



Politechnika Wrocławska

Wyświetlacz optyczny z tarczą Nipkowa

**Katedra Metrologii
Elektronicznej i Fotonicznej**

Laboratorium Optoelektroniki i Fotoniki

Optoelektronika 2 - projekt

Nr grupy		
20		
Imię	Nazwisko	Nr albumu
Kajetan	Olek	263592
Paweł	Świątek	263611

Wrocław 2024

Spis treści

1	Wstęp	3
1.1	Przedmiot raportu	3
1.2	Zawartość raportu	3
2	Wprowadzenie	4
2.1	Wprowadzenie teoretyczne	4
2.2	Dziedzina	4
2.3	Zjawiska	4
2.4	Metody	5
2.5	Realizacja	5
2.6	Parametry	5
2.7	Wzory	5
3	Założenia	6
3.1	Założenia funkcjonalne	6
3.2	Założenia konstrukcyjne	6
4	Opis części sprzętowej	7
4.1	Schemat blokowy	7
4.2	Układ rzeczywisty	8
4.3	Część mechaniczna	9
4.4	Schemat ideowy	10
4.5	Kluczowe elementy	11
4.6	Płytki PCB, schemat montażowy	12
5	Opis części programowej	14
5.1	Algorytm główny	14
5.2	Opis kluczowych funkcji	14
5.2.1	Inicjalizacja Timer1	14
5.2.2	Inicjalizacja ISR (Interrupt Service Routine)	15
5.2.3	Włączenie i wyłączenie piksela	15
5.2.4	liniaTestowa()	16
5.3	Kluczowe zmienne i parametry	17
6	Uruchomienie, kalibracja	18
7	Pomiary testowe	19
7.1	Warunki pomiaru	19
7.2	Zestawienie i interpretacja wyników	19
7.3	Określanie parametrów: pełna specyfikacja urządzenia	19
8	Instrukcja obsługi dla użytkownika	20
9	Podsumowanie	22

1 Wstęp

1.1 Przedmiot raportu

Na zajęciach z optoelektroniki, po podziale na grupy, należało wybrać temat projektu do zrealizowania w trakcie semestru akademickiego. Niniejszy raport traktuje o problemie związanym z optycznym wyświetlaniem znaków przy pomocy obracającej się tarczy Nipkowa.

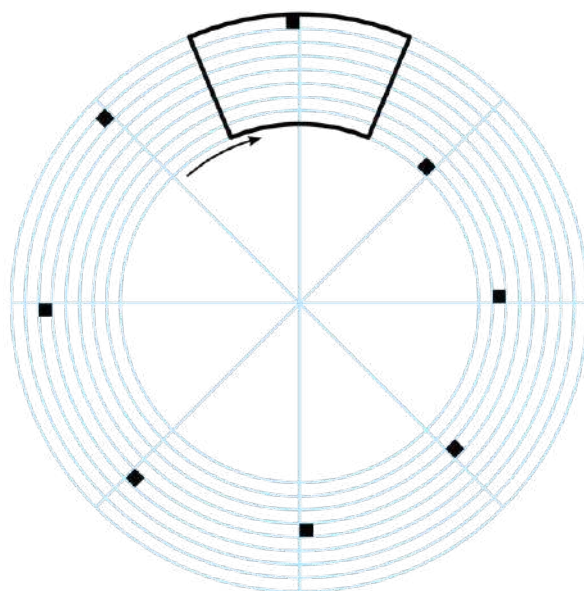
1.2 Zawartość raportu

W raporcie zawarte zostało osiem części.

- **Wprowadzenie:**
Część składająca się z siedmiu ustępów zarysowująca ogólne informacje odnośnie projektu.
- **Założenia:**
Przednią myślą tego fragmentu jest opisanie funkcjonalności projektu oraz sposobu w jakim zrealizowano to działanie od strony konstrukcyjnej.
- **Opis części sprzętowej:**
Droga od pomysłu do gotowego układu wraz z częścią mechaniczną.
- **Opis części programowej:**
Informacje dotyczące kodu stojącego za obsługiwaniem przerwań a następnie wyświetlaniem znaków
- **Uruchomienie, kalibracja:**
Opis pierwszego uruchomienia i kalibracji projektu na przestrzeni kilku prototypów.
- **Pomiary testowe:**
Seksja opisująca pomiary realizowane przy pomocy oscyloskopu na transoptorze szczelinowym.
- **Instrukcja obsługi dla użytkownika**
- **Podsumowanie**

2 Wprowadzenie

2.1 Wprowadzenie teoretyczne



Obracający się dysk z odpowiednio rozmieszczonymi otworami dookoła, przy wystarczająco dużej prędkości obrotowej umożliwia stworzenie ekranu na części tego dysku. Dzieje się to za pomocą transoptora szczelinowego, który ustawiony na krawędzi tarczy w momencie napotkania nacięcia zlicza okres jednego obrotu. Za aspekt świecenia odpowiedzialna jest dioda umieszczona po drugiej stronie dysku względem obserwatora, która będąc odpowiednio włączana i wyłączana jest w stanie naświetlić obraz składający się z kilkudziesięciu pikseli (wyświetlacz 8x21) - wystarczająco na wyświetlenie znaku lub krótkich słów.

2.2 Dziedzina

Tarcza Nipkowa początkowo znalazła swoje zastosowanie w początkach telewizji. Była używana do mechanicznej i syntetycznej analizy obrazu.

Wkrótce wyparta przez lepsze rozwiązania w świecie telewizorów, tarcza Nipkowa wciąż stosowana jest w mikroskopach konfokalnych.

2.3 Zjawiska

- Bezwładność wzroku:
Cecha wzroku powodująca opóźnienie w czasie między powstaniem wrażenia wzrokowego u obserwatora a bodźcem wywołującym to wrażenie. Dzięki bezwładności wzroku istnieje przykładowo wrażenie ciągłości ruchu obrazów filmowych. Obrazy pojawiające się na ekranie częściej niż co 0,042 sekundy (24 klatki) zlewają się ze sobą i dają wrażenie ruchu.

2.4 Metody

Wykorzystując zatem zjawisko bezwładności wzroku tworzymy stały obraz za pomocą szybko obracającego się dysku, naświetlanego w odpowiednich momentach.

2.5 Realizacja

Do realizacji obliczeń i wyliczania zależności czasowych, które są kluczowe do poprawnej obsługi włączania i wyłączania światła wykorzystywany jest mikrokontroler.

2.6 Parametry

Szacowany pobór prądu układu wynosi 0.315 mA.

2.7 Wzory

Moc wydzielona na stabilizatorze:

$$P_D = (V_{IN} - V_{OUT}) * I_{LOAD}$$

Ustalony prąd diody:

$$I_{forward} = \frac{U_{zas} - U_{forward}}{R}$$

3 Założenia

3.1 Założenia funkcjonalne

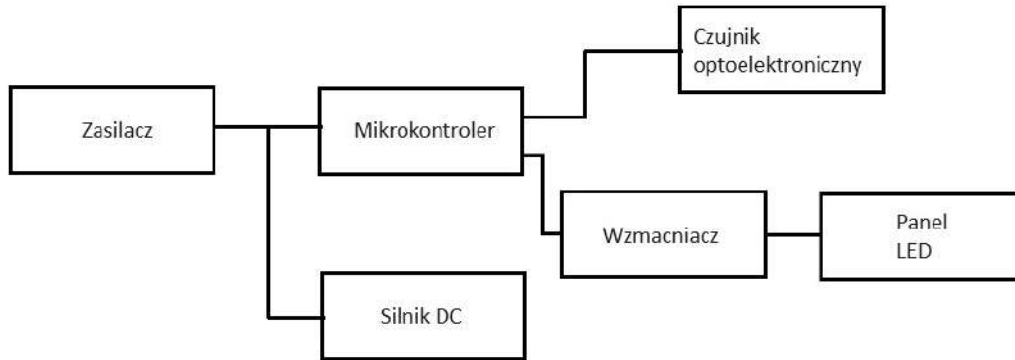
Głównym założeniem urządzenia jest wyświetlanie napisów z użyciem odpowiednio przygotowanej tarczy i niewielkiej matrycy LED. Ponadto urządzenie ma być proste w obsłudze.

3.2 Założenia konstrukcyjne

- Prostota konstrukcji
- Użycie ogólnodostępnych materiałów
- Wykonanie całości konstrukcji oraz obwodów drukowanych własnoręcznie

4 Opis części sprzętowej

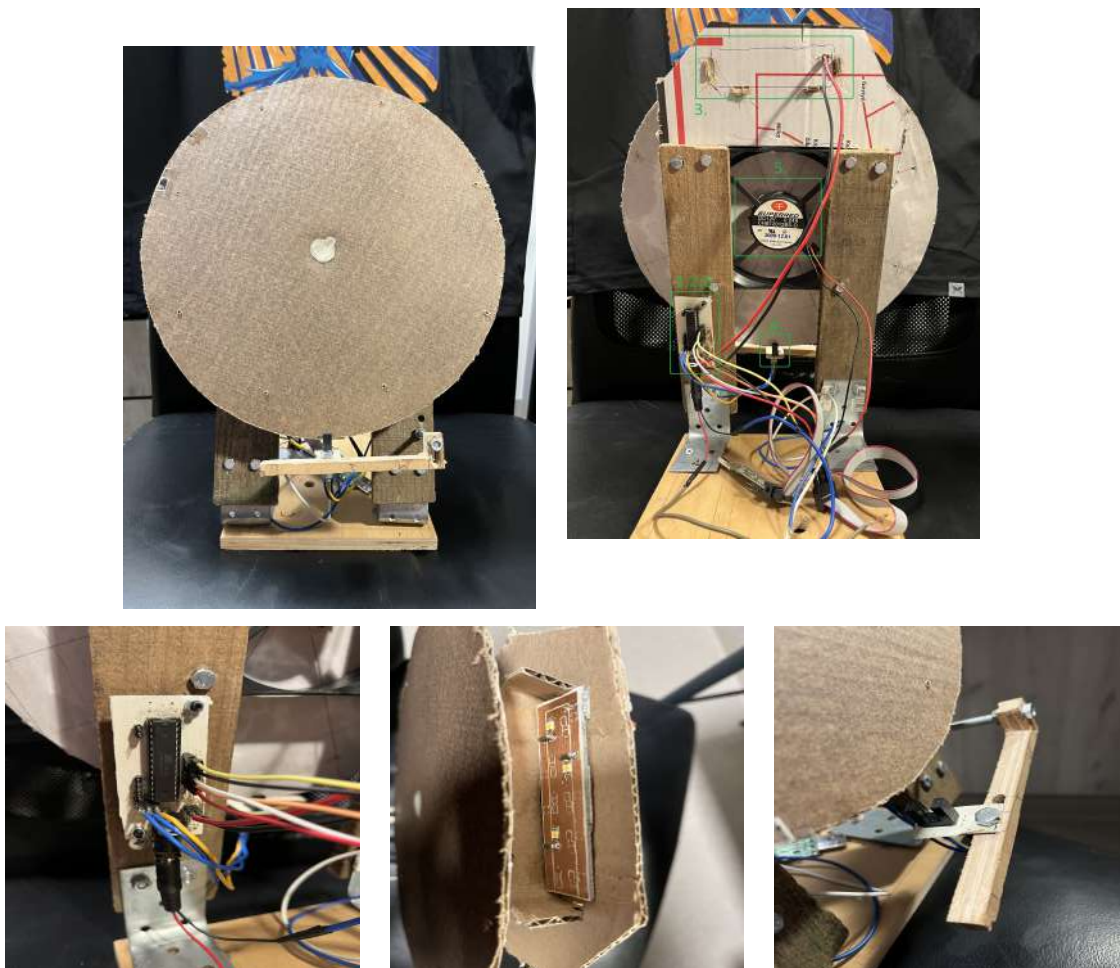
4.1 Schemat blokowy



Rysunek 1: Schemat blokowy projektowanego układu

- **Zasilacz:**
Blok ten obejmuje przetworzenie oraz przekazanie napięcia 12V z zasilacza laboratoryjnego, do dalszej części układu.
- **Mikrokontroler:**
Blok ten zawiera mikrokontroler dokonujący zbierający informację z czujnika, dokonujący niezbędnych obliczeń oraz sterujący wzmacniaczem w celuysterowania panelu led.
- **Czujnik optoelektroniczny:**
Blok ten odpowiada za zbieranie informacji o wykonaniu przez tarczę wyświetlacza jednego pełnego obrotu i przekazanie jej do mikrokontrolera.
- **Wzmacniacz:**
Blok ten odpowiada za wzmocnienie sygnału napięciowego otrzymanego z pinu mikrokontrolera, w celu zapewnienia odpowiedniej mocy dla panelu LED.
- **Panel LED:**
Blok ten reprezentuje diody LED odpowiadające za stworzenie wizualnego wrażenia "wyświetlacza"
- **Silnik DC:**
Blok ten reprezentuje silnik na którym zamocowana jest tarcza wyświetlacza.

4.2 Układ rzeczywisty

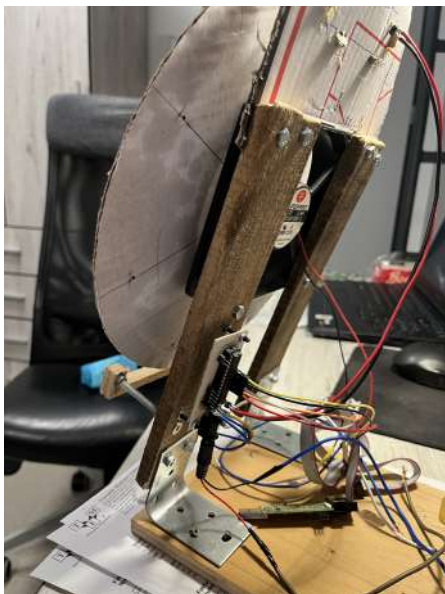


Rysunek 2: Urządzenie, oraz jego poszczególne elementy

Na drugim zdjęciu przedstawionym powyżej zostały zaznaczone za pomocą ponumerowanych zielonych ramek poszczególne elementy odpowiadające schematowi blokowemu w następującej kolejności:

1. 1-mikrokontroler
2. 2-zasilacz
3. 3-Panel LED
4. 4-Czujnik optoelektroniczny
5. 5-Silnik DC
6. 6-Wzmacniacz

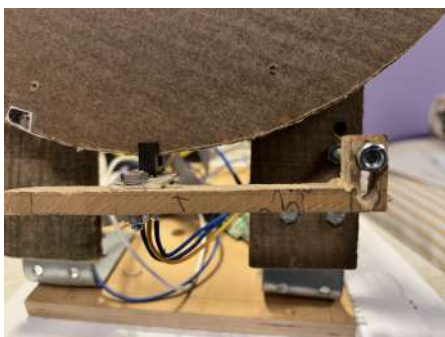
4.3 Część mechaniczna



(a) Konstrukcja od tyłu



(b) Mocowanie tarczy



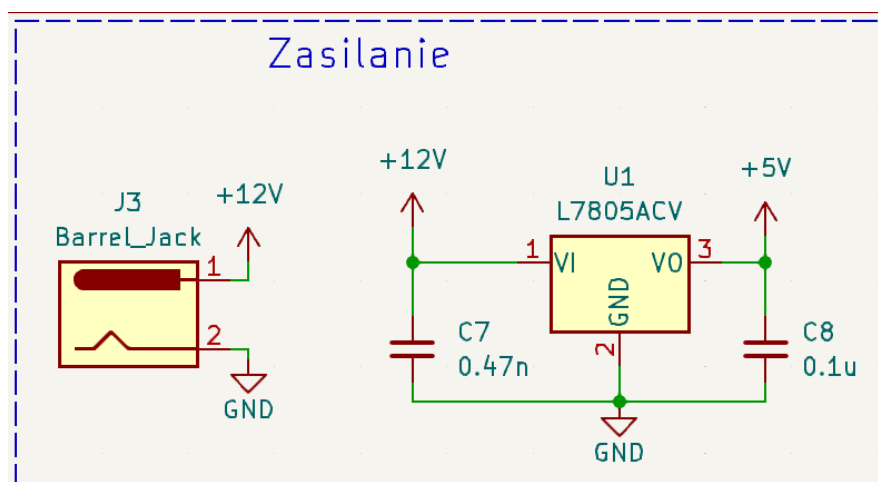
(c) Ramię z czujnikiem od przodu



(d) Ramię z czujnikiem od góry

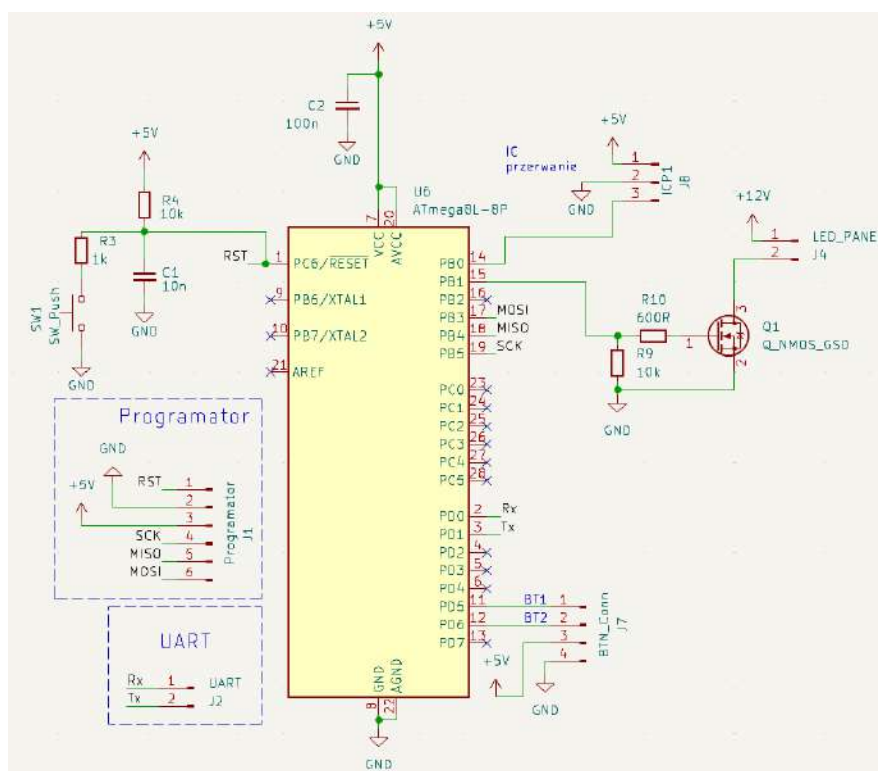
Rysunek 3: Konstrukcja urządzenia

4.4 Schemat ideowy



Rysunek 4: Zasilacz

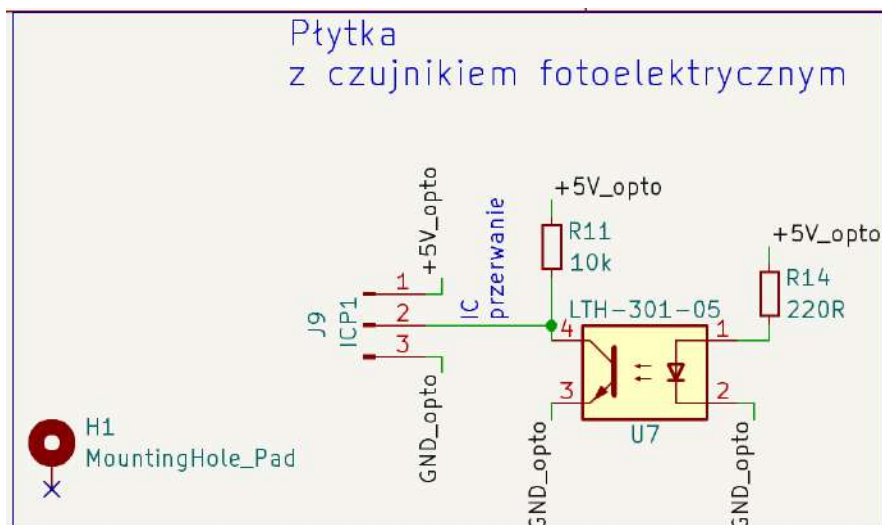
Do zasilania układu, oraz czujnika optoelektronicznego został użyty układ L7805ACV. Jest to stabilizator napięcia, który służy do zmiany napięcia 12V podanego na wejście układu, na napięcie 5V potrzebne dla mikrokontrolera. Do stabilnego działania układu zalecane są przez producenta kondensatory na wejściu i wyjściu stabilizatora.



Rysunek 5: Mikrokontroler ze wzmacniaczem

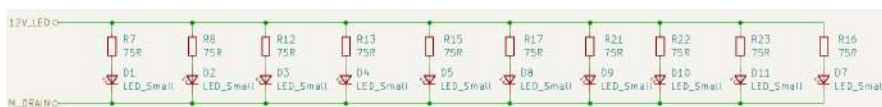
Użyty został mikrokontroler ATMEGA8L-8PU. W górnym lewym rogu schematu znajduje się przycisk służący do resetowania mikrokontrolera (zastosowany został

wraz z nim dodatkowy układ zapobiegający drganiom styków microswitcha). W prawej części widoczny jest mosfet wraz z rezystorem ograniczającym prąd, oraz rozładowującym napięcie bramki. Układ ten pełni rolę wzmacniacza pozwalającego dostarczyć większą moc do diod LED. Sam mikrokontroler natomiast posiada wyprowadzone złącza dla programatora, komunikacji UART, dodatkowe przyciski, czujnik fotoelektryczny oraz panel LED.



Rysunek 6: Czujnik optoelektroniczny

Użyty został czujnik LTH-301-05, oraz 2 rezystory w celu odpowiedniego zasilania czujnika. Zostało również wyprowadzone złącze w celu zasilania czujnika oraz doprowadzenia sygnału do pinu powodującego wystąpienie przerwania w mikrokontrolerze.



Rysunek 7: Panel LED

Użyte zostały diody PJ2N-FFVE, wartość prądu ustawiana jest przez szeregowo umieszczone rezystory. Zostało również wyprowadzone złącze w celu połączenia się ze wzmacniaczem.

4.5 Kluczowe elementy

- Stabilizator napięcia:

W celu odpowiedniego doboru stabilizatora niezbędne jest oszacowanie poboru prądu przez układ. Wartości odczytane z poszczególnych not katalogowych to: Maksymalny pobór prądu przez mikrokontroler dla taktowania 8MHz i napięcia zasilania 5V to 15mA. Maksymalny prąd dla pinu mikrokontrolera to 40mA. Zasilanie diody w czujniku optoelektronicznym to 20mA. Prąd maksymalny dla fototranzystora w czujniku to 0.5mA.

Sumaryczny szacowany pobór prądu to 75,5mA, natomiast należy wziąć pod uwagę że pin sterujący wzmacniaczem nie jest w stanie oddać 40mA prądu ze względu na rezystor o wartości 600Ω. Na stabilizatorze wydziel się moc:

$$P_D = (V_{IN} - V_{OUT}) * I_{LOAD} = 12V - 5V * 75,5mA = 0,529W$$

Jest to wartość na tyle mała, że nie jest niezbędne stosowanie radiatora

- Czujnik optoelektryczny:
Ustalony prąd diody:

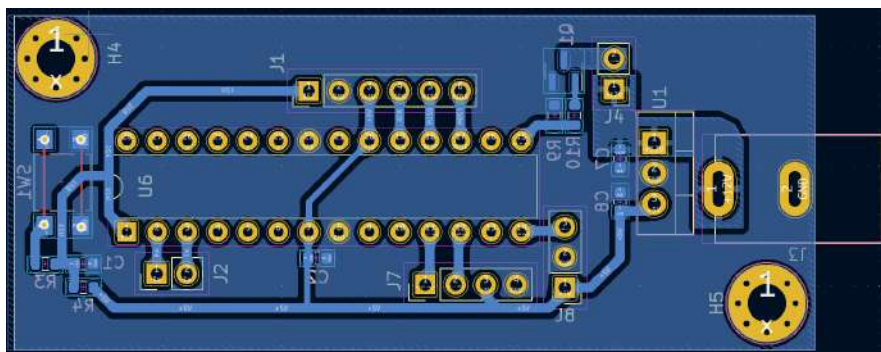
$$I_{forward} = \frac{U_{zas} - U_{forward}}{R} = \frac{5 - 1,2}{220} = 17,3mA$$

Rezystor przy fototranzystorze został dobrany tak, aby napięcie minimalne było poniżej $V_{IL} = 0,2V_{cc} = 0,2 * 5 = 1V$

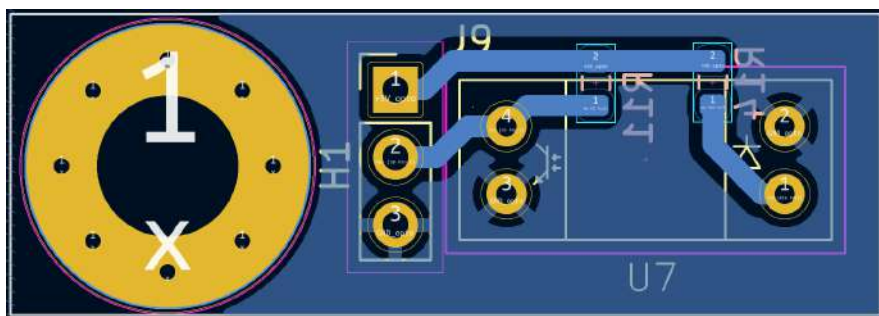
- Wzmacniacz:
Rezystor włączony szeregowo między mikrokontroler i bramkę został dobrany tak, aby w razie przebicia tranzystora nie popłynął zbyt duży prąd przez pin mikrokontrolera. Dla wartości 600Ω jest to 0.2mA. Wartość ta mieści się w bezpiecznym zakresie. Rezystor ten w połączeniu z pojemnością MOSFET-u zgodnie z efektem Millera ma ograniczoną częstotliwość przełączania. Jednak jego wpływ jest w tym zastosowaniu pomijalnie mały.
- Panel LED: Panel w założeniu składać się miał z 10 białych diod LED. Jednak zaledwie 3 okazały się wystarczającym źródłem. Założony prąd dla jednej diody to 120mA. Z tego powodu pobór przez panel LED to:

$$3 * 120mA = 360mA$$

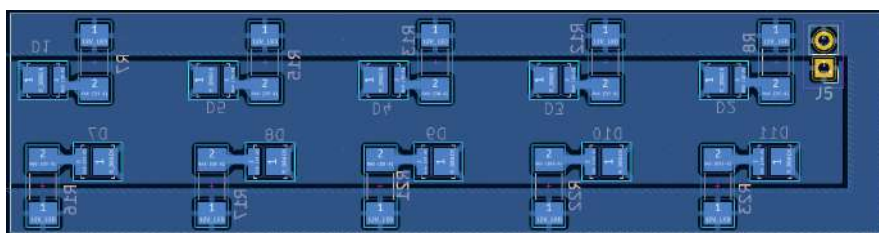
4.6 Płytki PCB, schemat montażowy



Rysunek 8: Płyka PCB zawierająca mikrokontroler, stabilizator oraz wzmacniacz



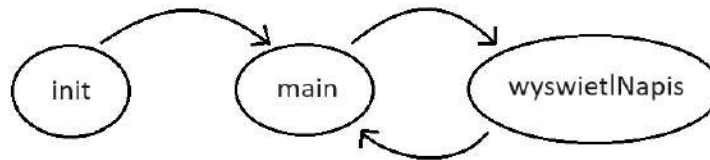
Rysunek 9: Płytki z czujnikiem optoelektronicznym



Rysunek 10: Panel LED

5 Opis części programowej

5.1 Algorytm główny



Rysunek 11: Diagram programu

Opis poszczególnych stanów:

- **Init:**
W tym stanie następuje określenie taktowania procesora, inicjalizacja całego procesora oraz obsługi przerwań poprzez odpowiednie ustawienie rejestrów.
- **main:**
Jest to nieskończona pętla z której wywoływane są funkcje służące do wyświetlania komunikatów na dysku
- **wyswietlNapis:**
Wewnątrz tego bloku opisane są zależności czasowe służące do włączania i wyłączania źródła światła w celu stworzenia złudzenia obrazu ciągłego.

5.2 Opis kluczowych funkcji

5.2.1 Inicjalizacja Timer1

```
void init_Ex2(void)
{
    /* Timer clock = I/O clock / 8 */
    TCCR1B = (1<<CS11)|(1<<ICNC1)|(1<<ICES1);
    /* Clear ICF1. Clear pending interrupts */
    TIFR = 1<<ICF1;
    /* Enable Timer 1 Capture Event Interrupt */
    TIMSK = 1<<TICIE1;
}
```

Funkcja ta ustawia prescaler, czyści flagi (jeśli jakieś zostały ustawione przed inicjalizacją) oraz włącza reakcję timera na przerwanie.

5.2.2 Inicjalizacja ISR (Interrupt Service Routine)

```
ISR (TIMER1_CAPT_vect)
{
    cli(); //raczej opcjonalne, ale zapobiega przerwaniu atomic
    a=ICR1; //albo bezpośrednio z TCNT1?
    b=1;

    /* Clear counter to restart counting */
    TCNT1 = 0;
}
```

Funkcja ta przepisuje wartość timera z 16bitowego rejestru do zmiennej a, która następnie jest używana do wyliczenia zależności czasowych niezbędnych do podziału przestrzeni na jednolite piksele. Zmienna b jest używana w funkcji main do wywoływania funkcji wyświetlających zaprogramowane informacje.

5.2.3 Włączenie i wyłączenie piksela

```
void mrygnij(int czas){
    PORTB=0x02;
    delay_us(czas);
    PORTB=0x00;
}

void xmrygnij(int czas){
    delay_us(czas);
}
```

Funkcje te pozwalają na podstawie prostych zależności czasowych oraz ustawiania portu wyjściowego włączać oraz wyłączać panel led. Powodując wrażenie powstawania pikseli na tarczy.

```
int main(void)
{
    //inicjalizacja tego przerwania od timera
    init_Ex2();
    //kluczowa funkcja bedaca nazwa w c dla polecenia
    //z ASEMLERA wlaczajaca GLOBAL INTERRUPT ENABLE
    sei();
    //ustaw PB1 jako wyjście
    DDRB=0x02;
    PORTB=0x00; //ustaw stan niski na PB1
    //utworz i zainicjalizuj zmienna cm
    volatile uint16_t cm=0;

    while(1){
        //podziel wartosc odczytana przez 320
        cm=a/320;
    }
}
```

```

        if (b!=0){
            //wywołaj funkcje wyswietlajaca linie
            liniaTestowa(cm);
            b=0;
        }
    }
}

```

5.2.4 liniaTestowa()

```

void liniaTestowa(uint16_t cm){
    //pierwsza linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //druga linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //trzecia linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //czwarta linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //piata linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //szosta linia
    mrygnij(cm);
    for (int i=0;i<20;i++){
        xmrygnij(cm);
    }
    //siódma linia
    mrygnij(cm);
}

```


Wyświetlacz ma 21 pikseli, w ten sposób jesteśmy w stanie wyświetlić pionowy pasek po prawej stronie przestrzeni zarezerwowanej na wyświetlacz.

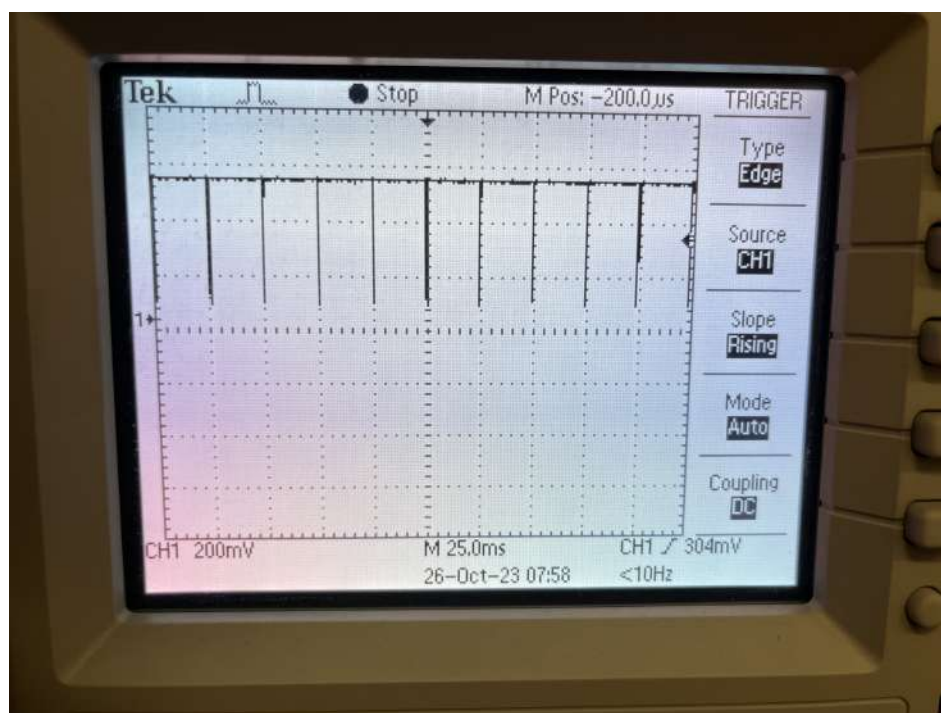
5.3 Kluczowe zmienne i parametry

- `"#define F_CPU 8000000L"`:
Zapis ten przypisuje do nazwy `F_CPU` liczbę 8Meg (określa ona częstotliwość taktowania), jest ona używana później w funkcjach `_delay_ms` oraz `_delay_us` do określania zależności czasowych na podstawie częstotliwości taktowania procesora.
- `"volatile uint16_t a=0,b=0;"` :
Po wywołaniu przerwania, przepisywana jest wartość rejestru Timera 1 do zmiennej `a`. Reprezentuje ona czas jaki trwał jeden obrót tarczy. Zmienna `b` jest użyta do sygnalizowania że nastąpiło przerwanie i wywoływania w funkcji `main`, funkcji odpowiadającej za wyświetlanie obrazów.

6 Uruchomienie, kalibracja

Zanim nastąpiło pierwsze uruchomienie, zostały zmierzone napięcia na zaprojektowanej płytce, w celu upewnienia się że poszczególne podzespoły działają poprawnie i nie zostaną uszkodzone w dalszym toku ich eksploatacji. Podczas pierwszego uruchomienia zostały zrobione pomiary sygnału z czujnika optoelektronicznego. W ostatniej iteracji projektu, w czasie pierwszego rozruchu, należało w odpowiednim miejscu zrobić nacięcie na tarczy, odpowiadające za impuls służący do odczytu prędkości obrotowej dysku. Następnie należało dobrać czas świecenia dla jednego "piksela". Kolejnym krokiem było zliczenie ilości pikseli które zmieszczą się w jednym wierszu wyświetlacza. W dalszym kroku została utworzona linia testowa, obejmująca wszystkie wiersze i wyświetlająca jedynie pasek pionowy. Pozwoliło to na oszacowanie czy zależności czasowe są prawidłowe. Kolejnym krokiem było utworzenie "ramki" obejmującej krawędzie w celu sprawdzenia czy przypuszczane rozmiary wyświetlacza (8x21) pokrywają się z rzeczywistym działaniem urządzenia.

7 Pomiar testowe



Rysunek 12: Przechodzenie w stan niski dla transoptora szczelinowego

7.1 Warunki pomiaru

Poprawne podłączenie układu, podłączenie sond oscyloskopu oraz konfiguracja oscyloskopu.

7.2 Zestawienie i interpretacja wyników

Szpilki pulsu pojawiają się w odstępach czasowych równych 25 milisekund.

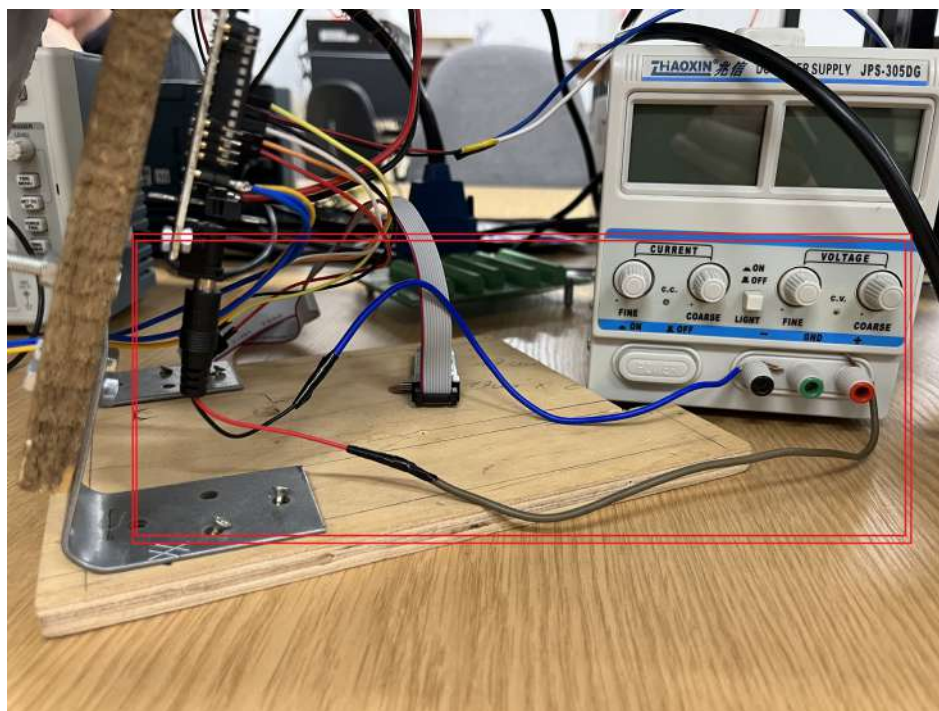
7.3 Określanie parametrów: pełna specyfikacja urządzenia

Tabela 1: Parametry urządzenia

Napięcie zasilania	12V
Pobór prądu	0,675A
Prędkość obrotowa tarczy	2400RPM

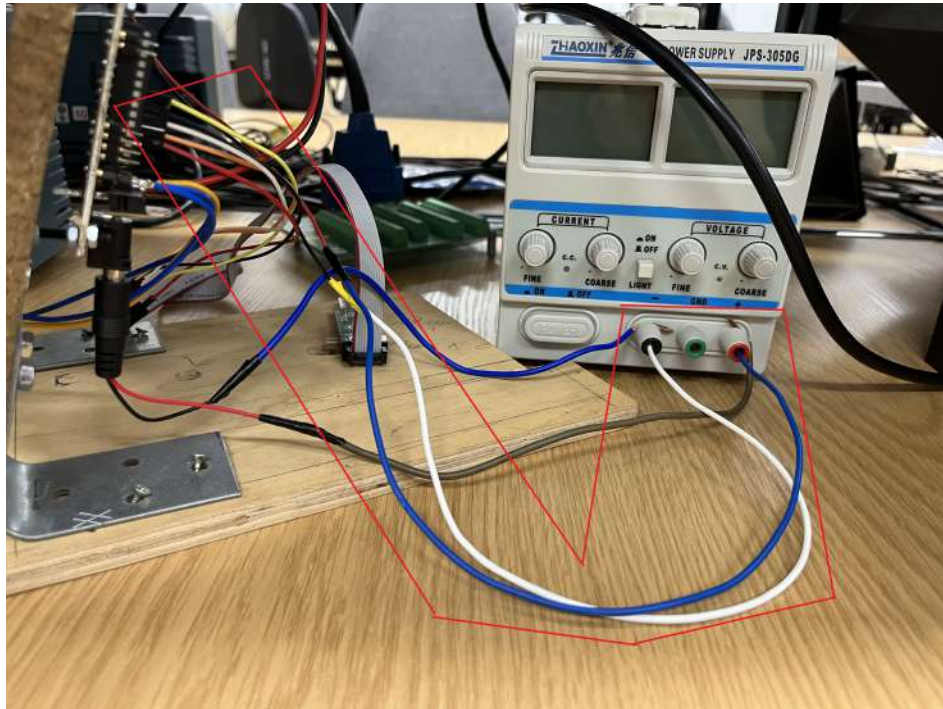
8 Instrukcja obsługi dla użytkownika

1. Podłącz przewody zasilające (wyprowadzone ze złącza "jack") do źródła napięcia 12V. (niebieski-GND; brązowy-12V)



Rysunek 13: Podłączenie układu

2. Podłącz silnik do źródła napięcia 12V. (biały-GND)(niebieski-12V)



Rysunek 14: Podłączenie silnika

3. Zaczekaj aż tarcza osiągnie docelową prędkość obrotową
4. Jeśli obraz nie synchronizuje się, a napisy nie są w centrum obszaru przeznaczonego do wyświetlania; Należy wówczas zmienić pozycję ramienia do którego przymocowany jest czujnik optoelektroniczny.
5. Jeśli nadal obraz nie jest widoczny sprawdź połączenie czujnika oraz panelu LED z mikrokontrolerem.

9 Podsumowanie

Efekt końcowy tego projektu to wyświetlanie krótkich, nawet 4 literowych napisów. W całym projekcie najbardziej problematyczną okazała się mechaniczna część projektu. Przykładowo, tarcza przeszła przez wiele wersji i prototypów. Koło wycięte z papieru przyklejone w środku do silniczka elektrycznego okazało się mieć duże bicie, do tego stopnia że obijała się o transoptor, w skrajnych przypadkach uszkadzając się na nim. Dopiero odpowiednio sztywny, wąski i szeroki karton zapewnił odpowiednie działanie z układem. Innym napotkanym problemem był związany z silniczkiem elektrycznym, na którego nie dało się w dobry sposób zamocować tarczy. Wentylator z wylamanymi skrzydłami zapewnił znacznie większą powierzchnię styku z dyskiem co zapewniało większą stabilność, a tym samym mniejsze bicie na boki.