

Warszawa, 27.08.2024

Projekt: FIT

Raport

Opracowanie projektu PCB dla programowalnego generatora kwadraturowego

Wykonawca: Piotr Zdunek

Data realizacji: od 01/08/2024 do 31/08/2024

Cel pracy:

Wykonanie projektu schematów oraz PCB programowalnego generatora kwadraturowego

Realizacja pracy:

Projekt schematów i PCB.

Wynik pracy:

Link do repozytorium: https://github.com/elhep/Motor_controller_DIOT

Nazwa dla generatora używana w projekcie to: **Motion controller (MC)**

Struktura projektu:

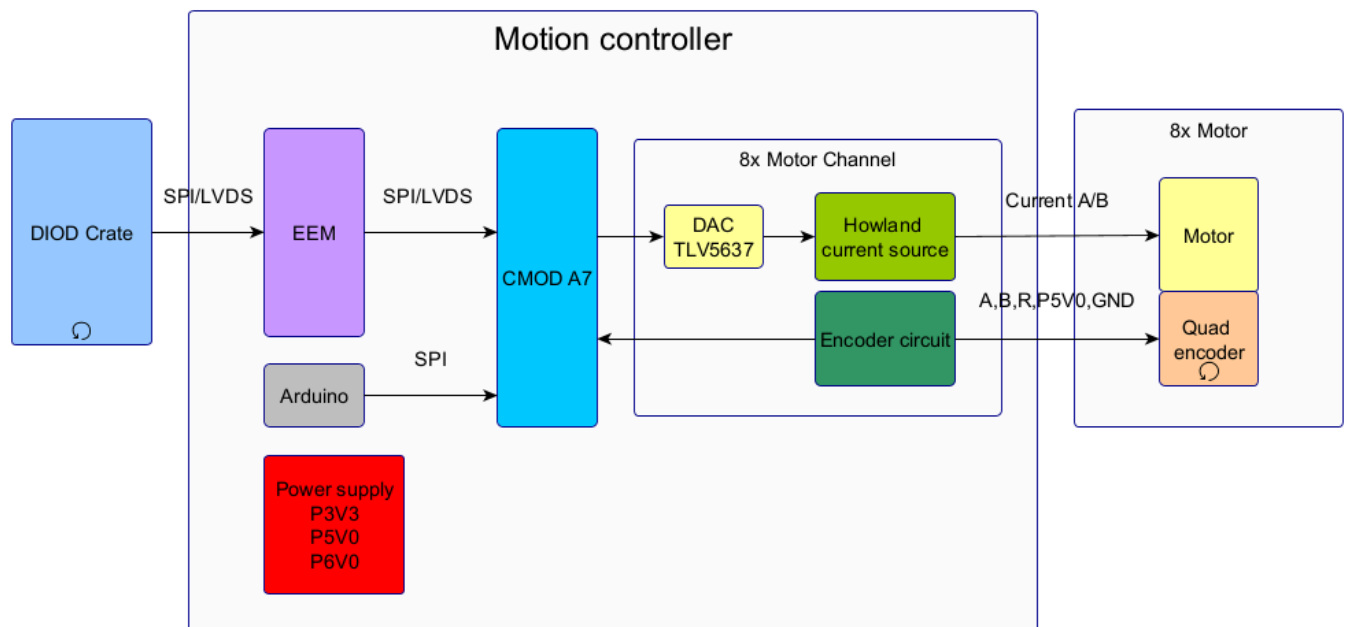
- **HDL** - oprogramowanie FPGA
 - Motion_controller - główny projekt
 - Tests - projekty testowe
 - dds_test -> projekt z symulacjami DDS
- **FW** - firmware
 - Vitis - oprogramowanie na softcore microblaze
 - STM32 - oprogramowanie na STM32
- **Doc** - dokumentacja
- **HW** - projekt PCB
- **Tests** - testy

Wymagania:

Drugim etapem projektu była definicja wymagań dla kontrolera od strony sprzętowej. Ustalono zostały następujące założenia projektu:

- MC musi sterować 8 kanałami podłączonymi do 2-fazowych silników krokowych z wykorzystaniem ogólnodostępnych złącz i przewodów
- MC musi spełniać standard DIOT [1]
- MC musi pozwalać naysterowanie max 100 mA prądu na kanał
- MC musi posiadać interfejs SPI do kontroli systemu
- MC musi zawierać diody na panelu przedstawiające stan systemu

Diagram blokowy systemu:



Opis systemu:

Motion controller składa się z następujących bloków funkcjonalnych:

- Wyjściem mocy - źródła prądowe Howland'a
- Sygnały detektora kwadraturowego
- Złącze EEM
- Złącze DIOD
- Układ zasilania
- Główny kontroler - CMOD A7
- Pomocniczy kontroler - Arduino

Kontroler jest wykonany w standardzie DIOT [1]. Karta rozszerzeń zawiera moduł CMOD-A7 służący jako kontroler do przetworników DAC TLV5637 oraz agregator danych z enkoderów kwadraturowych z silników 2-fazowych. Sterowanie modułem odbywa się poprzez interfejs

SPI znajdujący się na backplane. Dla uproszczenia uruchamiania karty dodano moduł Arduino który służy jako lokalny kontroler i również komunikuje się z modułem CMOD za pomocą interfejsu SPI.

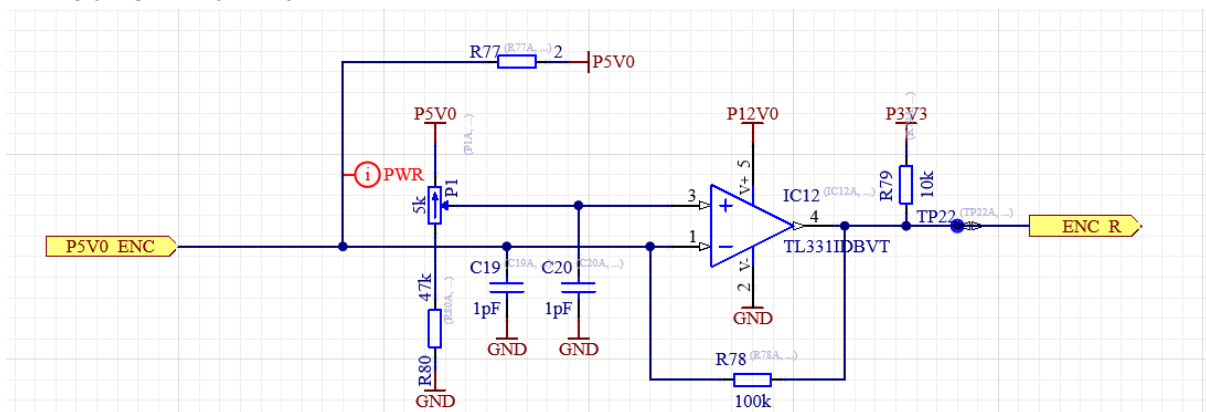
Moduł CMOD-A7 posiada tylko 44 piny GPIO, dlatego konieczna była optymalizacja sygnałów. Udało się zmniejszyć potrzebną liczbę sygnałów poprzez dołączenie do przetworników DAC wspólnego głównego sygnału SCLK oraz nCS, zamiast ośmiu niezależnych interfejsów SPI. Do każdego układu DAC poprowadzony jest niezależny sygnał danych.

Sterowanie silnikami krokowymi odbywa się poprzez sterowanie źródłami prądowymi o wydajności maks 100 mA które podłączone są do cewek faz silników krokowych (po dwie cewki na kanał). Do realizacji tego układu zastosowano źródło prądowe Howlanda, które pozwala na precyzyjną kontrolę prądu wyjściowego.

Jednym z technicznych wyzwań przy projektowaniu kontrolera, był dobór złączy wyjściowych do silników. Wymagania mocno ograniczały dobór odpowiedniego złącza:

- Maks. wys. złącza to 25 mm
- Minimum 9-10 pinów wyjściowych (4 sygnały prądowe silników, 5 sygnałów do enkodera, 1 sygnał masy)
- Złącza dostępne wraz z przewodami i wtykami
- Odpowiedni wymiar na szerokość aby zmieścić 8 złączy na przednim panelu

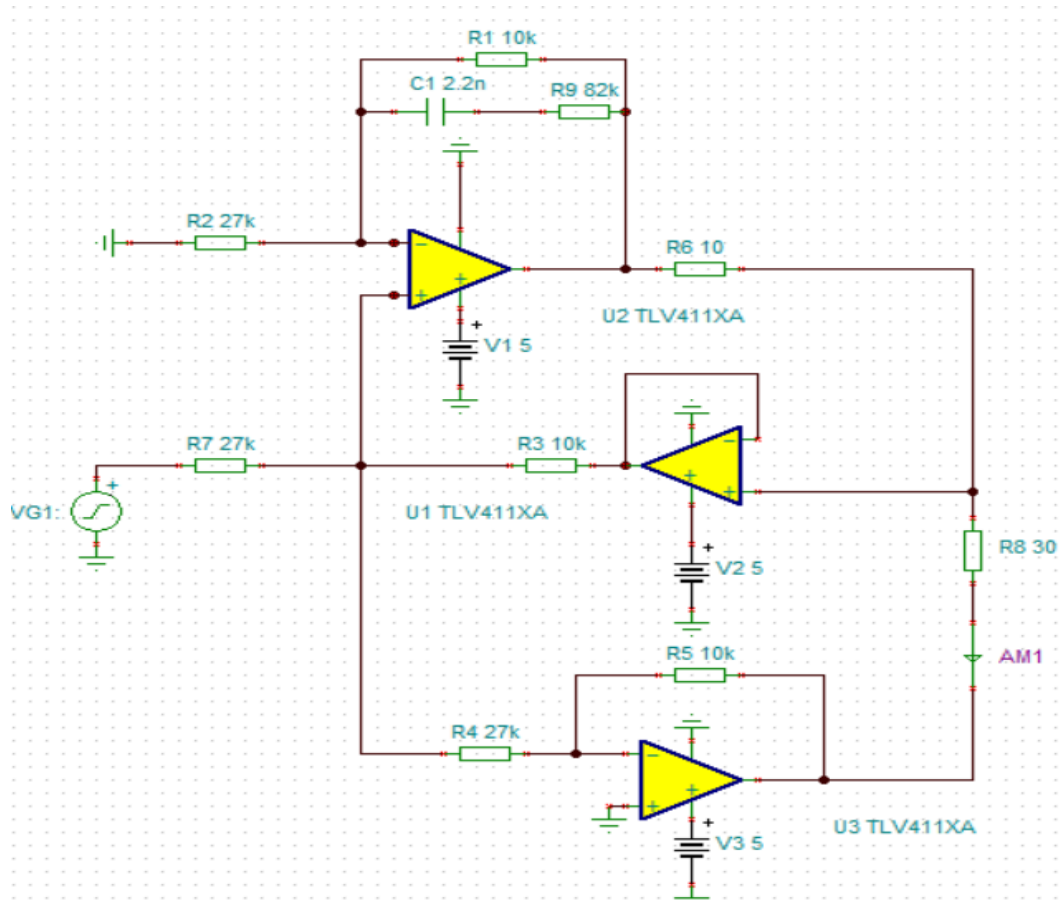
Początkowo wybór padł na złącze RJ50 albo FireWire jednak pierwsze złącze nie występowało w konfiguracji podwójnej a FireWire miało ograniczoną dostępność i wysoki koszt. Finalnie po konsultacji udało się zastosować złącze RJ45 poprzez optymalizację sygnałów z enkodera i detekcję sygnału resetu za pomocą pomiaru wzrostu poboru prądu zasilającego z wykorzystaniem komparatora.



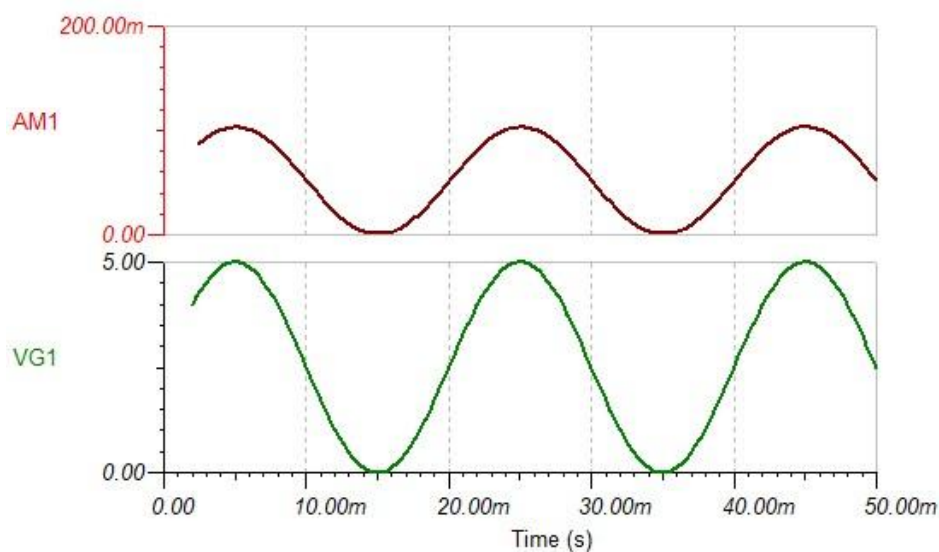
Po analizie dostępnych złączy udało się też znaleźć optymalne kosztowo złącze RJ45 z 8 wejściami, dzięki czemu na przednim panelu uda się zmieścić diody pokazujące stan systemu.

Symulacje:

Konfiguracja źródeł prądowych Howlanda została zweryfikowana za pomocą symulacji w programie Tina-TI. Przebieg napięcia wejściowego skonfigurowano jako sinusoidalny o amplitudzie 5V, jak widać na załączonym wyniku symulacji czasowej przebiegu prądu podąża za sygnałem napięcia w zakresie 0-100 mA zgodnie z wymaganiami.



Schemat układu źródła prądowego Howlanda

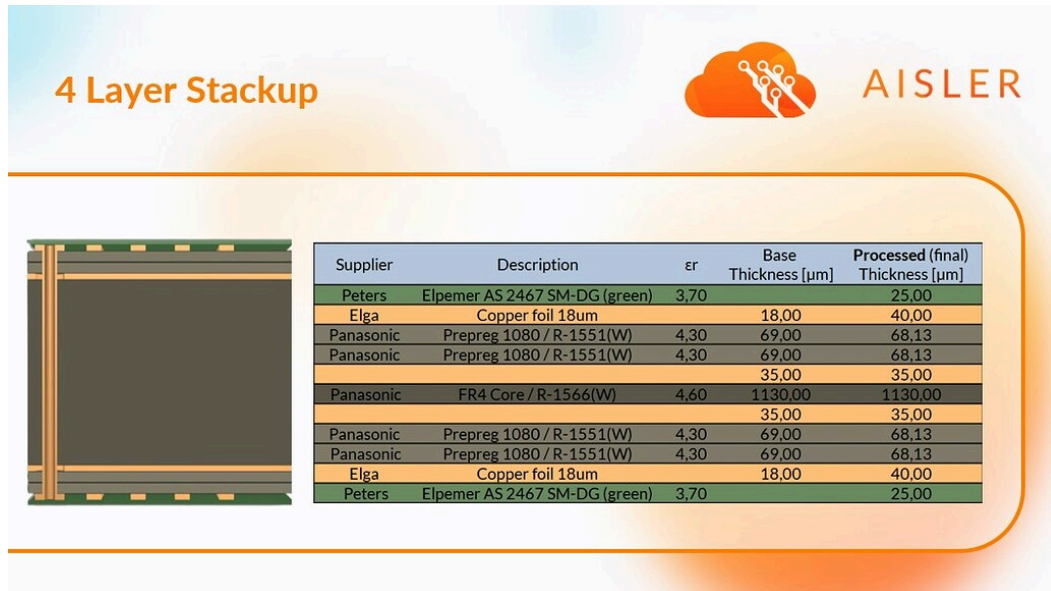


Przebieg symulacji czasowej, VG1 to źródło napięcia, a AM1 to pomiar prądu wyjściowego.

Projekt PCB:

Projekt schematów i PCB wykonano w programie Altium Designer. W projekcie wykorzystany został wielokanałowy

Wymagania dot. PCB skonfigurowano pod firmę AISLER. Projekt jest na stackupie 4 warstwowym: z dwiema warstwami sygnałowymi, jedną warstwą zasilania i jedną warstwą masy.



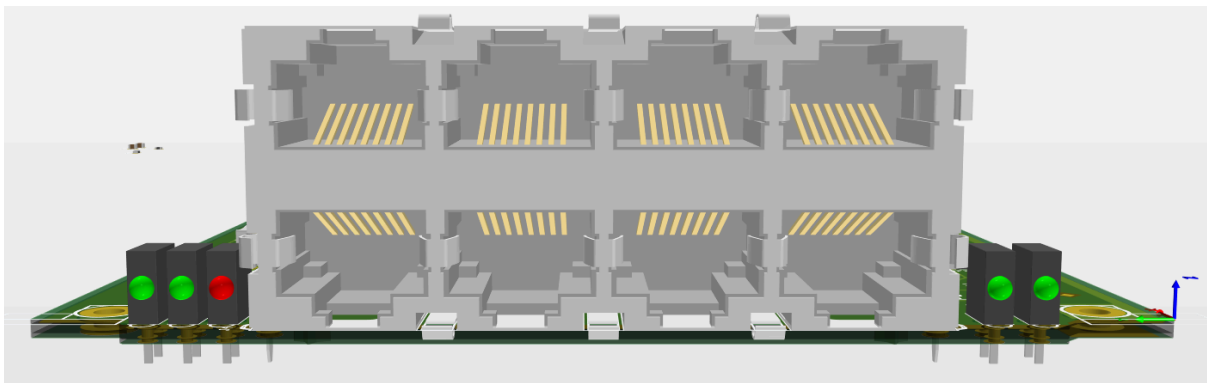
Dla optymalizacji kosztów udało się umieścić wszystkie elementy na górnej warstwie. Projekt przeszedł wstępną weryfikację i jest gotowy do produkcji.

Panel przedni

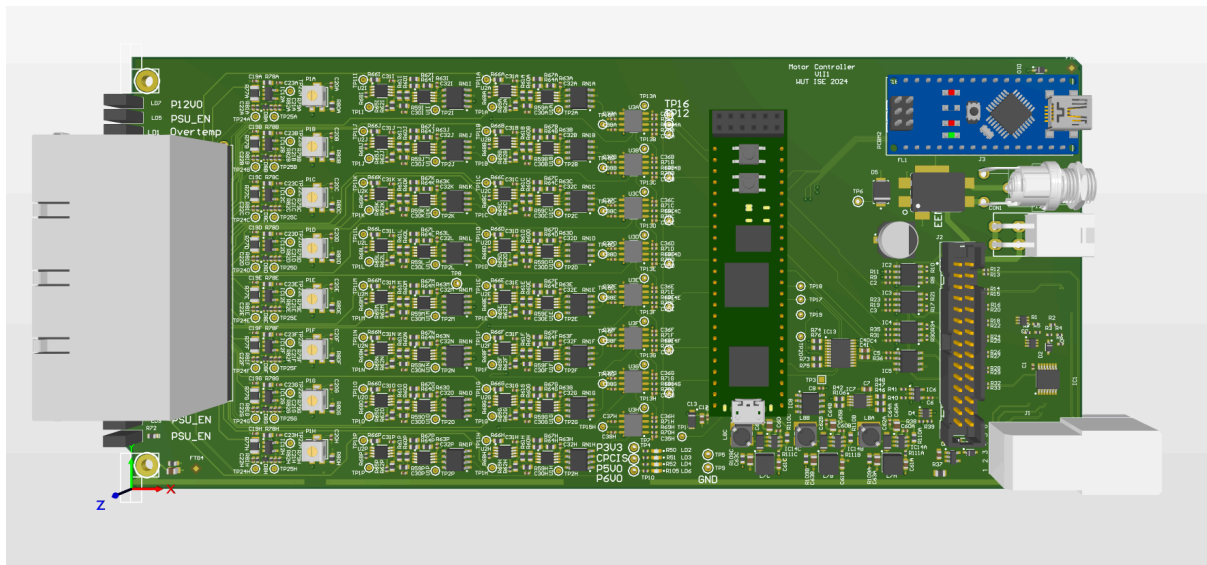
Na panelu przednim umieszczono diody indukujące:

- Zasilanie 12V
- Sygnał PSU_EN - indykacja uruchomienia zasilania z backplane
- Alarm przegrzania
- Dwie diody z modułu CMOD

oraz 8 gniazd RJ45 do 8 silników 2-fazowych.



Rzut na projekt PCB



Kolejne kroki:

Dalszym etapem projektu będzie zlecenie produkcji PCB oraz uruchomienie urządzenia.

Referencje:

1. https://indico.cern.ch/event/762524/contributions/3164143/attachments/1733099/2801965/DIOT_project.pdf
2. <https://circuitcellar.com/resources/quickbits/howland-current-source/>
3. <https://community.aisler.net/t/pcb-specifications/101>