem stanowiska).

Po odpowiednim ustawieniu należy przejść do części badawczej. Dla badanego modułu należy za pomocą luksomierza zmierzyć natężenie światła padającego na moduł w pięciu różnych punktach (pokazanych na rys. 4) dla pięciu różnych wartości kąta nachylenia powierzchni modułu względem padających promieni świetlnych. Prowadzący wyznacza napięcie na autotransformatorze U_{AT} oraz wybiera wartość rezystancji R na rezystorze suwakowym. Dla każdego z kątów należy odczytać na wcześniej podłączonych (wg rys. 1 i rys. 2) miernikach: napięcie jałowe U_{OC} , napięcie na module przy podłączonym rezystorze suwakowym U_R oraz prąd I_R . Uzyskane wyniki należy zapisać w tab. 6. Następnie należy obliczyć moc czynną pobieraną przez moduł:

$$P_R = U_R \cdot I_R$$

oraz sporządzić wykresy $P_R = f(\alpha)$, $U_{OC} = f(\alpha)$. Na ich podstawie stworzyć wnioski z przeprowadzonych badań.

Tabela 6: Wyniki pomiarów

Moduł fotowoltaiczny ... W											
$U_{AT} = \dots V, R = \dots \Omega$											
Lp.	α	Natężenie oświetlenia E [lx]						U_{OC}	U_R	I_R	P_R
		a	b	c	d	e	Średnie natężenie	[V]	[V]	[mA]	[mW]
1	90										
2	75										
3	60										
4	45										
5	30										

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Zna budowę i podstawowe parametry techniczne modułów fotowoltaicznych (U_{OC} , I_{SC} , U_{MPP} , I_{MPP} , P_{max} , sprawność, współczynnik wypełnienia FF).
- W2. Rozumie wpływ natężenia oświetlenia, zacienienia oraz kąta padania promieniowania na pracę modułu PV.
- W3. Zna zasady wyznaczania charakterystyk prądowo–napięciowych i mocy modułu fotowoltaicznego oraz interpretacji tych charakterystyk.
- W4. Ma wiedzę na temat sposobu pomiaru natężenia oświetlenia i napięcia obwodu otwartego oraz ich wykorzystania przy ocenie pracy modułu.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi zmontować i przygotować do pracy stanowisko pomiarowe z modułem fotowoltaicznym, rezystorem nastawnym, woltomierzem, amperomierzem, autotransformatorem i luksomierzem.
- U2. Umie przeprowadzić serię pomiarów napięcia, prądu i mocy modułu PV dla różnych wartości obciążenia i natężenia oświetlenia oraz poprawnie wypełnić tabele pomiarowe.
- U3. Potrafi wyznaczyć charakterystyki $U=f(I)$ oraz $P=f(R)$ (oraz/lub $P=f(I)$, $P=f(U)$) dla różnych poziomów oświetlenia, a także porównać je na jednym wykresie.
- U4. Umie przeprowadzić badania wpływu zacienienia pojedynczego ogniwa na charakterystyki modułu i graficznie porównać pracę modułu w warunkach pełnego oświetlenia i zacienienia.
- U5. Potrafi wyznaczyć zależność napięcia obwodu otwartego U_{OC} od natężenia oświetlenia oraz zależności parametrów pracy modułu od kąta padania strumienia świetlnego.
- U6. Umie obliczyć sprawność modułu fotowoltaicznego oraz współczynnik wypełnienia FF na podstawie wyników pomiarów oraz zinterpretować uzyskane wartości.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie na stanowisku laboratoryjnym, przestrzegając zasad bezpieczeństwa (szczególnie w odniesieniu do źródła światła, wysokiej temperatury lampy i układów elektrycznych).
- K2. Potrafi współpracować w zespole przy podziale zadań (obsługa przyrządów, odczyt danych, notowanie, opracowanie wyników) oraz wspólnie interpretować otrzymane charakterystyki.
- K3. Wykazuje gotowość do samodzielnej analizy przyczyn rozbieżności pomiarów i krytycznej oceny jakości danych eksperymentalnych.

PROJEKT I REALIZACJA FUNKCJI SMART HOME NA PLATFORMIE MICRO:BIT

Mikrokontroler Micro:Bit

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie podstaw sterowania diodami LED za pomocą mikrokontrolera Micro:Bit. W ramach zadania należy zaprogramować prosty układ umożliwiający cykliczne włączanie i wyłączanie diody oraz przeprowadzić eksperymenty związane ze sterowaniem jasnością diody przy użyciu modulacji szerokości impulsu (PWM). Ważnym aspektem jest także zrozumienie mechanizmów cyfrowego sterowania wyjściami mikrokontrolera oraz praktyczne przetestowanie możliwości implementacji algorytmów sterujących. Cele szczegółowe obejmują:

- ▶ naukę obsługi platformy Micro:Bit i środowiska MakeCode,
- ▶ programowanie prostych funkcji cyklicznego włączania i wyłączania diody LED,
- ▶ wykorzystanie PWM do zmiany jasności świecenia diody,
- ▶ analizę wpływu parametrów PWM na efekt świetlny.

Przebieg ćwiczenia

Prace rozpoczynamy od konfiguracji sprzętu i połączenia płytki Micro:Bit z komputerem za pomocą kabla USB. Sprawdzamy poprawność wykrycia urządzenia przez system operacyjny, co potwierdzi pojawienie się nowego napędu o nazwie „MICROBIT(E:)”.

Kolejnym krokiem jest uruchomienie środowiska programistycznego MakeCode Micro:Bit. Tworzymy nowy projekt i rozpoczynamy budowę programu w trybie blokowym.

Pierwsza część zadania obejmuje stworzenie programu do cyklicznego migania diodą LED podłączoną do odpowiedniego pinu Micro:Bit. W tym celu wykorzystujemy bloki z sekcji „Podstawowe” oraz „Piny”. Algorytm opiera się na zmiennej zmianie stanu logicznego wyjścia cyfrowego z wartości HIGH (3 V) na LOW (0 V) w regularnych odstępach czasu wynoszących 500 ms.

Następnie przystępujemy do rozbudowy programu o funkcję sterowania jasnością diody LED przy pomocy PWM. Implementujemy mechanizm płynnego rozjaśniania i przyciemniania diody (tzw. efekt

„oddychania”), stosując funkcję `analogWrite()` z odpowiednimi wartościami wypełnienia impulsu:

- ▶ 0% wypełnienia (`analogWrite(0)`) – dioda zgaszona,
- ▶ 50% wypełnienia (`analogWrite(127)`) – dioda świeci na pół mocy,
- ▶ 100% wypełnienia (`analogWrite(255)`) – maksymalne świecenie.

Po zakończeniu budowy programu pobieramy go w formacie `.hex` i wgrywamy na płytkę Micro:Bit.

Wnioski

Przeprowadzone ćwiczenie pozwala na zdobycie praktycznej wiedzy dotyczącej programowania mikrokontrolerów oraz sterowania urządzeniami peryferyjnymi. Najważniejsze wnioski obejmują:

1. efektywność sterowania cyfrowego: zmiana stanu logicznego wyjść cyfrowych pozwala na proste, ale skuteczne sterowanie komponentami, takimi jak diody LED,
2. zastosowanie PWM: modulacja szerokości impulsu jest niezwykle przydatnym narzędziem pozwalającym na precyzyjne sterowanie jasnością diod LED oraz potencjalnie innymi elementami, np. silnikami,
3. wszechstronność Micro:Bit: pomimo niewielkich rozmiarów, Micro:Bit oferuje szerokie możliwości w zakresie programowania i sterowania, co czyni go doskonałą platformą edukacyjną dla początkujących programistów oraz elektroników,
4. znaczenie poprawnej konfiguracji: dokładne sprawdzenie połączeń oraz zgodność z dokumentacją jest kluczowe dla uniknięcia błędów podczas uruchamiania programu.

Podsumowując, ćwiczenie umożliwia efektywne wprowadzenie do świata programowania mikrokontrolerów oraz stanowi solidną podstawę do dalszych eksperymentów z zastosowaniem bardziej zaawansowanych komponentów elektronicznych.

Micro:Bit Smart Home

□ Cel ćwiczenia

Głównym celem ćwiczenia jest integracja różnych czujników i modułów w ramach systemu inteligentnego domu opartego na platformie Micro:Bit. Zadanie ma na celu opracowanie funkcjonalności związanych z automatycznym sterowaniem urządzeniami oraz wprowadzeniem podstawowych elementów bezpieczeństwa, takich jak system zabezpieczeń oparty na haśle. Szczególną uwagę poświęcono obsłudze interfejsów komunikacyjnych, prezentacji danych na wyświetlaczach LCD oraz wielozadaniowości układu.



Rys. 1. Model Micro:Bit Smart Home.

Cele szczegółowe obejmują:

- ▶ konfigurację i programowanie wyświetlacza LCD 16×2 do prezentacji danych w czasie rzeczywistym,
- ▶ wykorzystanie czujnika gazu MQ-2 do monitorowania stężenia substancji niebezpiecznych,
- ▶ zastosowanie czujnika temperatury i wilgotności DHT11,
- ▶ implementację mechanizmu ustalania i weryfikacji hasła dla funkcji dostępowych,
- ▶ budowę modelu wielozadaniowego systemu Smart Home.

Przebieg ćwiczenia

Prace rozpoczynamy od przygotowania platformy Micro:Bit oraz podłączenia niezbędnych komponentów. Szczególną wagę należy zwrócić na poprawne połączenie wyświetlacza LCD 16×02 z interfejsem komunikacyjnym I2C, co pozwala na efektywne wykorzystanie portów wejścia–wyjścia.

1. Konfiguracja wyświetlacza LCD 16×02:

- ▶ pobranie i zainstalowanie odpowiedniego rozszerzenia z GitHub,
- ▶ regulacja potencjometru znajdującego się z tyłu modułu LCD w celu zapewnienia optymalnej widoczności znaków,
- ▶ testowe wyświetlenie komunikatów, takich jak „Keyestudio” oraz inkrementacja liczb co 0,5 sekundy.

2. Integracja czujnika gazu MQ-2:

- ▶ czujnik podłączamy do płytki Micro:Bit, zapewniając ciągły monitoring stężenia gazów palnych i dymu,
- ▶ dane z czujnika prezentowane są na wyświetlaczu LCD w czasie rzeczywistym, umożliwiając szybkie reagowanie na wykryte zagrożenia.

3. Implementacja czujnika DHT11:

- ▶ czujnik temperatury i wilgotności konfigurujemy poprzez instalację dedykowanego rozszerzenia,
- ▶ po podłączeniu płytki do komputera, dane dotyczące temperatury i wilgotności są prezentowane w zakładce „Pokaż dane symulacji”.

4. Programowanie systemu zabezpieczeń:

- ▶ użytkownik może ustawić hasło za pomocą przycisków A i B na płytce Micro:Bit,
- ▶ hasło wprowadzone poprawnie powoduje wyświetlenie komunikatu „Sukces” i otwarcie drzwi, natomiast błędne hasło generuje komunikat „Error”.

5. Wielofunkcyjność systemu:

- ▶ czujnik wilgotności decyduje o automatycznym zamykaniu lub otwieraniu okna w zależności od poziomu wilgotności (próg 300),
- ▶ czujnik PIR aktywuje żółtą diodę LED przy wykryciu ruchu,
- ▶ moduł RGB zmienia kolor na fioletowy przy poprawnym wprowadzeniu hasła.

Zadanie problemowe

Celem zadania jest samodzielne zidentyfikowanie oraz rozwiązanie problemu technicznego związanego z automatyzacją procesów lub monitorowaniem parametrów środowiskowych, możliwego do realizacji na platformie Micro:Bit Smart Home. Student formułuje problem inżynierski, dobiera właściwe czujniki i elementy wykonawcze, a następnie projektuje oraz implementuje algorytm sterowania odpowiadający zdefiniowanemu zagadnieniu.

W ramach zadania należy:

1. przeprowadzić identyfikację problemu, którego rozwiązanie może zostać osiągnięte poprzez wykorzystanie dostępnych modułów (np. zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa, kontroli warunków środowiskowych, sygnalizacji lub automatyki),
2. dokonać świadomego doboru czujników i elementów wykonawczych adekwatnych do specyfiki problemu,
3. opracować algorytm działania systemu, uwzględniający kryteria decyzyjne oraz sposób reakcji układu na zmienne parametry wejściowe,
4. zaimplementować rozwiązanie w środowisku MakeCode oraz przeprowadzić jego weryfikację eksperymentalną,
5. dokonać oceny efektywności zaprojektowanego rozwiązania, wskazując potencjalne ograniczenia oraz możliwe kierunki dalszej rozbudowy systemu.

Wnioski

Przeprowadzone ćwiczenie umożliwia integrację różnorodnych komponentów elektronicznych w spójnym systemie inteligentnego domu. Najważniejsze wnioski obejmują:

1. **zastosowanie wyświetlaczy LCD:** wyświetlacze LCD 16×02 są skutecznym narzędziem do prezentacji danych w czasie rzeczywistym, co znacznie ułatwia monitorowanie parametrów systemu,
2. **wartość integracji czujników:** współpraca różnych czujników (gaz, temperatura, wilgotność, ruch) pozwala na stworzenie kompleksowego systemu monitorowania i kontroli środowiska,
3. **znaczenie bezpieczeństwa:** wprowadzenie mechanizmu hasłowego znacznie podnosi poziom bezpieczeństwa systemu, umożliwiając kontrolę dostępu do określonych funkcji,
4. **możliwości rozwoju:** system może być dalej rozwijany poprzez dodawanie kolejnych czujników, rozszerzanie funkcjonalności automatyzacji oraz integrację z bardziej zaawansowanymi platformami IoT.

Podsumowując, ćwiczenie stanowi kompleksowe wprowadzenie do projektowania i implementacji systemów inteligentnych domów, co pozwala na rozwój umiejętności w zakresie programowania mikrokontrolerów oraz projektowania systemów wbudowanych.

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Zna podstawy budowy i działania mikrokontrolera Micro:Bit oraz jego główne elementy (wejścia/wyjścia cyfrowe i analogowe, przyciski, komunikacja).
- W2. Rozumie zasady cyfrowego sterowania diodami LED oraz ideę modulacji szerokości impulsu (PWM) i jej wpływ na jasność świecenia.
- W3. Zna ogólne założenia funkcjonowania systemów typu Smart Home oraz rolę czujników (gaz, temperatura, wilgotność, ruch) i elementów wykonawczych.
- W4. Ma wiedzę na temat podstaw komunikacji z wyświetlaczem LCD 16×2 (I2C) oraz sposobów prezentacji danych w czasie rzeczywistym.
- W5. Rozumie ideę prostych systemów zabezpieczeń (mechanizm hasła) oraz znaczenie kontroli dostępu w systemach automatyki domowej.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi skonfigurować środowisko MakeCode, połączyć płytkę Micro:Bit z komputerem oraz wgrać przygotowany program na urządzenie.
- U2. Umie zaprogramować prosty układ sterowania diodą LED (miganie) oraz zrealizować efekt płynnej zmiany jasności z wykorzystaniem PWM.
- U3. Potrafi podłączyć i skonfigurować wyświetlacz LCD 16×2, czujnik gazu MQ-2, czujnik DHT11, czujnik ruchu PIR oraz moduł RGB do platformy Micro:Bit.
- U4. Umie odczytywać dane z czujników oraz prezentować je w czasie rzeczywistym na wyświetlaczu LCD lub w symulacji środowiska.
- U5. Potrafi zaimplementować prosty system zabezpieczeń oparty na hasle z wykorzystaniem przycisków Micro:Bit oraz powiązać poprawną/niepoprawną autoryzację z reakcją systemu (komunikaty, zmiana stanu elementów wykonawczych).
- U6. Umie zaprojektować i zaimplementować prostą funkcję Smart Home (zadanie problemowe): zidentyfikować problem, dobrać czujniki, opracować algorytm, zaimplementować go i przetestować w praktyce.
- U7. Potrafi analizować działanie zaprojektowanego układu, identyfikować błędy (w połączeniach lub kodzie) oraz wprowadzać modyfikacje poprawiające jego funkcjonalność.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie z układami elektronicznymi i sprzętem laboratoryjnym, dbając o poprawność połączeń oraz bezpieczeństwo pracy.
- K2. Potrafi współpracować w zespole podczas projektowania, implementacji i testowania funkcji Smart Home, dzieląc się zadaniami i wynikami.
- K3. Wykazuje inicjatywę i kreatywność w proponowaniu rozwiązań problemów technicznych oraz rozbudowie funkcjonalności systemu (np. dodatkowe scenariusze automatyzacji, nowe czujniki).
- K4. Jest gotów/gotowa do samodzielnego rozwijania kompetencji w zakresie programowania mikrokontrolerów, systemów wbudowanych i automatyki domowej.

POMIARY I ANALIZA DZIAŁANIA MODELU ELEKTROWNI WIATROWEJ

□ Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności analizowania i interpretowania parametrów pracy mini elektrowni wiatrowej oraz zrozumienie zależności pomiędzy warunkami przepływu powietrza a generowanymi wielkościami elektrycznymi. Ćwiczenie ma na celu rozwinięcie kompetencji w zakresie samodzielnego diagnozowania poprawności działania układów pomiarowych i zasilających, a także świadomego posługiwania się aparaturą opartą na mikrokontrolerach. Dodatkowo uczestnik doskonali umiejętność integrowania wiedzy teoretycznej z praktyką poprzez obserwację pracy stanowiska, rejestrację danych oraz ocenę wpływu zmian parametrów zewnętrznych na wartość napięcia, natężenia i mocy generowanej w układzie.

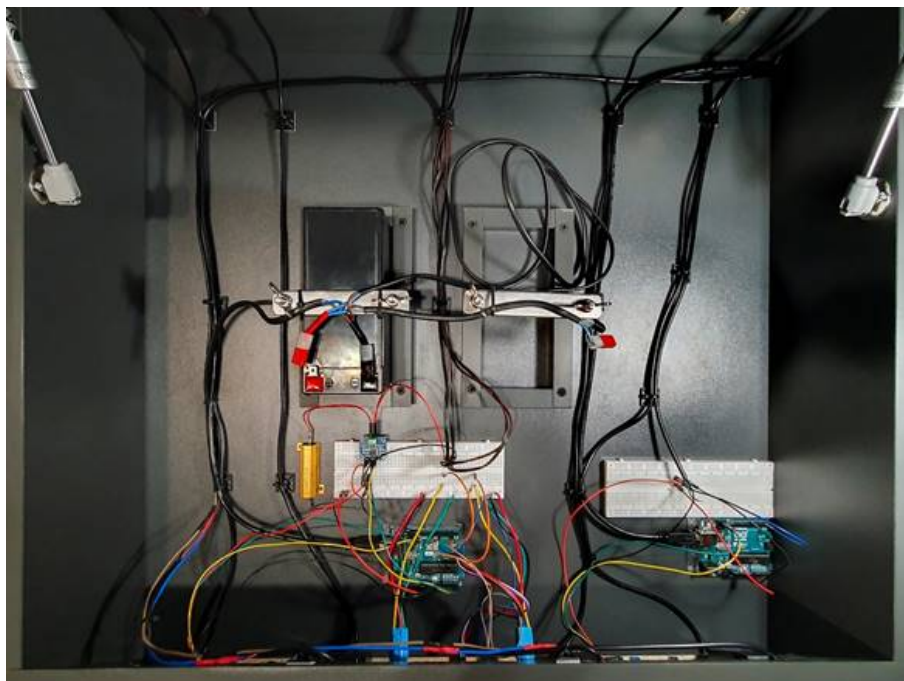
□ Wprowadzenie



Rys. 1. Wygląd makiety elektrowni wiatrowej.

W korpusie makiety umieszczono płytki Arduino Uno, płytki stykowe wraz z innymi elementami elektronicznymi, włączając w to akumulator o napięciu 12 V. Następnie przy pomocy wcześniej

wykonanych schematów połączeń zostały wykonane połączenia dla umieszczonych w korpusie komponentów elektronicznych. Całość przedstawia rysunek 2. Akumulator posiada specjalne mocowanie, które zapobiega jego przemieszczeniu, możliwe jest jego wyciągnięcie – wystarczy odłączyć oznaczone na czarno i czerwono przewody oraz odkręcić mocowanie. Do odpowiedniego rozmieszczenia grubszych przewodów zostały użyte uchwyty samoprzylepne, które przy pomocy trytytek zostały przytwierdzone do korpusu (rys. 3).



Rys. 2. Umieszczone i podłączone wewnątrz komponenty elektroniczne.



Rys. 3. Przymocowanie przewodów do pokrywy górnej.

Na rysunku 4 przedstawiono widok makiety, w której przewody zasilające wentylatory 12 V są

podłączone do akumulatora, a dwie płytki Arduino są zasilane za pomocą kabli USB-B. Prawidłowe podłączenie akumulatora można stwierdzić po zapalonych na czerwono diodach, które są wbudowane w wyłącznik każdego z czterech wentylatorów. Natomiast prawidłowe zasilenie dwóch płytek Arduino Uno można stwierdzić po włączonych wyświetlaczach oraz podświetlonych przyciskach.



Rys. 4. Makieta z podłączonym zasilaniem.

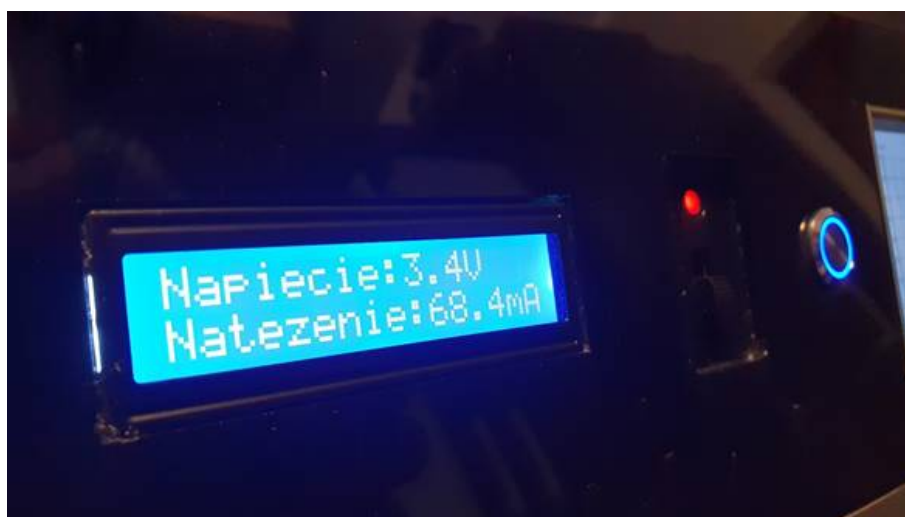
Każdy z 4 włączników posiada 3 tryby: 0 – wentylator wyłączony, I – wentylator włączony tryb niższy, II – wentylator włączony tryb wyższy. Dzięki różnorodności trybów pracy możliwe są bardziej zróżnicowane pomiary. Dokładny wygląd wyłącznika został pokazany na rysunku 5.



Rys. 5. Wyłącznik wentylatora 12 V.

Wartości napięcia i natężenia prądu elektrycznego są prezentowane na wyświetlaczu umiejscowionym z lewej strony (rys. 6) oraz przedstawione w postaci punktów wykresu na wyświetlaczu środkowym (rys. 7). Środkowy wyświetlacz został umiejscowiony pomiędzy dwoma przyciskami, nowe punkty są nanoszone na wykres co jedną sekundę. Zmiana siły wiejącego wiatru od wartości zerowej do

maksymalnej pozwalana na wypełnienie wykresu punktami. Umieszczony po lewej stronie niebieski przycisk „reset” umożliwia usunięcie dotychczas narysowanych punktów wykresu. Jest to realizowane poprzez ponowne wgranie tła, siatki oraz opisów wykresu. Umieszczony z prawej strony czerwony przycisk „stop” (bistabilny) posiada 2 stany: stan 1 tzn. odkliknięty – możliwe rysowanie punktów wykresu, stan 2 tzw. wklknięty – umożliwia wstrzymanie rysowania nowych punktów. Na wyświetlaczu umieszczonym z prawej strony (rys. 8) jest wyświetlana aktualna wartość prędkości wiatru w miejscu, w którym został umieszczony czujnik.



Rys. 6. Wyświetlane wartości napięcia i natężenia.



Rys. 7. Wyświetlane na wyświetlaczu wartości napięcia i natężenia w postaci punktów na wykresie, przycisk „reset” oraz przycisk „stop”.



Rys. 8. Wyświetlana aktualna wartość prędkości wiatru.

Stosując zależność na moc prądu stałego (równanie 1), została obliczona moc mini-elektrowni wiatrowej, która wyniosła 0.23 W. Obliczeń dokonano przy maksymalnym stopniu nawiewu skierowanym ze wszystkich 4 wentylatorów na turbinki, poprzez odczyt wartości napięcia i prądu elektrycznego.

$$P = U \times I \text{ [W]} \quad (1)$$

gdzie: P – moc [W], U – napięcie elektryczne [V], I – natężenie prądu elektrycznego [A].

Zadanie

Celem zadania jest przeprowadzenie analizy pracy mini-elektrowni wiatrowej w różnych warunkach przepływu powietrza. W pierwszym etapie należy uruchomić stanowisko, zwracając uwagę na prawidłowe podłączenie akumulatora, zasilania płytek Arduino oraz wyłączników wentylatorów. Następnie, zmieniając stopień nawiewu każdego z czterech wentylatorów, należy obserwować reakcję turbinki oraz rejestrować wartości napięcia i natężenia prądu prezentowane na wyświetlaczach.

Na podstawie uzyskanych wartości napięcia i natężenia należy obliczyć moc generowaną przez mini-elektrownię przy różnych ustawieniach nawiewu, stosując zależność $P = U \times I$. Wyniki należy zinterpretować, porównując wpływ zmiany strumienia powietrza na parametry elektryczne oraz efektywność modelu. W podsumowaniu należy sformułować wnioski dotyczące działania stanowiska oraz czynników wpływających na wielkości pomiarowe.

Efekty uczenia się

Wiedza (W)

- W1. Ma wiedzę na temat budowy oraz zasad działania mini-elektrowni wiatrowej, w tym relacji pomiędzy parametrami przepływu powietrza a wytwarzanymi wielkościami elektronicznymi.
- W2. Rozumie funkcjonowanie podzespołów pomiarowych opartych na mikrokontrolerach, takich jak Arduino Uno, wyświetlacze parametrów i czujniki prędkości wiatru.
- W3. Zna zasady poprawnego wykonywania pomiarów napięcia, prądu i mocy dla układów prądu stałego.
- W4. Rozumie wpływ warunków przepływu (siła nawiewu, liczba aktywnych wentylatorów) na charakterystyki pracy turbiny oraz efektywność konwersji energii.
- W5. Zna podstawowe zasady bezpiecznej pracy z układami zasilanymi z akumulatora oraz układami mechatronicznymi.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi prawidłowo uruchomić i skonfigurować stanowisko pomiarowe mini-elektrowni wiatrowej, w tym ocenić poprawność połączeń zasilania oraz pracy mikrokontrolerów.
- U2. Umie samodzielnie wykonać pomiary napięcia, prądu oraz odczytać dane wyświetlane na ekranach pomiarowych, w tym analizę wykresu generowanego w czasie rzeczywistym.
- U3. Potrafi rejestrować dane pomiarowe dla różnych ustawień nawiewu wentylatorów i dokumentować zmiany parametrów elektrycznych w funkcji dostarczanego strumienia powietrza.
- U4. Umie obliczyć moc generowaną przez mini-elektrownię, a następnie zinterpretować uzyskane wyniki w odniesieniu do teorii konwersji energii wiatru.
- U5. Potrafi analizować wpływ czynników zewnętrznych na wydajność turbiny oraz identyfikować możliwe przyczyny odchyleń pomiarowych.
- U6. Umie wykorzystać wyniki pomiarów do formułowania wniosków inżynierskich dotyczących pracy układu i jego efektywności.

Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie i zgodnie z zasadami bezpieczeństwa podczas obsługi zasilania, wentylatorów i układów elektronicznych.
- K2. Potrafi współdziałać w zespole przy wykonywaniu pomiarów, analizie danych i interpretacji wyników.

- K3. Wykazuje gotowość do rozwiązywania problemów technicznych związanych z działaniem stanowiska, np. nieprawidłowych odczytów lub nieprawidłowej pracy elementów.
- K4. Rozumie konieczność ciągłego doskonalenia umiejętności w zakresie pomiarów, analizy danych oraz pracy z systemami mechatronicznymi.

BADANIE SILNIKÓW PRĄDU STAŁEGO I SERWOMECHANIZMÓW

Silniki prądu stałego

Cel ćwiczenia

1. Zapoznanie się z zasadami przygotowania projektów na platformę Arduino.
2. Poznanie działania silnika prądu stałego.

Wprowadzenie

Silnik (rys. 1) zawiera magnesy, cewki (z uzwojeniami), komutator, wał i szczotki. W uzwojeniach płynie prąd, a wokół uzwojeń wytwarza się pole magnetyczne. Lewa strona wirnika jest odpychana, co powoduje jego obrót w prawo. Następnie komutator zmienia kierunek przepływu prądu w uzwojeniach, dzięki czemu następuje zmiana kierunku pola magnetycznego. Wszystkie kroki się powtarzają, a wirnik obraca się wokół wału.



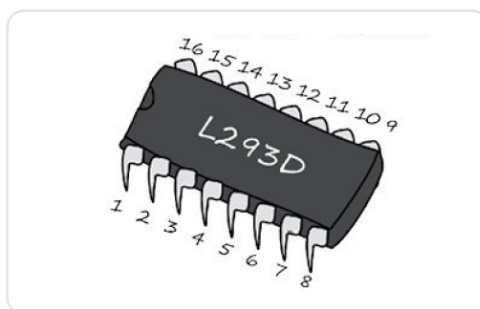
Rys. 1. Silnik DC.

Mostek H to układ złożony z czterech przełączników. Jeżeli styki przełączników znajdujących się na przekątnej są zamknięte, to właśnie nimi płynie prąd. Jeżeli je otworzymy, lecz zamkniemy styki

dwóch pozostałych przełączników, to prąd popłynie w drugą stronę, a tym samym zmieni się kierunek obrotów.

Mostek nie występuje na ogół sam. Wmontowany jest na przykład w układ L293D (w zasadzie układ ten zawiera dwa mostki H), czyli sterownik silników.

Mostek można również spotkać w wersji L293, jednak używając takiej wersji sterownika, musisz pamiętać o tym, aby do układu wpinać diody zabezpieczające przed przepięciami. Przy L293D mamy to z głowy, ponieważ takie diody znajdują się już wewnątrz obudowy sterownika.



Rys. 2. Układ L293D.

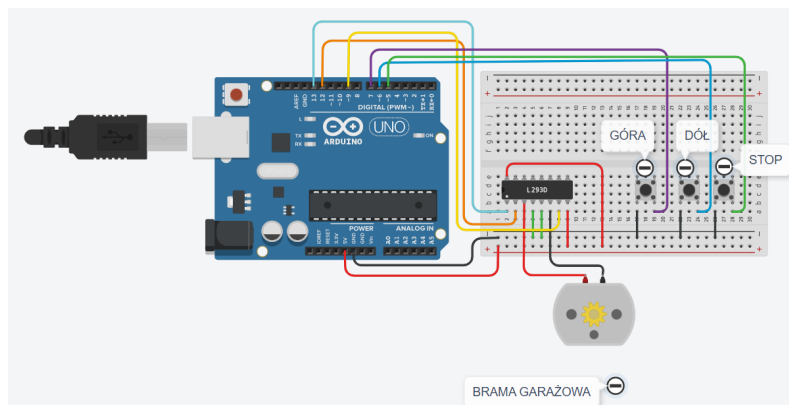
Opis wyprowadzeń (L293D)

Konfiguracja pinów	
1. ENABLE 1 (kanały 1 i 2)	9. ENABLE 2 (kanały 3 i 4)
2. INPUT 1 (wejście 1)	10. INPUT 3 (wejście 3)
3. OUTPUT 1 (wyjście 1)	11. OUTPUT 3 (wyjście 3)
4. GND (masa)	12. GND (masa)
5. GND (masa)	13. GND (masa)
6. OUTPUT 2 (wyjście 2)	14. OUTPUT 4 (wyjście 4)
7. INPUT 2 (wejście 2)	15. INPUT 4 (wejście 4)
8. VCC2 (silniki 4.5–36V)	16. VCC1 (logika 5V)

Ćwiczenie 1.

Napisz program, który symuluje zautomatyzowaną bramę garażową.

1. Podłącz układ zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 3.



Rys. 3. Schemat układu bramy garażowej.

2. Przeanalizuj program :

```
void setup(){
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
  digitalWrite(13, HIGH);

  pinMode(7,INPUT_PULLUP);
  pinMode(6,INPUT_PULLUP);
  pinMode(5,INPUT_PULLUP);
}
void loop(){
  if(digitalRead(7)==LOW){
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(9,HIGH);
  }
  if(digitalRead(6)==LOW){
    digitalWrite(12,HIGH);
    digitalWrite(9,LOW);
  }
  if(digitalRead(5)==LOW){
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(9,LOW);
  }
  delay(50);
}
```

3. Dołącz diody – czerwoną i zieloną – sygnalizujące, że brama jedzie do góry albo na dół.

4. Przetestuj działanie programu. Dołącz screen działającego układu.

Ćwiczenie 2.

1. Przeprowadź symulację prostego układu z jednym Arduino, dwoma diodami LED i dwoma silnikami prądu stałego.

W układzie, ze względów bezpieczeństwa, warto dołożyć zewnętrzne zasilanie. Prąd pobierany przez silnik podczas rozruchu oraz obciążenia jest zbyt wysoki dla mikrokontrolera. Istnieje bardzo duże ryzyko, że przy bezpośrednim podłączeniu pinów Arduino do silnika mogłoby zostać ono uszkodzone.

W takim układzie:

- ▶ zasilanie z Arduino odpowiada za sekcję logiczną układu,
- ▶ zasilanie z baterii 9V odpowiada za sekcję wykonawczą.

Efektem działania programu powinno być:

- ▶ imitowanie prostej funkcjonalności deskorolki elektrycznej (obracania w miejscu) – diody umieszczone po obu stronach powinny zapalać się i wskazywać kierunek obrotu,
- ▶ zapalenie diody, płynne rozpędzanie silników w dowolnym kierunku, następnie płynne hamowanie obu silników,
- ▶ zmiana kierunku obrotów, zgaszenie świecącej diody i zapalenie drugiej diody oraz płynne rozpędzanie silników w przeciwnym kierunku, następnie płynne hamowanie,
- ▶ zmiana kierunku obrotów, zgaszenie świecącej diody i zapalenie drugiej diody oraz płynne rozpędzanie silników w przeciwnym kierunku, następnie płynne hamowanie,
- ▶ itd.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy:

- ▶ opisać przebieg ćwiczenia (wraz z kodem programu),
- ▶ dołączyć kod programu w pliku tekstowym,
- ▶ sformułować wnioski.

Serwomechanizmy

□ Cel ćwiczenia

1. Zapoznanie się z zasadami przygotowania projektów na platformę Arduino.
2. Poznanie działania serwomechanizmów.

Wprowadzenie

Serwomechanizm (rys. 4) jest to zamknięty układ sterowania ze sprzężeniem zwrotnym. Sygnałem wyjściowym jest położenie, przyspieszenie, prędkość lub – najczęściej – przesunięcie. Gdy na linię danych podawany jest sygnał stały – serwomechanizm się nie porusza, natomiast gdy sygnał się zmienia – następuje ustawienie go w odpowiedniej pozycji.



Rys. 4. Serwomechanizm.

Zasilanie serwomechanizmu najlepiej zapewnić z zewnętrznego źródła, np. bateria 9V lub zasilacz gniazdkowy. Arduino do tego celu się nie nadaje, co jest spowodowane małą maksymalną wartością prądu dla pojedynczego wyprowadzenia (ok. 40 mA).

Ważne: Stabilizator napięcia oraz Arduino muszą być połączone wspólną masą (GND). Inaczej całość nie będzie działać.

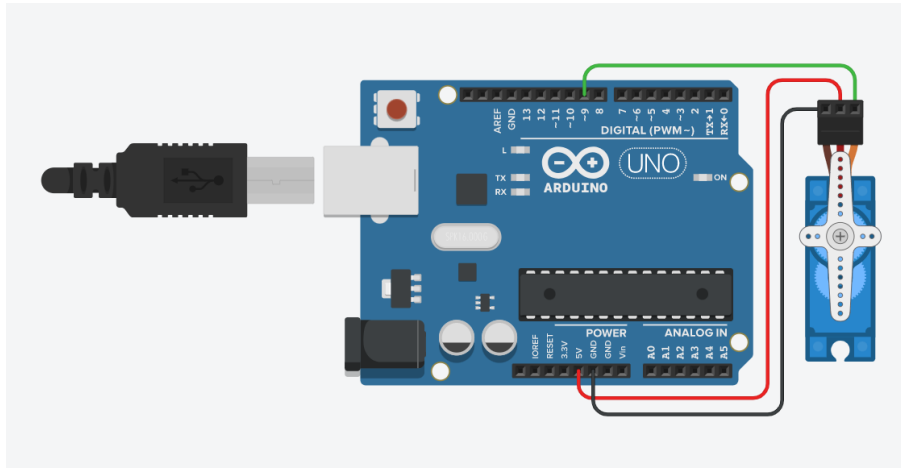
Typowe wyprowadzenia:

- ▶ czerwony – zasilanie (5V),
- ▶ żółty/pomarańczowy – sterowanie,
- ▶ czarny/brązowy – masa (GND).

Ćwiczenia

Ćwiczenie 1.

1. Podłącz układ wg schematu przedstawionego na rys. 5.



Rys. 5. Schemat układu.

2. Na początek dołącz odpowiednią bibliotekę:

```
##include "Servo.h" // Biblioteka suca do obsługi serwomechanizmu
```

3. Następnie utwórz obiekt myservo i ustal początkową pozycję serwa.

```
Servo myservo; // Utworzenie obiektu myservo  
int pos = 0; // Początkowa pozycja serwa
```

4. W funkcji setup() ustaw przyłączenie serwomechanizmu do pinu 9 w Arduino.

```
void setup() {  
    myservo.attach(9); // Przyczenie serwomechanizmu do pinu 9 w Arduino  
}
```

5. W funkcji loop() określ zmianę pozycji do 180 stopni oraz ustawienie zadanej pozycji.

```
void loop() {
  for(pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // Zmiana pozycji (dodawanie) do 180
    stopni
    myservo.write(pos); // Ustawienie zadanej pozycji
    delay(15); // Czas na zmian pozycji
  }
}
```

6. Analogicznie określ odejmowanie pozycji po osiągnięciu maksimum.

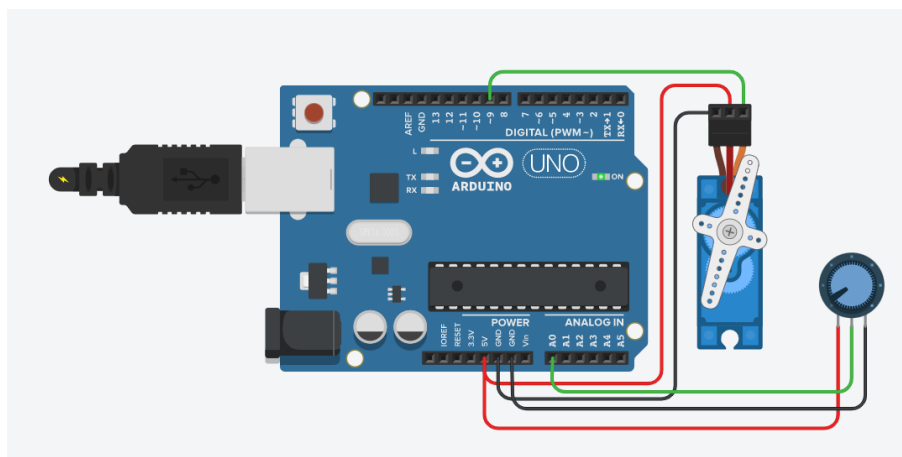
```
for(pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) {
  myservo.write(pos);
  delay(15);
}
}
```

7. Wgraj kod i sprawdź działanie.

Ćwiczenie 2.

W Ćwiczeniu 2 wykorzystaj potencjometr 10k Ω do zmiany położenia orczyka. Wprowadzenie do układu potencjometru pozwoli na odczytanie jego wartości na pinie analogowym oraz przeskalowanie wartości z 0–1023 na 0–180.

1. Podłącz układ wg schematu przedstawionego na rys. 6.



Rys. 6. Schemat układu.

2. Na początek dołącz odpowiednią bibliotekę.

```
##include "Servo.h"
```

3. Następnie utwórz obiekt `myservo` i ustal numer pinu analogowego, do którego podłączyłeś potencjometr.

```
Servo myservo; // Utworzenie obiektu myservo
int potpin = 0; // Numer pinu analogowego, do ktrego podczamy potencjometr
int val; // Zmienna na warto odczytan
```

4. W funkcji `setup()` ustaw przyłączenie serwomechanizmu do pinu 9 w Arduino.

```
void setup() {
    myservo.attach(9);
}
```

5. W funkcji `loop()` ustal odczytanie wartości z potencjometru oraz przeskalowanie wartości z 0–1023 na 0–180.

```
void loop() {
    val = analogRead(potpin); // Odczytanie wartoci z potencjometru (0-1023)
    val = map(val, 0, 1023, 0, 180); // Przeskalowanie wartoci z 0-1023 na 0-180
    myservo.write(val); // Ustawienie pozycji serwa
    delay(15); // Czas na wykonanie ruchu
}
```

6. Przetestuj działanie programu.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy:

- ▶ opisać przebieg ćwiczenia (wraz z kodem programu),
- ▶ dołączyć kod programu w pliku tekstowym,
- ▶ sformułować wnioski.

Efekty uczenia się (poziom 6 PRK)

Wiedza (W)

- W1. Ma uporządkowaną wiedzę dotyczącą budowy i zasady działania silników prądu stałego oraz serwomechanizmów, ze szczególnym uwzględnieniem roli komutatora, uzwojeń, sprzężenia zwrotnego i modulacji sygnału sterującego.
- W2. Zna zasadę działania układu mostka H oraz jego implementację w sterownikach typu L293D, a także rozumie zależność kierunku obrotów silnika od konfiguracji przełączników.
- W3. Rozumie podstawowe reguły projektowania i zasilania układów elektromechanicznych, w tym konieczność stosowania osobnych źródeł zasilania dla sekcji logicznej i wykonawczej.
- W4. Zna właściwości sygnałów sterujących silnikami (PWM, sygnał pozycyjny serwa) oraz ich wpływ na prędkość, kierunek i pozycję.
- W5. Rozumie zasady bezpiecznej pracy z układami wykonawczymi, w tym ograniczenia prądowe mikrokontrolerów i funkcję diod zabezpieczających.

Umiejętności (U)

- U1. Potrafi zbudować i uruchomić układ sterowania silnikiem DC oraz serwomechanizmem z wykorzystaniem mikrokontrolera Arduino i odpowiednich sterowników.
- U2. Umie zaprogramować mikrokontroler do realizacji funkcji ruchu, w tym sterowania kierunkiem, prędkością, zatrzymaniem oraz efektami sygnalizacji optycznej.
- U3. Potrafi zastosować modulację PWM do płynnego sterowania prędkością silników oraz do regulacji położenia serwomechanizmu na podstawie sygnałów analogowych (np. potencjometru).
- U4. Umie analizować działanie układu na podstawie obserwacji efektów ruchu oraz odczytów wejść/wyjść mikrokontrolera.
- U5. Potrafi zdiagnozować typowe problemy w działaniu układu (zbyt małe napięcie, błędne masy, przeciążenie pinów, nieprawidłowe podłączenia sterownika).
- U6. Umie dokumentować przebieg doświadczenia, interpretować otrzymane wyniki oraz formułować wnioski inżynierskie dotyczące działania układów mechatronicznych.

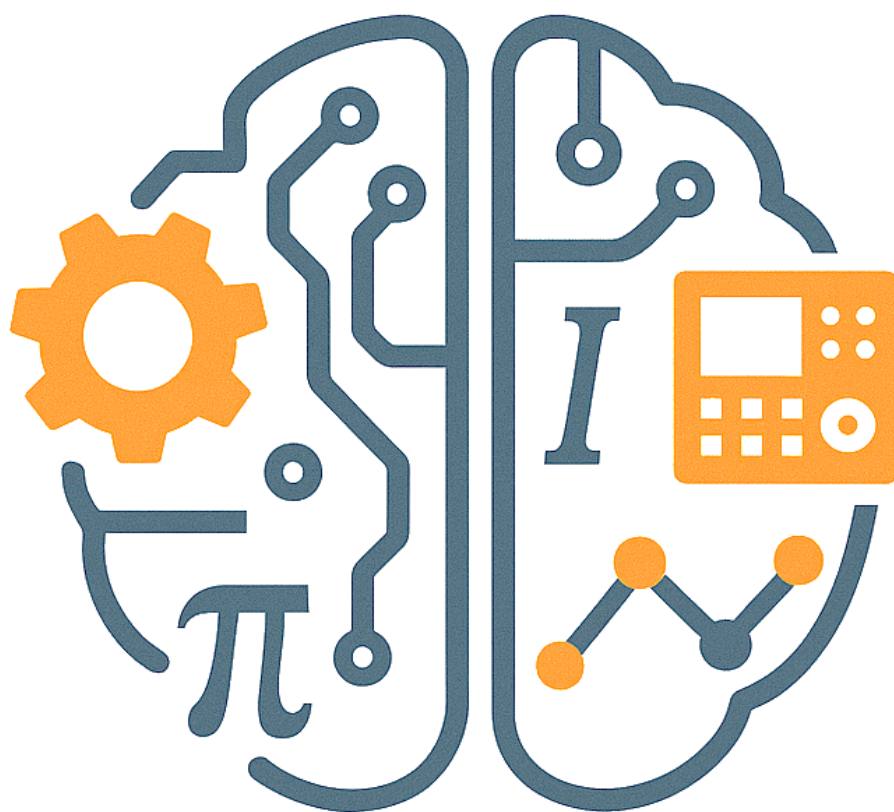
Kompetencje społeczne (K)

- K1. Pracuje odpowiedzialnie, przestrzegając zasad bezpieczeństwa przy pracy z elementami elektromechanicznymi i zasilaczami.

- K2. Współpracuje w zespole przy montażu układów, testowaniu programów i analizie działania systemu, dzieląc się zadaniami zgodnie z potrzebami grupy.
- K3. Przejawia gotowość do samodzielnego rozwiązywania problemów projektowych i programistycznych oraz poprawy działania układu na podstawie obserwacji.
- K4. Rozumie konieczność stałego doskonalenia umiejętności z zakresu programowania mikrokontrolerów i elektroniki praktycznej.



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH



MatMechBio

Projekt MatMechBio – Innowacyjne Nauczanie Problemowe i Technologie dla Poprawy Jakości Kształcenia w obszarze GZM został dofinansowany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w ramach Programu „Metropolitalny Fundusz Wspierania Nauki”.



Górnośląsko-
Zagłębiowska
Metropolia