



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**WYDZIAŁ INFORMATYKI ELEKTRONIKI I
TELEKOMUNIKACJI**

Dokumentacja projektu:
*Sterownik lamp RGB wysokiej
mocy*

Autor: Nikodem Szafran

Przedmiot: Projektowanie Urządzeń Elektronicznych

Prowadzący: dr. hab. inż. Cezary Worek

Spis treści:

1. Nazwa i wstępny zarys projektu.....	3
2. Omówienie założeń projektowych.....	3
3. Opis funkcji i zasady działania.....	3
4. Schemat blokowy z uzasadnieniem doboru komputerów.....	6
5. Schemat ideowy.....	8
6. Ewentualne obliczenia i symulacje.....	9
7. PCB.....	10
8. BOM z wyceną pojedynczej płytki oraz dużego wolumenu.....	16
9. Bibliografia.....	17

1. Nazwa i wstępny zarys projektu

Nazwa: Sterownik lamp RGB wysokiej mocy

Wstępny zarys projektu:

Układ sterujący jasnością i kolorami lamp RGB do 20 W za pomocą PWM, z trybem automatycznego włączania przy określonym natężeniu światła.

2. Omówienie założeń projektowych

- a.* Sterowanie jasnością i kolorami lamp RGB przy maksymalnym obciążeniu 20 W
- b.* Modyfikacja parametrów (jasności, kolorów, natężenia światła wymaganego do samodzielnego włączania) software'owo poprzez mikrokontroler z wykorzystaniem sterowania dotykowego
- c.* Trzy tryby pracy: włączony, wyłączony, samodzielny (sterowany przez natężenie światła padające na fotorezystor)
- d.* Wyświetlanie informacji zrealizowane za pomocą wyświetlacza typu E-PAPER
- e.* Ograniczenie realizacji tylko do układu mikrokontrolera i sterowania

3. Opis funkcji i zasady działania

Opis funkcjonalny:

Sterownik RGB zaprojektowany jest jako układ umożliwiający sterowanie trzema kanałami lamp RGB o mocy do 20 W, z możliwością dostosowania jasności oraz koloru światła. Układ

korzysta z mikrokontrolera STM32F051K6T6, który integruje wszystkie funkcje sterujące.

Użytkownik ma możliwość konfiguracji trybów pracy i parametrów za pomocą pojemnościowego interfejsu dotykowego (slider i przycisk).

Informacje o stanie i parametrach pracy wyświetlane są na wyświetlaczu e-papierowym (Waveshare 2.66").

System dodatkowo posiada tryb automatycznego włączania lampy w zależności od natężenia światła mierzonego przez fotorezystor (PGM5659D).

Zasada działania:

1. Mikrokontroler – serce układu, centralna jednostka sterująca
 - a. Odczytuje wartości z fotorezystora za pomocą wbudowanego przetwornika ADC
 - b. Generuje sygnały PWM dla każdego z kanałów RGB
 - c. Komunikacja z wyświetlaczem E-PAPER za pomocą interfejsu SPI
 - d. Obsługa interfejsu dotykowego dzięki modułowi TSC
 - e. Programowa realizacja przełączania parametrów za pomocą pojedynczego kliknięcia przycisku dotykowego
 - f. Programowa realizacja modulacji parametrów dzięki odczytowi wartości na sliderze dotykowym

- g. Programowa zmiana trybu pracy za pomocą szybkiego 3-kliku przycisku, a wyłączenia za pomocą 5-kliku

2. Tryby pracy

a. Tryb włączony (ON)

Lampa świeci zgodnie z ustawionym kolorem i jasnością. Parametry można regulować za pomocą slidera dotykowego.

b. Tryb wyłączony (OFF)

Lampa pozostaje wyłączona niezależnie od światła zewnętrznego.

c. Tryb automatyczny (AUTO)

Mikrokontroler cyklicznie odczytuje wartość z fotorezystora. Jeżeli poziom światła spadnie poniżej ustalonego progu i sytuacja ta utrzyma się przez kilka sekund, lampa się włącza. Gdy natężenie światła znowu wzrośnie – lampa się wyłącza.

3. Obsługa dotykowa

Slider pojemnościowy służy do płynnej zmiany wartości parametrów potrzebnych do sterowania lampą: jasności, koloru, minimalnego natężenia dla trybu AUTO.

Pojemnościowy przycisk dotykowy:

- a. Pojedynczy klik - przejście do kolejnego parametru
- b. Szybki potrójny klik - zmiana trybu pracy
- c. Szybki pięciokrotny klik - wyłączenie sterownika

4. Wyświetlacz typu E-PAPER

Wyświetla wszystkie informacje potrzebne dla użytkownika, takie jak: tryb pracy, poziom jasności i kolor RGB, próg aktywacji trybu AUTO

5. Zasilanie układu

Układ jest zasilany z zewnętrznego źródła, w założeniu akumulatora lub zasilacza, który dostarcza napięcie wejściowe w zakresie od 2.7 do 4 V.

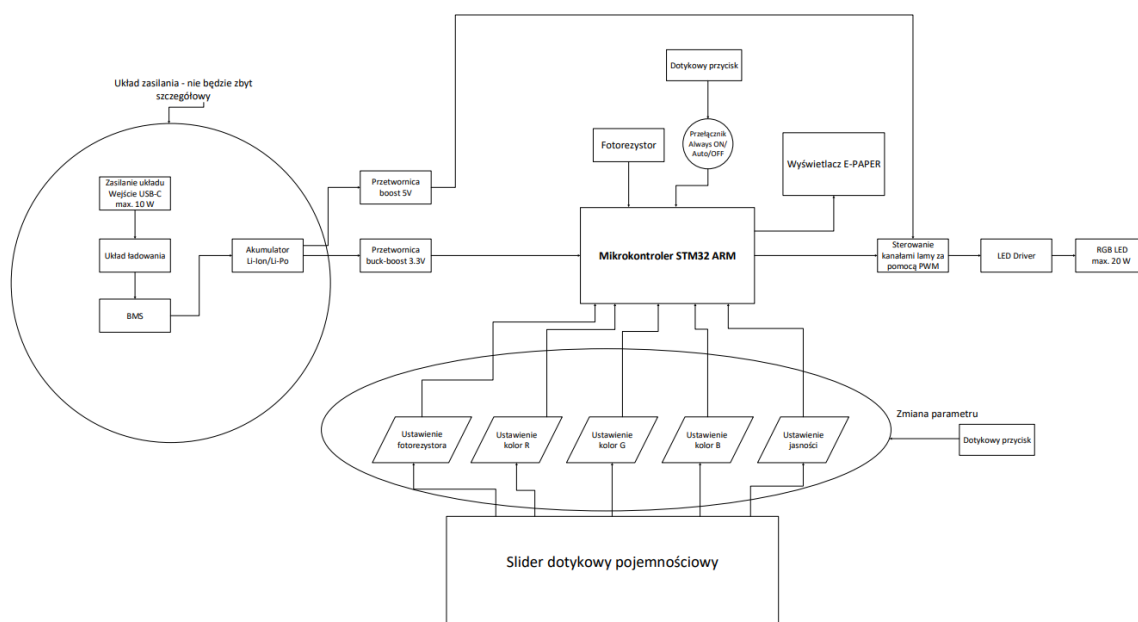
Następnie przekształcamy je za pomocą odpowiednich przetwornic:

- a. Przetwornica buck-boost na 3.3V do zasilania mikrokontrolera, wyświetlacza oraz potencjalnie ST-Linka koniecznego przy programowaniu mikrokontrolera
- b. Przetwornica boost na 5V, wytrzymująca obciążenie prądowe 1.5A, zasilająca drivery kanałów LED

6. Sterowanie lampami RGB

Trzy kanały PWM z mikrokontrolera sterują wejściami driverów LED, które dają na wyjściu stałe napięcie, zmieniając jedynie wartość prądu, który dostarczają do konkretnego kanału lampy RGB

4. Schemat blokowy z uzasadnieniem doboru komputerów



Zdecydowano się na następujące komponenty (opis tylko ważniejszych):

a. Mikrokontroler - STM32F051K6T6

- i. niska cena (<15 zł) i szeroka dostępność
- ii. 12 bitowy ADC
- iii. wbudowany TSC
- iv. obsługiwany protokół SPI
- v. dwa timery obsługujące po 4 kanały PWM

Dokumentacja: [STM32F051K6T6](#)

b. Wyświetlacz e-paper - Waveshare 18401

- i. wysoka rozdzielczość 296x152 px
- ii. jeden z niewielu dostępnych w magazynach w czasie realizacji projektu

- iii. komunikacja po protokole SPI

Dokumentacja: [Waveshare 18401](#)

c. Przetwornica 3.3 V - buck boost TPS63001DRCT

- i. stabilne napięcie wyjściowe w zakresie napięcia wejściowego od 1.8 do 5.5 V
- ii. wytrzymuje obciążenie do 1.2 A
- iii. dobra sprawność energetyczna - minimum 80 % w zakresie V_{in}
- iv. niewielki prąd spoczynkowy, max. 50 μA

Dokumentacja: [TPS63001DRCT](#)

d. Przetwornica 5 V - boost TLV61070ADBVR

- i. generowanie napięcia wyjściowego do 5.5 V, przy napięciu wejściowym od 0.5 do 5.5 V
- ii. sprawność energetyczna w zakresie naszego układu od 90 do 95%
- iii. przy generacji 5.5 V na wyjściu jest w stanie wytrzymać obciążenie 1.5 A

Dokumentacja: [TLV61070ADBVR](#)

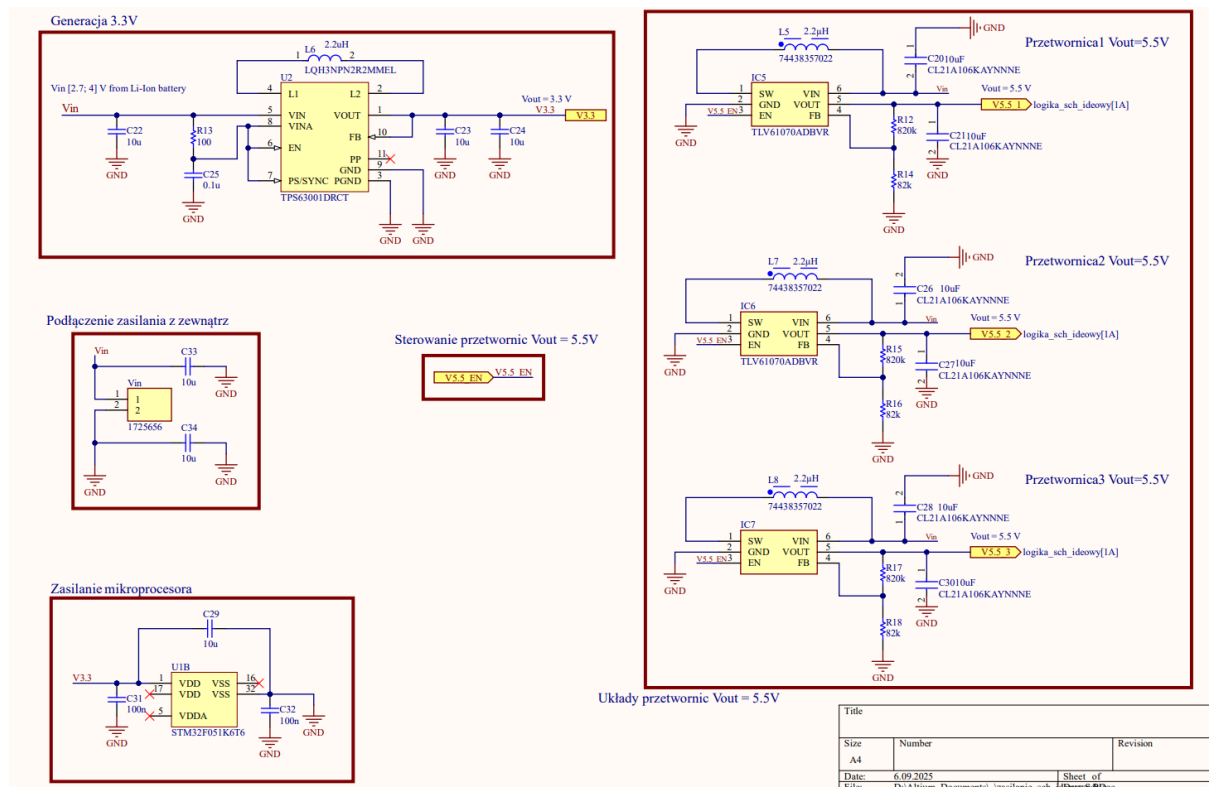
e. Driver LED TPS92201ADRVR

- i. wytrzymuje napięcie wejściowe 5.5 V
- ii. zapewnia stałe prądy do 1.5 A na wyjściu
- iii. regulacja prądu na wyjściu za pomocą PWM-a
- iv. efektywność energetyczna sięga do 95%
- v. bardzo mały prąd spoczynkowy - 1 μA

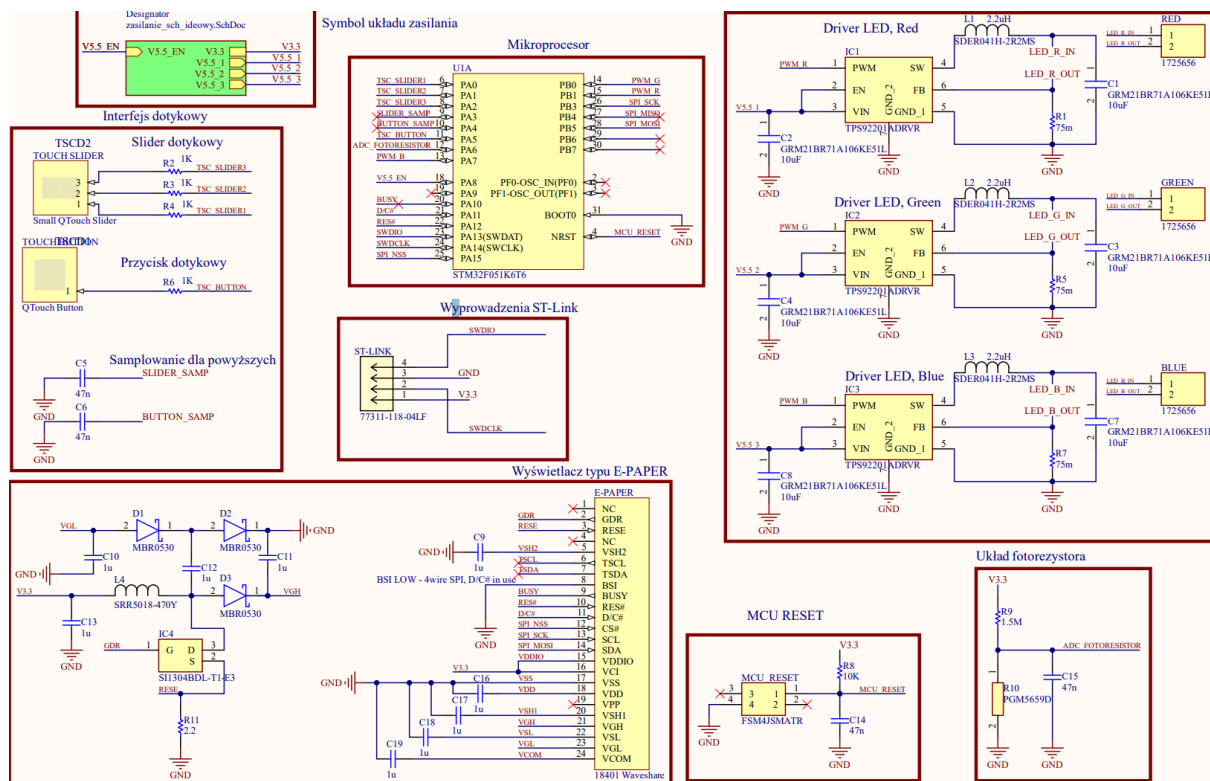
Dokumentacja: [TPS92201ADRVR](#)

5. Schemat ideowy

a. Schemat zasilania



b. Schemat sterowania i interfejsów



6. Ewentualne obliczenia i symulacje

Wszystkie opisane poniżej obliczenia i symulacje można znaleźć w repozytorium, w nazwanych analogicznie repozytoriach.

Przez to, że układ miał obsługiwać do 20 W mocy, konieczne było dokładne dobranie elementów, pod kątem obciążenia jakie wytrzymają. Założono, że każdy pojedynczy kanał powinien wytrzymać 6.5 W obciążenia.

a. LED Driver TPS92201ADRVR

Nasz układ generuje na wyjściu prąd, którego wartość maksymalna zależy od rezystora w pętli sprzężenia zwrotnego (np. R1 na schemacie dla kanału RED).

Zakładając zasilanie 5 V, konieczne było, żeby był w stanie dać na wyjściu prąd aż do 1.3 A, po obliczeniach wartość rezystora

ustawiono na 75 m Ω , co według obliczeń pozwalało uzyskać prąd maksymalny 1.33 A.

Następnie wyliczono jakie napięcie zasilania trzeba będzie dostarczyć do komponentu, by napięcie utrzymywało się na poziomie 5 V. Wyliczona wartość wynosiła 5.5 V.

b. Przetwornica boost 5 V TLV61070ADBVR

Zgodnie z poprzednimi wyliczeniami, przetwornica musiała dostarczać stabilne 5.5 V, konieczne było więc rezystorów do pętli sprzężenia zwrotnego. Po obliczeniu i przesymulowaniu konfiguracji R1 = 820k, R2 = 82k oraz R1 = 787k, R2 = 82, wybrano pierwszą gdyż przetwornica generowała wtedy 5.5 V (a w symulacjach nawet troszkę powyżej tej wartości) na wyjściu.

7. PCB

Jako, że projekt w założeniach nie miał być produktem na rynek przemysłowy, postanowiono w nim na komfort w korzystaniu dla użytkownika, czyli przyjazne i intuicyjne rozmieszczenie elementów oraz zapewnieniu jak najlepszej funkcjonalności interfejsu dotykowego (poprzez umieszczenie ich jak najbliżej mikrokontrolera). Dodatkowo starano się prowadzić jak najkrótsze ścieżki zasilające, by zminimalizować utraty mocy.

Najważniejsze informacje:

a. Wymiary: 80.1 x 103.1 mm (z potencjałem na zmniejszenie bez dużego nakładu pracy)

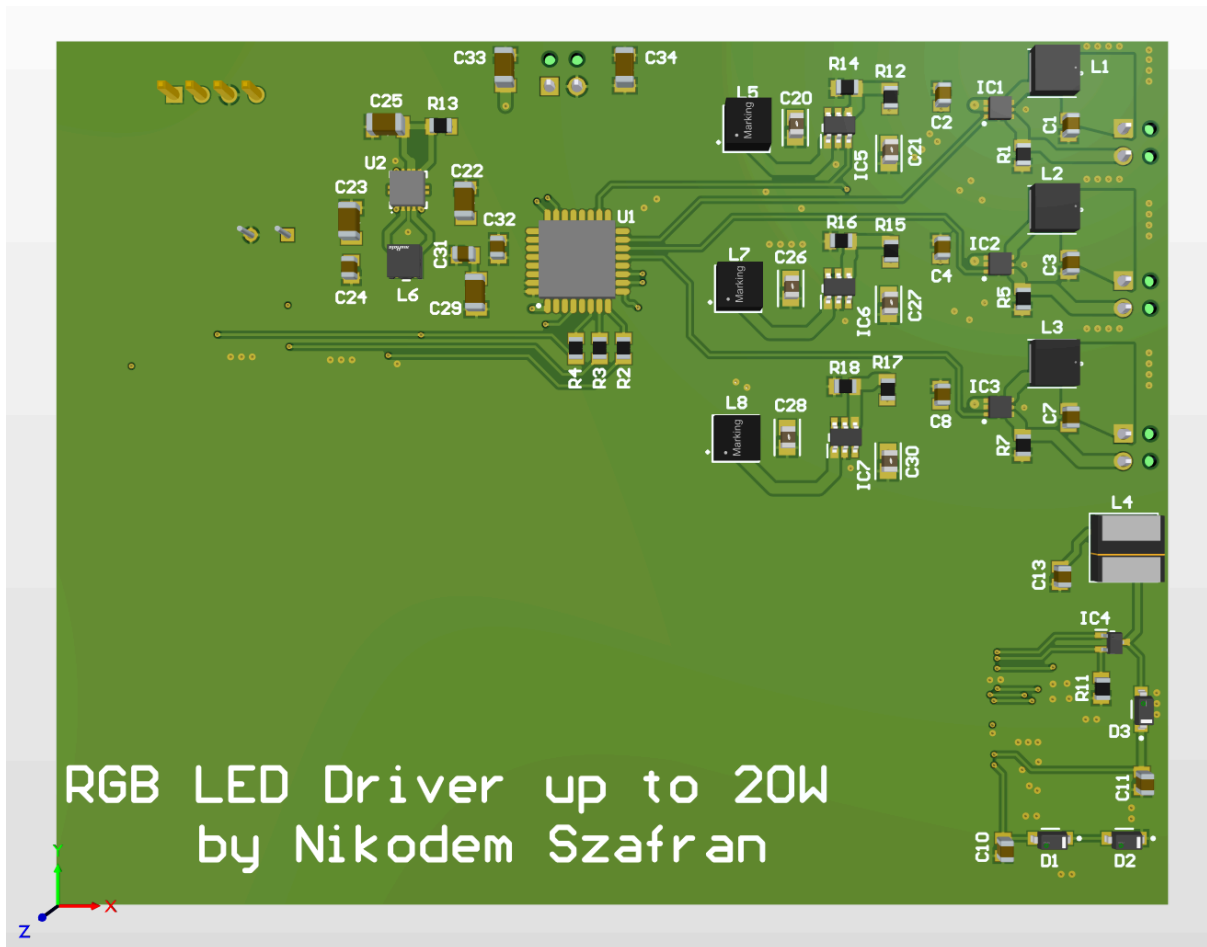
b. Czterowarstwowa

- i. Top Layer - sygnałowa
- ii. GND Layer - masa
- iii. POWER Layer - rozprowadzenie zasilania

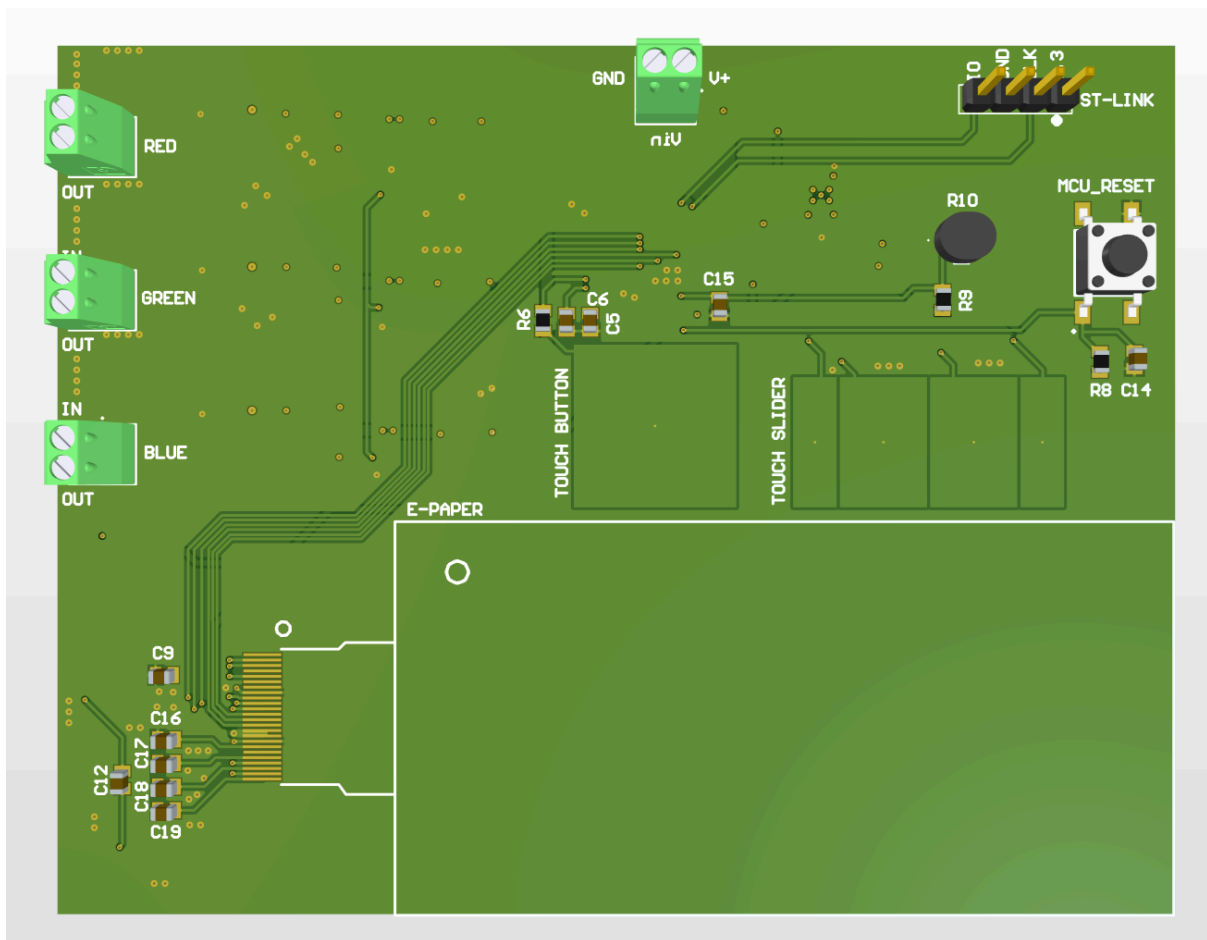
iv. Bottom Layer - sygnałowa, tu znajduje się też interfejsy dla użytkownika

c. Projektowana według zasad producenta JLCPCB

Widok płytki w 3D:

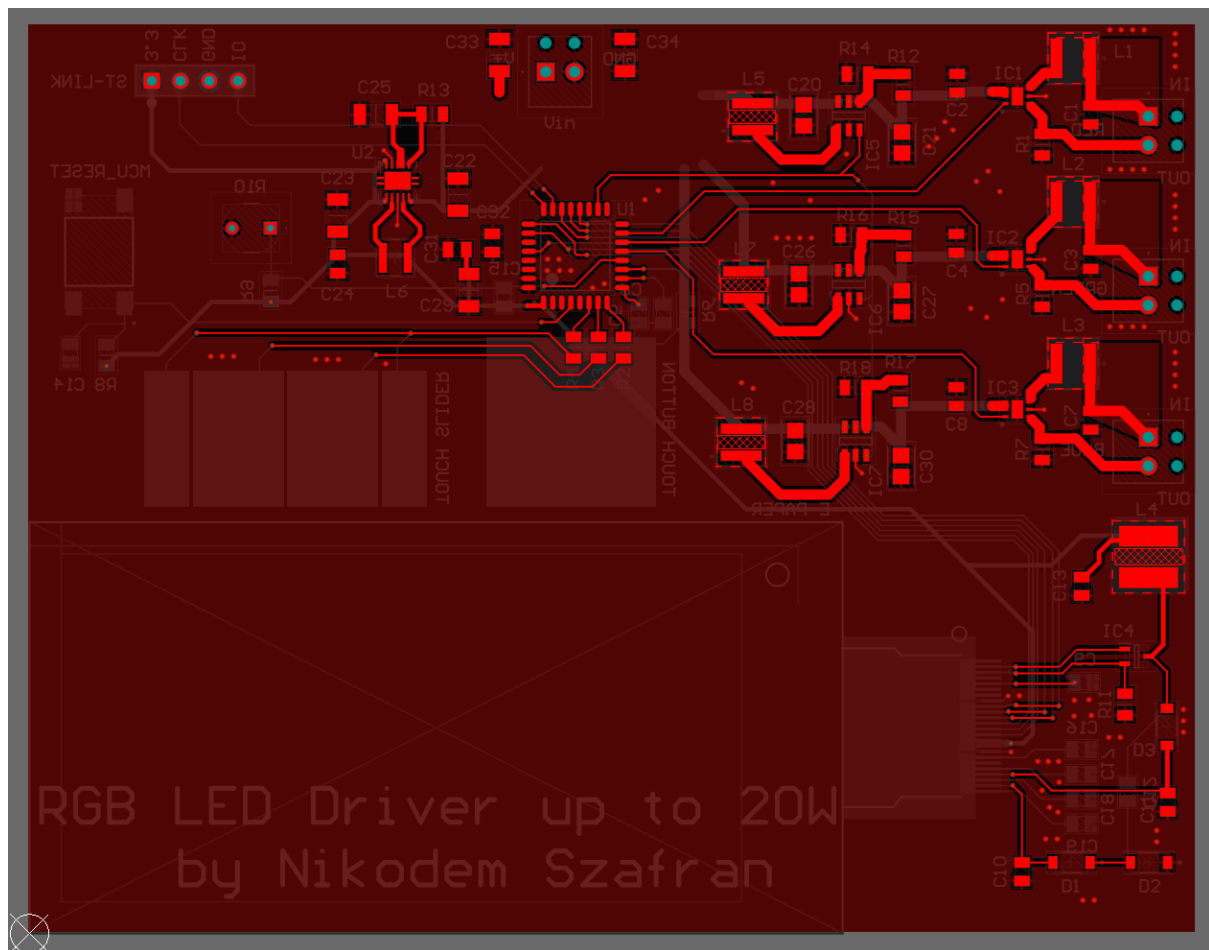


Górna część płytki w 3D

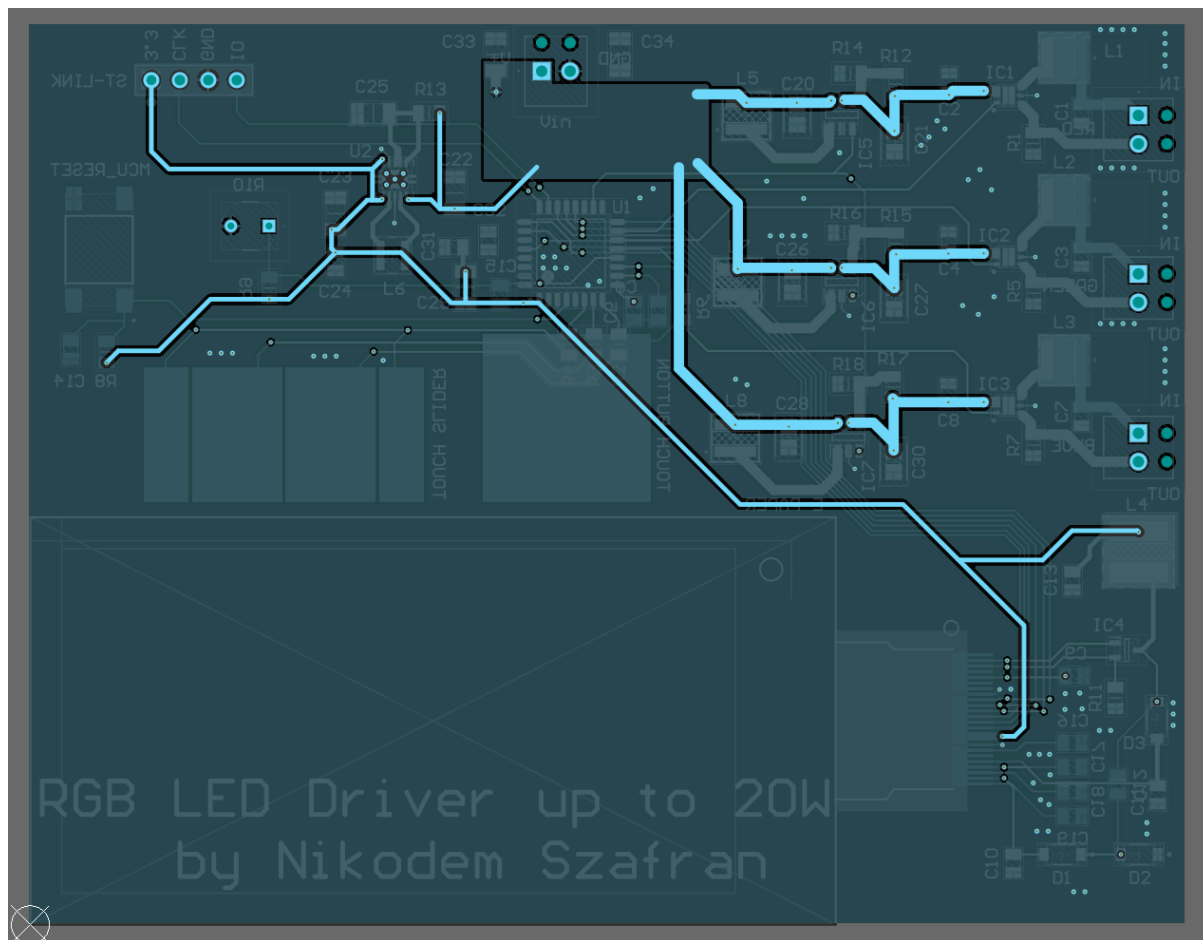


Dolna część płytki w 3D

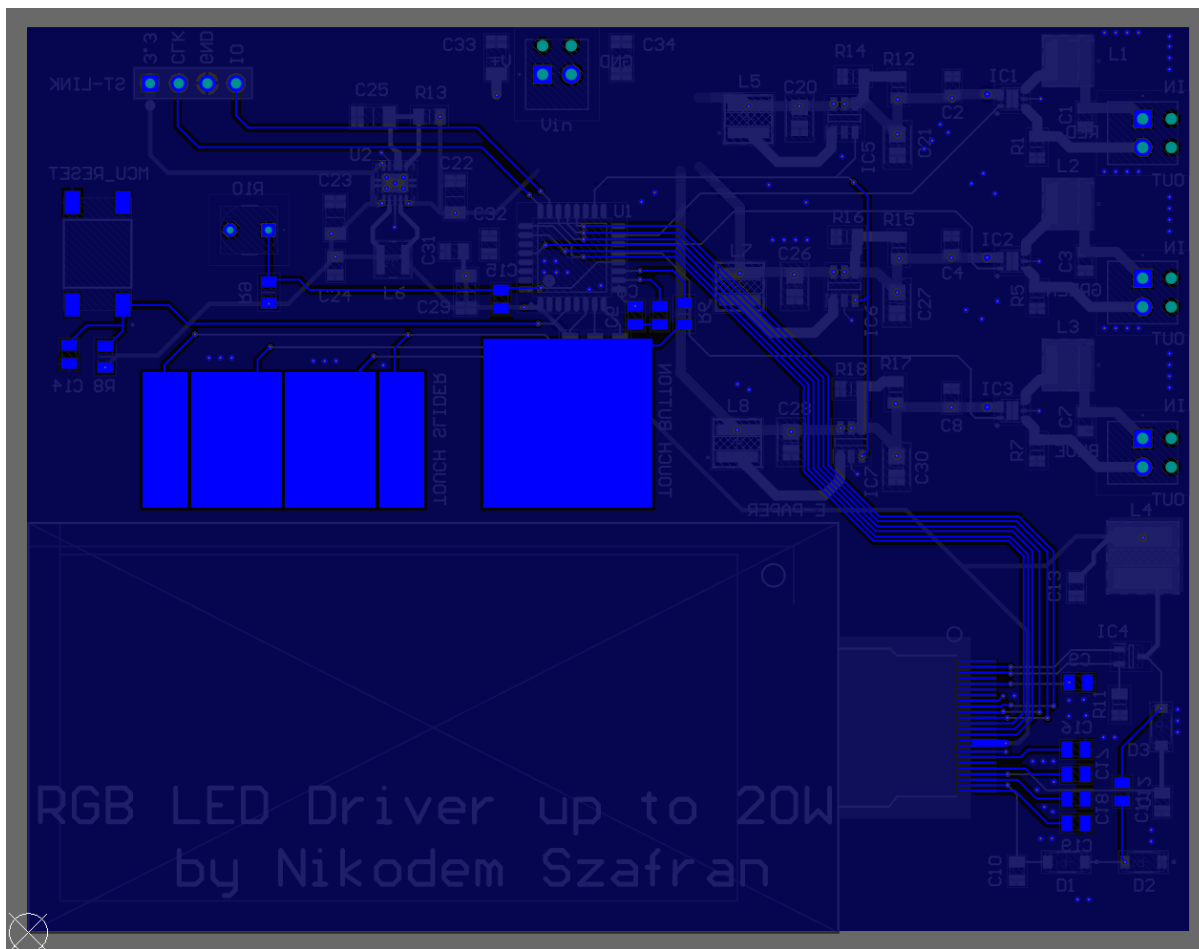
Rzuty warstw płytki:



Rzut warstwy Top Layer



Rzut warstwy POWER Layer



Rzut warstwy Bottom Layer

Wszystkie pokazane tu rzuty można znaleźć w repozytorium, w folderze “PCB”

8. BOM z wyceną pojedynczej płytki oraz dużego wolumenu

Przez obecne rozmiary płytki (tj. 80.1 x 103.1 mm) zalicza się ona do nie-defaultowej fabrykacji przez JLCPCB. Z tego powodu dochodzi “Engineering fees” i opłata ta podnosi cenę płytki o 90 zł (przewyższa to koszt wykonania płytki sześciokrotnie).

Zgodnie z informacjami umieszczonymi na stronie JLCPCB nie dokłada tej opłaty, kiedy płytki są mniejsze niż 102 x 102 mm.

Zrealizowany layout z łatwością można zmniejszyć, aby płytka nie miała tej opłaty, zatem końcowe wartości nie uwzględniają kosztu “Engineering fees” w wyliczeniach.

W wyliczeniach uwzględniono jedynie koszt wytworzenia płytki (bez montażu, testowania itd.)

a. Wycena pojedynczej płytki

- i. Koszt komponentów: 151,28 zł
- ii. Koszt płytki: 3,14 zł
- iii. Koszt sumaryczny: 154,42 zł

b. Wycena dużego wolumenu (tu 1000 sztuk)

- i. Koszt komponentów: 99,30 zł
- ii. Koszt płytki: 2,11 zł
- iii. Koszt sumaryczny: 101,42 zł

Tabelka z wyliczeniami znajduje się w repozytorium, w folderze “PCB”.

9. Bibliografia

a. Linki do dokumentacji ważniejszych komponentów podane w punkcie 4. dokumentacji projektu

- i. Przetwornica buck-boost 3.3 V TPS63001DRCT - przykładowa aplikacja oraz layout
- ii. Przetwornica boost 5 V TLV61070ADBVR - przykładowa aplikacja oraz layout
- iii. Driver LED TPS92201ADRVR - przykładowa aplikacja oraz layout

- iv. Wyświetlacz e-papierowy Waveshare 18401 -
przykładowa aplikacja oraz wymiary do
zrealizowania footprintu

b. Touch Sensor Controller

- i. [Link1](#) - dokumentacja opisująca działanie TSC na
stronie 7 i 8. Wykorzystano m.in. przykładową
aplikację na schemacie (strona 17) oraz porady
dotyczące layoutu na PCB (strona 18)
- ii. [Link2](#) - załączanie gotowych bibliotek zawierające
symbole oraz footprinty interfejsów dotykowych

c. Fotorezystor wraz z ADC

- i. [Link1](#) - skorzystano z przykładowej aplikacji dla
ADC ze strony 79, rysunku 26

d. Materiały z wykładów oraz repozytorium profesora
Cezarego Worka, głównego prowadzącego przedmiotu
PUE