



**Politechnika  
Śląska**

## **PROJEKT INŻYNIERSKI**

System wizualizacji danych webowego interfejsu Maszyny W z użyciem  
mikrokontrolera ESP32

**Bartosz FARUGA**  
Nr albumu: 305985

**Kierunek:** Informatyka  
**Specjalność:** Bazy danych i inżynieria systemów

**PROWADZĄCY PRACĘ**  
dr. inż. Tomasz Rudnicki  
**KATEDRA SYSTEMÓW CYFROWYCH**  
**Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki**

**OPIEKUN, PROMOTOR POMOCNICZY**  
**⟨stopień naukowy imię i nazwisko⟩**

**Gliwice 2025**



**Tytuł pracy**

System wizualizacji danych webowego interfejsu Maszyny W z użyciem mikrokontrolera ESP32

**Streszczenie**

(Streszczenie pracy – odpowiednie pole w systemie APD powinno zawierać kopię tego streszczenia.)

**Słowa kluczowe**

(2-5 slow (fraz) kluczowych, oddzielonych przecinkami)

**Thesis title**

Thesis title in English

**Abstract**

(Thesis abstract – to be copied into an appropriate field during an electronic submission – in English.)

**Key words**

(2-5 keywords, separated by commas)



# Spis treści

<b>1 Wstęp</b>	<b>1</b>
1.1 Cel pracy . . . . .	1
1.2 Analiza rozwiązań literaturowych . . . . .	1
<b>2 Przykładowa realizacja systemu wizualizacji</b>	<b>3</b>
2.1 Założenia realizacyjne . . . . .	3
2.2 Schemat blokowy . . . . .	4
<b>3 Część projektowa</b>	<b>5</b>
3.1 System mikroprocesorowy . . . . .	5
3.2 Adresowalne diody LED . . . . .	6
3.3 Przyciski . . . . .	6
3.4 Podświetlenie LED . . . . .	7
3.5 Enkoder . . . . .	7
3.6 Przełącznik trybów . . . . .	7
<b>4 Schematy bloków systemu wizualizacji</b>	<b>9</b>
4.1 System mikroprocesorowy – płyta główna . . . . .	9
4.2 Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy . . . . .	10
4.3 Wyświetlacz siedmiosegmentowy dwucyfrowy . . . . .	11
4.4 Połączenia pomiędzy blokami . . . . .	11
<b>5 Część konstrukcyjna</b>	<b>13</b>
5.1 Obwody drukowane . . . . .	13
5.1.1 Płyta główna . . . . .	13
5.1.2 Wyświetlacze siedmiosegmentowe . . . . .	15
5.2 Opis złącz . . . . .	16
5.2.1 Płyta główna . . . . .	16
5.3 Wyświetlacze segmentowe . . . . .	16
<b>6 Weryfikacja i walidacja</b>	<b>17</b>

<b>7 Podsumowanie i wnioski</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>21</b>
<b>Spis skrótów i symboli</b>	<b>23</b>
<b>Źródła</b>	<b>25</b>
<b>Lista dodatkowych plików, uzupełniających tekst pracy</b>	<b>27</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>29</b>
<b>Spis tabel</b>	<b>31</b>

# Rozdział 1

## Wstęp

### 1.1 Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest opracowanie systemu wizualizacji danych pochodzących z webowego interfejsu Maszyny W z wykorzystaniem mikrokontrolera ESP32-S3.

Opracowane w ramach pracy dyplomowej urządzenie umożliwia odwzorowanie w czasie rzeczywistym wartości liczbowych oraz sygnałów sterujących symulatorem Maszyny W na adresowalnych diodach RGB. Ponadto system pozwala na zdalne sterowanie funkcjami symulatora zarówno za pomocą przycisków fizycznych, jak i interfejsu internetowego. System obsługuje hosting interfejsu webowego bezpośrednio na mikrokontrolerze oraz zapewnia komunikację pomiędzy ESP32 a interfejsem. Wykorzystany w tym celu protokół WebSocket umożliwia natychmiastową synchronizację zmian między stroną internetową a wyświetlaczem, co pozwala użytkownikowi na intuicyjny i interaktywny monitoring oraz kontrolę stanu Maszyny W.

### 1.2 Analiza rozwiązań literaturowych



# Rozdział 2

## Przykładowa realizacja systemu wizualizacji

### 2.1 Założenia realizacyjne

Pierwszym etapem budowy systemu wizualizacji danych jest projektowanie, które powinno być poprzedzone przemyśleniami dotyczącymi możliwych реализациj oraz wyborem tych, które są optymalne i spełniają przyjęte założenia. Założenia dodatkowe nie są bezwzględnie wymagane, ale mogą poszerzyć tworzone rozwiązań o alternatywne sposoby działania.

Założenia podstawowe:

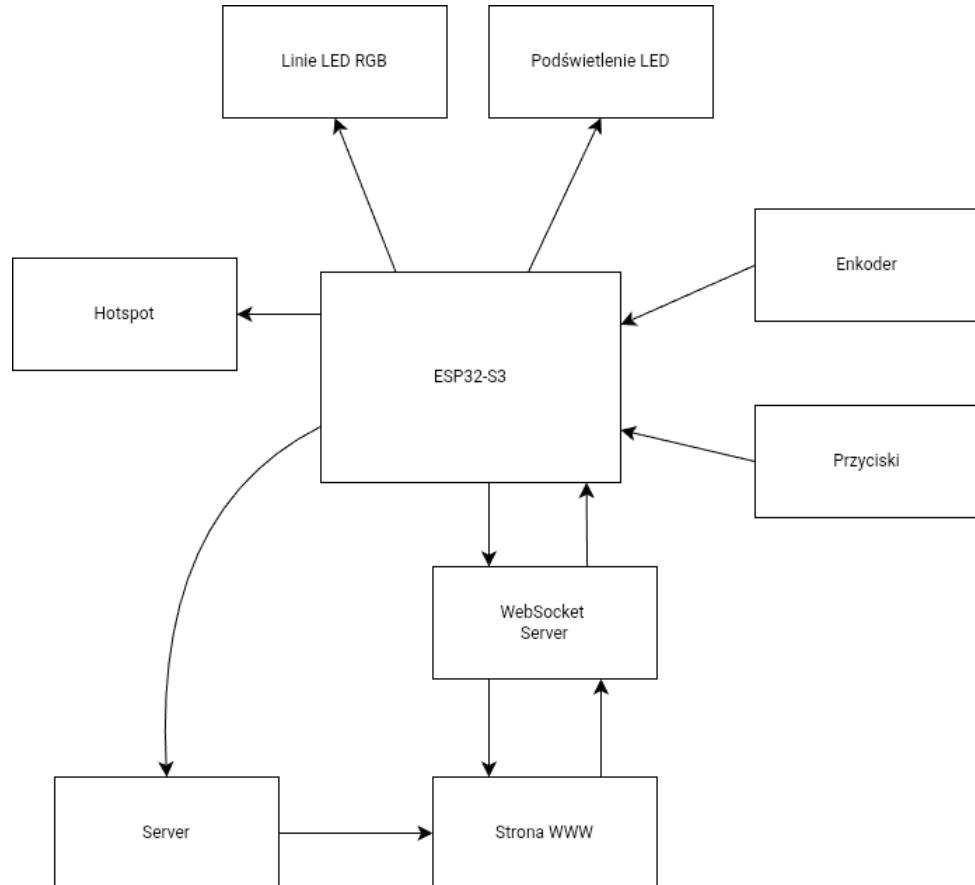
- dedykowany układ dla mikrokontrolera z odpowiednimi wyprowadzeniami,
- dedykowany układ dla LED-owych wyświetlaczy siedmiosegmentowych,
- konstrukcja kompletnego układu elektronicznego z układów mikrokontrolera, wyświetlacz LED oraz przycisków,
- hosting strony internetowej bezpośrednio na urządzeniu wraz z przesyłem danych pomiędzy urządzeniem a stroną,
- wizualizacja informacji pobieranych ze strony internetowej na adresowalnych diodach LED,
- przesył informacji o wciśniętych przyciskach do strony internetowej,
- obsługa podświetlenia modelu Maszyny W diodami LED.

Założenia dodatkowe:

- lokalna symulacja Maszyny W na mikrokontrolerze,
- obsługa enkodera do wprowadzania wartości liczbowych.

## 2.2 Schemat blokowy

Na rysunku poniżej (Rys. 2.1) przedstawiono przykładowy schemat blokowy systemu wizualizacji interfejsu maszyny (SWIM). Schemat uwzględnia zarówno bloki spełniające założenia podstawowe, jak i dodatkowe.



Rysunek 2.1: Schemat blokowy SWIM

# Rozdział 3

## Część projektowa

### 3.1 System mikroprocesorowy

Ze względu na wymaganą komunikację sieciową projektu, zdecydowano się na użycie prostego mikrokontrolera z rodziny ESP32. Głównymi zadaniami użytego mikrokontrolera jest obsługa dwóch linii adresowalnych diod LED, obsługa 17 przycisków wraz z enkoderem, kontrola podświetlenia LED oraz hosting strony internetowej.

Ze względu na dostępność, popularność, bogatą dokumentację oraz niską cenę zdecydowano się na użycie mikrokontrolera *ESP32-S3-WROOM-1* firmy *Espressif Systems*

Własności układu

- dwurdzeniowy 32-bitowy mikroprocesor *Xtensa LX7*,
- 16MB pamięci flash,
- 16MB pamięci PSRAM,
- 512MB pamięci SRAM,
- 36 portów GPIO,
- komunikacja 2.4GHz WiFi (802.11b/g/n) oraz Bluetooth 5,
- wbudowana antena,
- wsparcie dla: I2C, LED PWM, USB Serial,
- zasilanie napięciem 3.3V.

## 3.2 Adresowalne diody LED

Projekt zakładał wizualizację wielu informacji na znaczących rozmiarów modelu Maszyny W. Przewidywana liczba pojedyńczych diod LED przekracza 600. Oznaczać to może znaczące spadki napięcia na długiej linii LED.

Podczas wstępnych testów linii 5V zaobserwowano zauważalny spadek jakości odzwierciedlania kolorów.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione wymagania zdecydowano się na użycie adresowalnych diod *WS2815B-V1* firmy WORLDSEMI. Wybrany model diod pozwala na indywidualne zadawanie wartości Red, Green oraz Blue każdej z nich. Wyższe napięcie zasilania eliminuje powstałe w wyniku spadków napięcia zmiany barwy.

### Własności elementu

- napięcie pracy 12V,
- obudowa 5050,
- montaż SMD,
- częstotliwość odświeżania 4kHz.

## 3.3 Przyciski

W celu zapewnienia pełnej obsługi Maszyny W potrzebne jest wykorzystanie 17 monostabilnych przycisków. Symulator w wersji podstawowej udostępnia użytkownikowi 16 możliwych sygnałów: *czyt, wys, wei, il, wyad, weak, pisz, przep, wel, wyl, dod, ode, wes, weja, wyak, wea*. Do wymienionych sygnałów należy również wliczyć przycisk *takt*, który zapewni możliwość wykonania zadanego rozkazu.

Zdecydowano się na wykorzystanie przełączników *MX Blue* firmy *Cherry*. Według dokumentacji producenta wyżej wymieniony przełącznik klawiaturowy pozwala na 50 milionów kliknięć. Pozwoli to na długofletną, niezawodną działalność. Wykorzystanie przycisków typu *Blue* oferujących słyszalny odgłos kliknięcia przy wciskaniu. Daje to użytkownikowi informację zwrotną o stanie przełącznika.

Wykorzystanie tak dużej liczby przycisków wymaga użycia multipleksera 16:4. Z uwagi na niską cenę, łatwą dostępność oraz niewielki wymiar wybrano model *CD74HC4067M* firmy *Texas Instruments*.

## 3.4 Podświetlenie LED

Chcąc zapewnić przyjazny wizualnie wygląd modelu SWIM zdecydowano się na podświetlenie następujących elementów:

- licznik rozkazów,
- akumulator,
- rejestr instrukcji,
- rejesty A oraz S,
- logo Politechniki Śląskiej.

Wykorzystano do tego 12V linie diod LED.

*TODO skończyć tekst PODŚWIETLENIA LED*

## 3.5 Enkoder

Do wprowadzania danych liczbowych w lokalnym trybie działania urządzenia zastosowano enkoder obrotowy z przyciskiem. Wykorzystanie enkodera:

- zwiększanie/zmniejszanie wartości liczbowych w zależności od kierunku obrotu,
- aktywacja trybu wprowadzania danych poprzez przytrzymanie przycisku,
- przełączanie między polami wprowadzania danych przy użyciu szybkich kliknięć.

Enkoder pozwala użytkownikowi w prosty i intuicyjny sposób sterować parametrami urządzenia bez korzystania z interfejsu sieciowego.

## 3.6 Przełącznik trybów

Jednym z założeń dodatkowych projektu jest możliwość przełączania SWIM między trybami lokalnym oraz sieciowym. Aby zapewnić taką możliwość bezpośrednio z poziomu modelu wykorzystano przełącznik bistabilny.

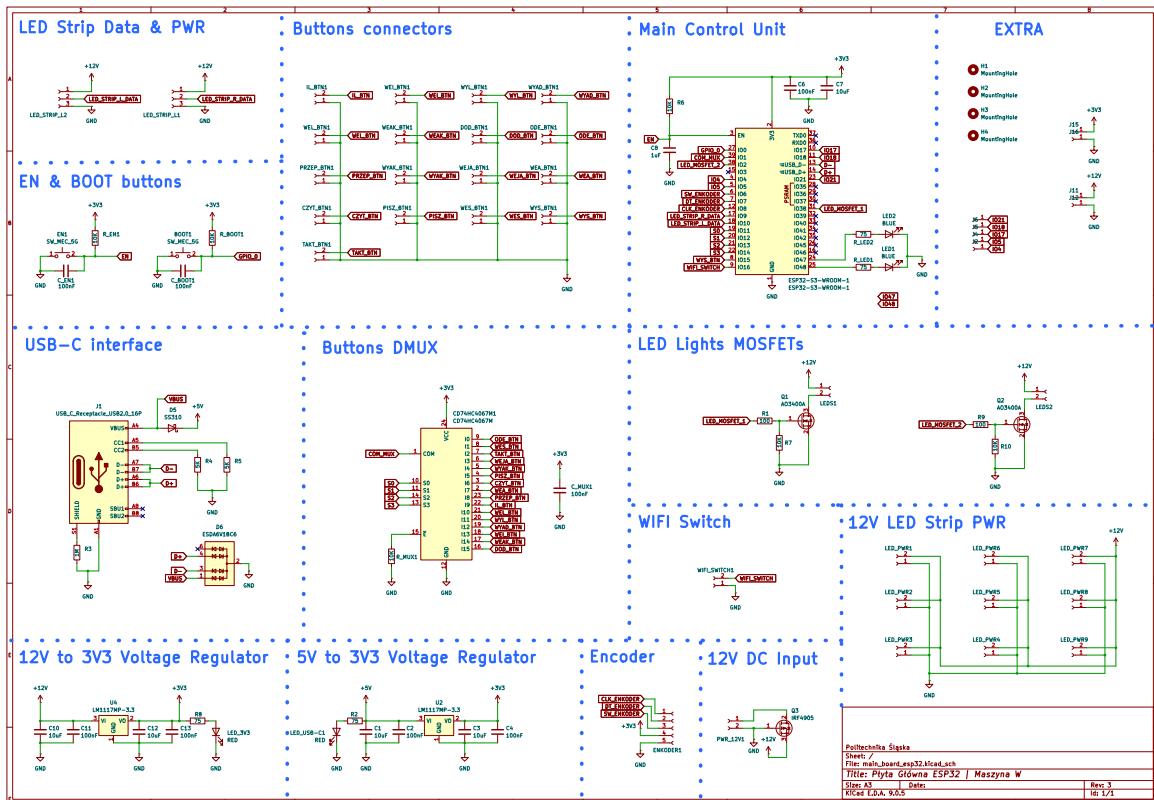


# Rozdział 4

## Schematy bloków systemu wizualizacji

### 4.1 System mikroprocesorowy – płyta główna

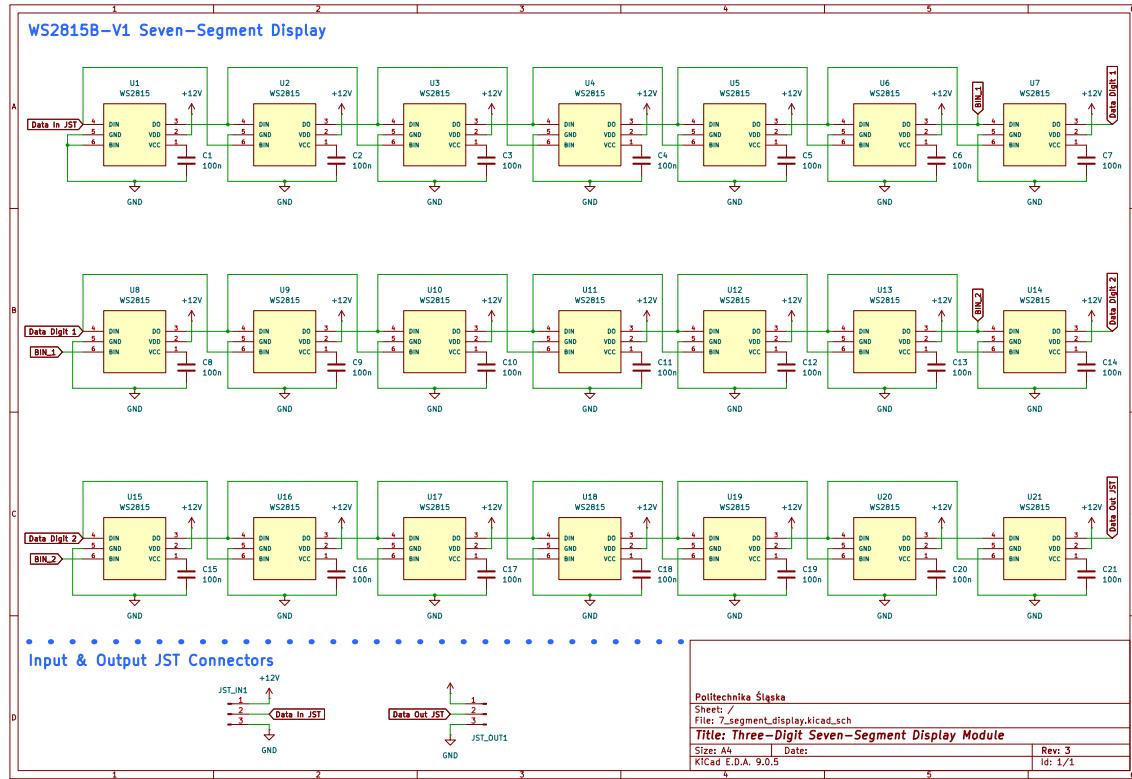
Na rysunku (Rys. 4.1) przedstawiono schemat systemu mikroprocesorowego.



Rysunek 4.1: Schemat płyty głównej z mikroprocesorem ESP32-S3

## 4.2 Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy

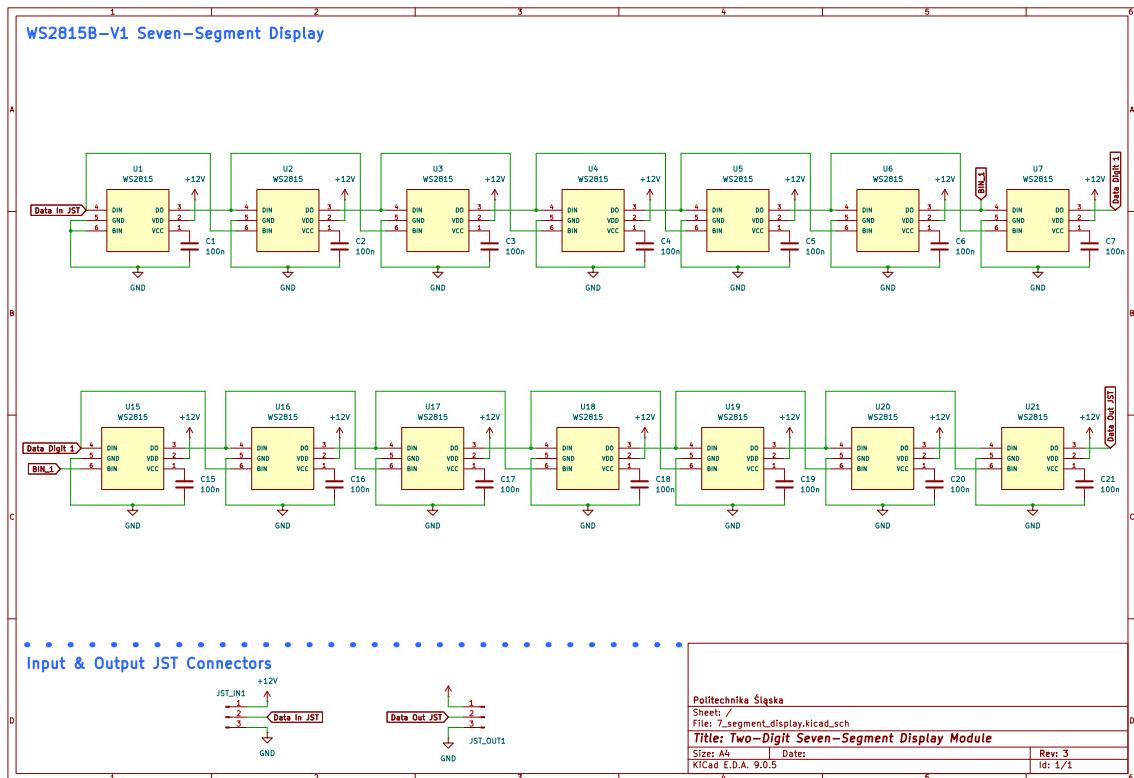
Na rysunku (Rys. 4.2) przedstawiono schemat wyświetlacza trzycyfrowego skonstruowanego z połączonych ze sobą w linii ciągowej diod LED.



Rysunek 4.2: Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy

### 4.3 Wyświetlacz siedmiosegmentowy dwucyfrowy

Na rysunku (Rys. 4.3) przedstawiono schemat wyświetlacza dwucyfrowego skonstruowanego z połączonych ze sobą w linii ciągłej diod LED.



Rysunek 4.3: Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy

### 4.4 Połączenia pomiędzy blokami

TODO totalnie nie wiem co tutaj napisać do prowadzącego



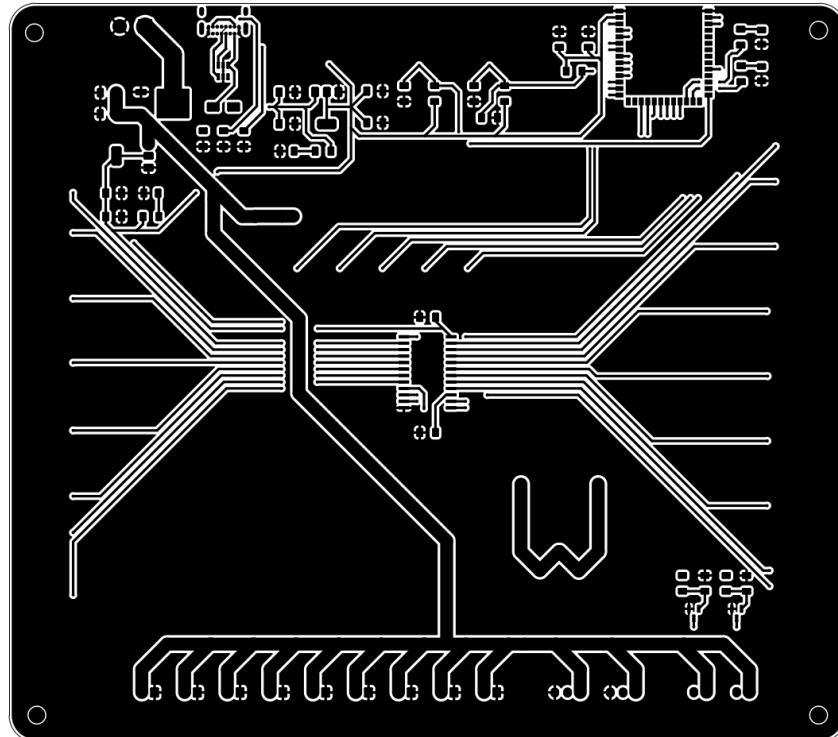
# Rozdział 5

## Część konstrukcyjna

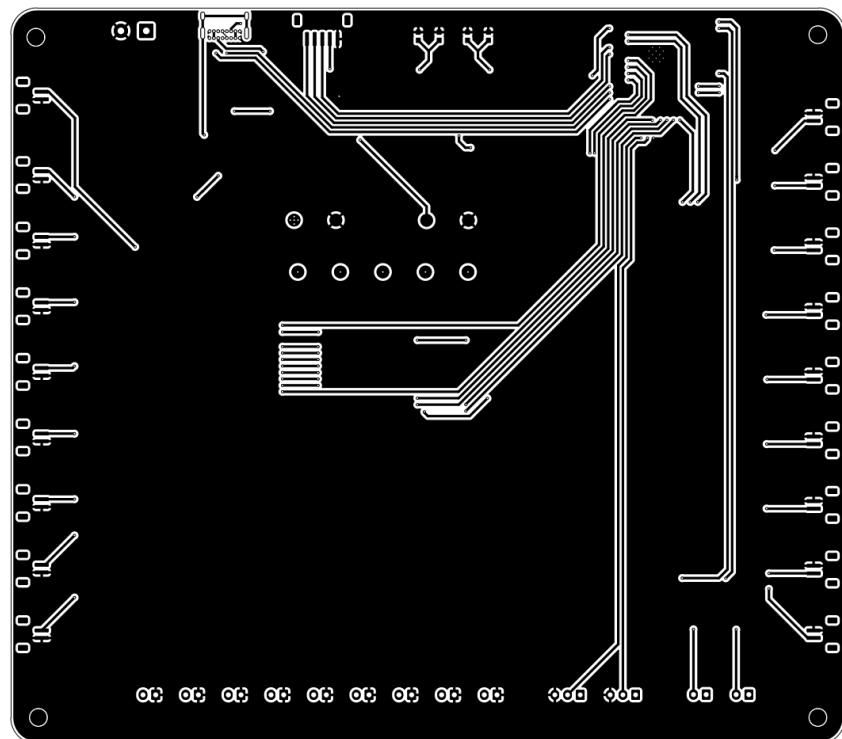
### 5.1 Obwody drukowane

Obwody drukowane zostały wykonane na specjalne zamówienie przez zewnętrzną firmę *JLCPCB*. Mozaikę ścieżek płyt drukowanych zaprojektowano wykorzystując do tego program *KiCAD*. Odpowiednie rysunki przedstawiające warstwę górną oraz dolną płyt drukowanych przedstawiono w rozdziale 5.1.1 oraz 5.1.2.

#### 5.1.1 Płyta główna

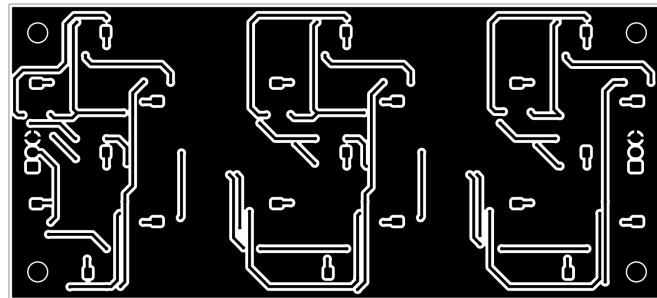


Rysunek 5.1: Widok warstwy górnej płyty głównej

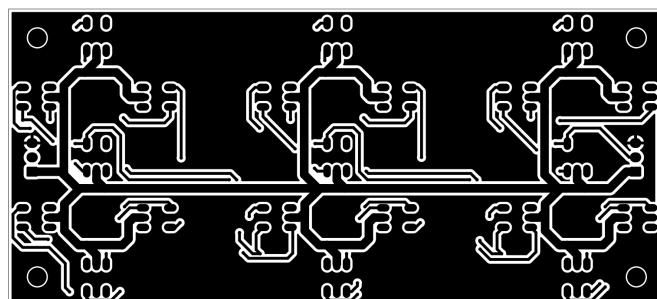


Rysunek 5.2: Widok warstwy dolnej płyty głównej

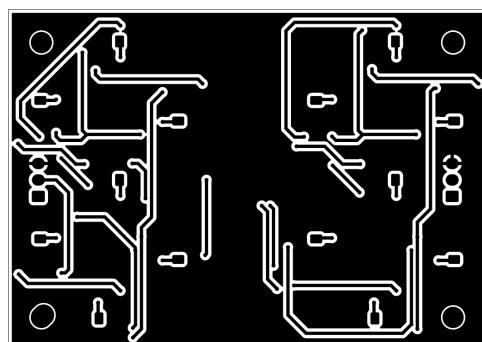
### 5.1.2 Wyświetlacze siedmiosegmentowe



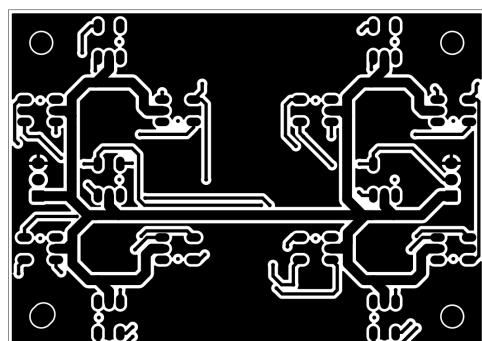
Rysunek 5.3: Widok warstwy dolnej wyświetlacza trzycyfrowego



Rysunek 5.4: Widok warstwy dolnej wyświetlacza trzycyfrowego



Rysunek 5.5: Widok warstwy dolnej wyświetlacza dwucyfrowego



Rysunek 5.6: Widok warstwy dolnej wyświetlacza dwucyfrowego

## 5.2 Opis złącz

### 5.2.1 Płyta główna

#### Złącze zasilania

Urządzenie jest wyposażone w 2-pinową listwę zaciskową. Złącze zasilania przyjmuje napięcie 12V. Układ elektryczny został wyposażony w zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją podłączanych przewodów. Wybrany model złącza wspiera napięcia do 250V oraz prąd znamionowy do 18A.

#### Złącze USB-C

#### Złącze enkodera

#### Złącza przycisków

#### Złącze przełącznika trybów

#### Złącza linii LED

#### Złącza zasilania podświetlenia modelu

#### Złącza dodatkowego wprowadzania zasilania

## 5.3 Wyświetlacze segmentowe

#### Złącza wejścia/wyjścia

# Rozdział 6

## Weryfikacja i walidacja

- sposób testowania w ramach pracy (np. odniesienie do modelu V)
- organizacja eksperymentów
- przypadki testowe zakres testowania (pełny/niepełny)
- wykryte i usunięte błędy
- opcjonalnie wyniki badań eksperymentalnych

Tabela 6.1: Nagłówek tabeli jest nad tabelą.

$\zeta$	metoda							
				alg. 3			alg. 4, $\gamma = 2$	
	alg. 1	alg. 2	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$	$\beta = 0.1$	$\beta = -0.1$	
0	8.3250	1.45305	7.5791	14.8517	20.0028	1.16396	1.1365	
5	0.6111	2.27126	6.9952	13.8560	18.6064	1.18659	1.1630	
10	11.6126	2.69218	6.2520	12.5202	16.8278	1.23180	1.2045	
15	0.5665	2.95046	5.7753	11.4588	15.4837	1.25131	1.2614	
20	15.8728	3.07225	5.3071	10.3935	13.8738	1.25307	1.2217	
25	0.9791	3.19034	5.4575	9.9533	13.0721	1.27104	1.2640	
30	2.0228	3.27474	5.7461	9.7164	12.2637	1.33404	1.3209	
35	13.4210	3.36086	6.6735	10.0442	12.0270	1.35385	1.3059	
40	13.2226	3.36420	7.7248	10.4495	12.0379	1.34919	1.2768	
45	12.8445	3.47436	8.5539	10.8552	12.2773	1.42303	1.4362	
50	12.9245	3.58228	9.2702	11.2183	12.3990	1.40922	1.3724	

# Rozdział 7

## Podsumowanie i wnioski

- uzyskane wyniki w świetle postawionych celów i zdefiniowanych wyżej wymagań
- kierunki ewentualnych danych prac (rozbudowa funkcjonalna ...)
- problemy napotkane w trakcie pracy



## **Dodatki**



# Spis skrótów i symboli

DNA kwas deoksyrybonukleinowy (ang. *deoxyribonucleic acid*)

MVC model – widok – kontroler (ang. *model–view–controller*)

$N$  liczebność zbioru danych

$\mu$  stopnień przyleżności do zbioru

$\mathbb{E}$  zbiór krawędzi grafu

$\mathcal{L}$  transformata Laplace'a



# Źródła

Jeżeli w pracy konieczne jest umieszczenie długich fragmentów kodu źródłowego, należy je przenieść w to miejsce.

---

```
1 if (_nClusters < 1)
2     throw std::string ("unknown\u00b7number\u00b7of\u00b7clusters");
3 if (_nIterations < 1 and _epsilon < 0)
4     throw std::string ("You\u00b7should\u00b7set\u00b7a\u00b7maximal\u00b7number\u00b7of\u00b7
5         iteration\u00b7or\u00b7minimal\u00b7difference\u00b7\u00b7epsilon.");
6 if (_nIterations > 0 and _epsilon > 0)
7     throw std::string ("Both\u00b7number\u00b7of\u00b7iterations\u00b7and\u00b7minimal\u00b7
8         epsilon\u00b7set\u00b7\u00b7you\u00b7should\u00b7set\u00b7either\u00b7number\u00b7of\u00b7iterations
9         \u00b7or\u00b7minimal\u00b7epsilon.\");
```

---



# **Lista dodatkowych plików, uzupełniających tekst pracy**

W systemie do pracy dołączono dodatkowe pliki zawierające:

- źródła programu,
- dane testowe,
- film pokazujący działanie opracowanego oprogramowania lub zaprojektowanego i wykonanego urządzenia,
- itp.



# Spis rysunków

2.1	Schemat blokowy SWIM . . . . .	4
4.1	Schemat płyty głównej z mikroprocesorem ESP32-S3 . . . . .	9
4.2	Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy . . . . .	10
4.3	Wyświetlacz siedmiosegmentowy trzycyfrowy . . . . .	11
5.1	Widok warstwy górnej płyty głównej . . . . .	13
5.2	Widok warstwy dolnej płyty głównej . . . . .	14
5.3	Widok warstwy dolnej wyświetlacza trzycyfrowego . . . . .	15
5.4	Widok warstwy dolnej wyświetlacza trzycyfrowego . . . . .	15
5.5	Widok warstwy dolnej wyświetlacza dwucyfrowego . . . . .	15
5.6	Widok warstwy dolnej wyświetlacza dwucyfrowego . . . . .	15



# **Spis tabel**

6.1 Nagłówek tabeli jest nad tabelą. . . . .	18
--	----