

Metodyki projektowania i modelowania systemów 1
Dokumentacja projektu - hardware
MIERNIK MOCY I LICZNIK ENERGII Z KOMUNIKACJĄ USB

1) Założenia funkcjonalne projektu:

Urządzenie ma umożliwić pomiar wejściowych wielkości elektrycznych urządzeń zasilanych z jednofazowej sieci elektroenergetycznej o napięciu skutecznym 230V.

Dzięki komunikacji USB wyniki pomiarów mogą być zapisywane i przetwarzane na komputerze.

2) Rozeznanie rynku rozwiązań komercyjnych – ceny i funkcjonalność:

Na rynku dostępne są urządzenia o podobnej funkcjonalności do zastosowań laboratoryjnych, przemysłowych jak i domowych.

W przypadku urządzeń dedykowanych gospodarstw domowym, mających zwykle postać nakładki na gniazdo funkcjami są pomiar napięcia, prądu, mocy, energii, czasem także częstotliwości i współczynnika mocy ($\cos\phi$). Deklarowana dokładność pomiaru to 1%, a maksymalna moc mierzona to 3,6kW. Koszty takich urządzeń zaczynają się od około 60zł.

Urządzenia dla przemysłu mają postać modułów do montażu w rozdzielniach na szynach DIN lub są przystosowane do zabudowy na panelach sterowania lub drzwiach szaf sterowniczych. Funkcjonalność jest podobna jak w przypadku produktów dla gospodarstw domowych, ale zakres pomiaru zwykle jest szerszy, występują też urządzenia przystosowane do współpracy z siecią trójfazową. Koszty najprostszych rozwiązań są podobne jak w przypadku mierników dla gospodarstw domowych.

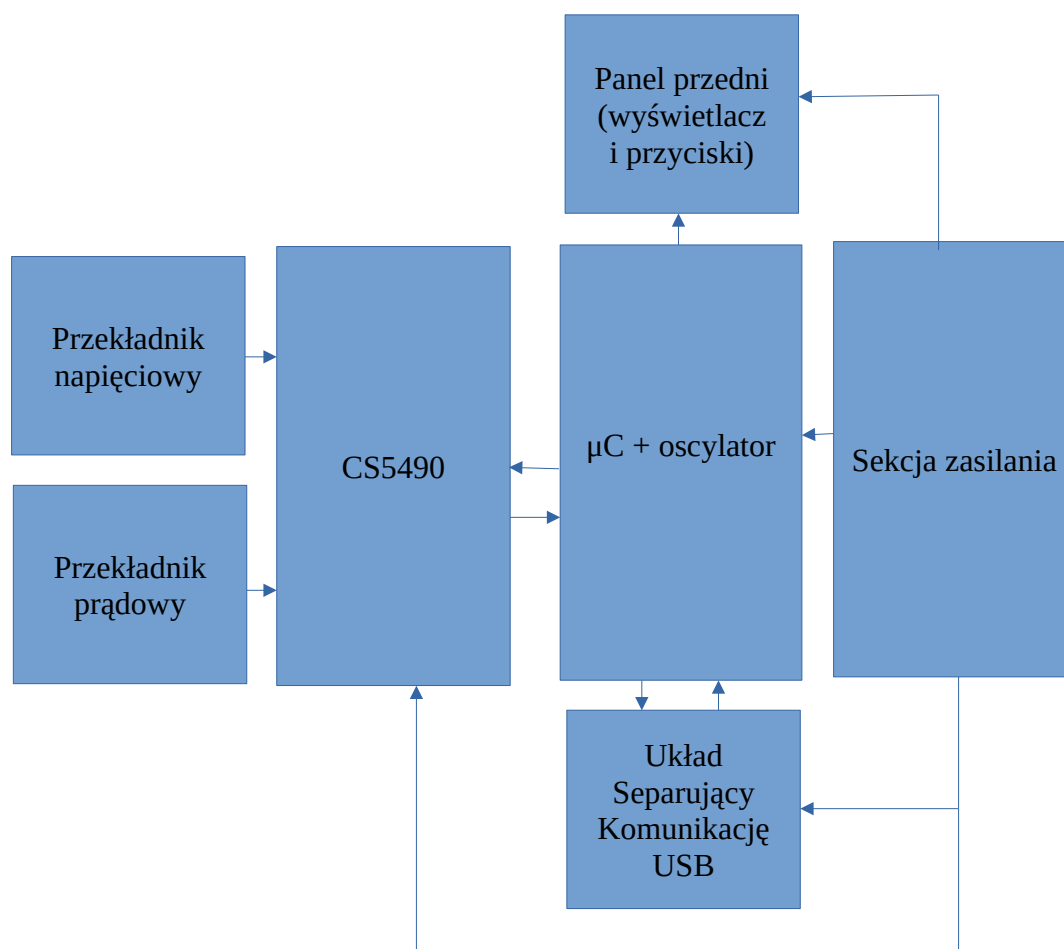
Kolejną grupą są przyrządy laboratoryjne, oferujące porównywalne z przemysłowymi zakresy pomiarowe, ale znacznie wyższą dokładność sięgającą 0,1%. Ceny tych urządzeń zaczynają się od kilkuset złotych.

3) Koncepcja rozwiązania:

a) parametry:

- Zakres pomiaru napięcia – 0-230VAC (jeśli zasilanie z innego źródła)
- Zakres pomiaru napięcia – 230VAC \pm 10% (jeśli zasilanie z mierzonego źródła)
- Zakres pomiaru prądu – 0-10AAC
- Pomiar mocy, energii oraz współczynnika mocy
- Separacja galwaniczna zasilania i obwodów wejściowych od układu mikroprocesora
- wyświetlacz OLED
- komunikacja USB dodatkowo separowana dedykowanym układem

b) schemat blokowy



Rysunek 1: Schemat blokowy układu.

c) dobór elementów

- Przekładnik napięciowy
Został zastosowany przekładnik napięciowy w postaci transformatora o przekładni 1:1 (TV19E firmy YHDC) i dzielnik rezystancyjny proponowany przez notę aplikacyjną układu do pomiaru mocy. Rozwiązanie takie zapewnia separację galwaniczną.
- Przekładnik prądowy
Został zastosowany uniwersalny przekładnik prądowy 20A/0,1A (TAZ14-400 firmy YHDC) a do jego wyjścia został podłączony dzielnik rezystancyjny zapewniający nominalne obciążenie strony wtórnej przekładnika.
- Układ pomiaru mocy
Do pomiaru mocy zastosowany został specjalizowany układ Cirrus Logic CS5490, który od strony wejściowej zostanie podłączony do przekładników prądowego i napięciowego przez odpowiednie dzielniki rezystancyjne i pojemnościowe, a z mikrokontrolerem skomunikuje się przez UART.
- Układ separujący USB

Mimo, że przekładniki prądowe zapewniają separację galwaniczną od sieci dla dodatkowego bezpieczeństwa transmisja USB jest dodatkowo odseparowana galwanicznie, za pomocą układu ADUM3160.

- Wyświetlacz

Wyświetlacz nie jest konieczny do działania urządzenia, transmisja danych przez USB może być wystarczająca, ale zastosowanie ekranu może usprawnić pracę z urządzeniem w pewnych sytuacjach. Ze względu na dostępność i optymalizację kosztową zastosowany został wyświetlacz GMT130-v0.1.

- Mikrokontroler

Mikrokontroler musiał spełnić następujące warunki:

- zasilanie 3,3V
- wbudowany RTC
- interface USB
- interface UART
- interface I²C
- interface SPI
- piny GPIO do podłączenia przycisków

Taką specyfikację spełnia kilka kontrolerów z rodziny ATXmega oraz STM32, ale ze względu na aktualną dostępność wybrano STM32F103C8T6

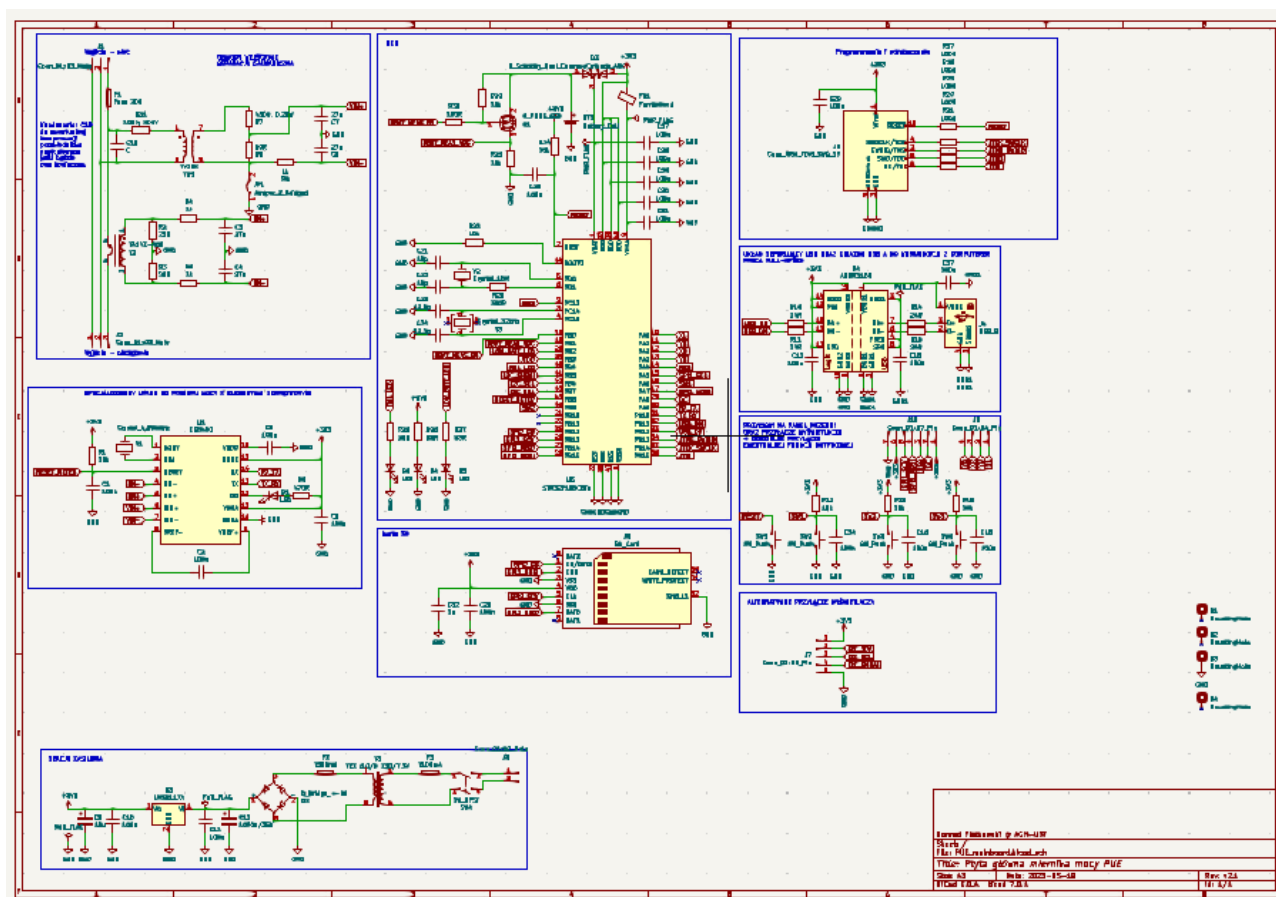
- Sekcja zasilania

Sekcja zasilania została oparta o transformator, w celu zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa i niezawodności układu jak również niskiego poziomu szumów w liniach zasilających. Obniżone napięcie jest prostowane pełnookresowo, odfiltrowane i stabilizowane regulatorem liniowym.

Wybrano transformator sieciowy firmy Breve o oznaczeniu katalogowym TEZ6,0/D 230/7,5V.

Zastosowany jest stabilizator liniowy napięcia 3,3V, ze względu na pobór prądu elementów urządzenia jego wydajność prądowa musi wynosić co najmniej 500mA. Takie warunki z zapasem spełnił LM1086-3,3 firmy Texas Instruments.

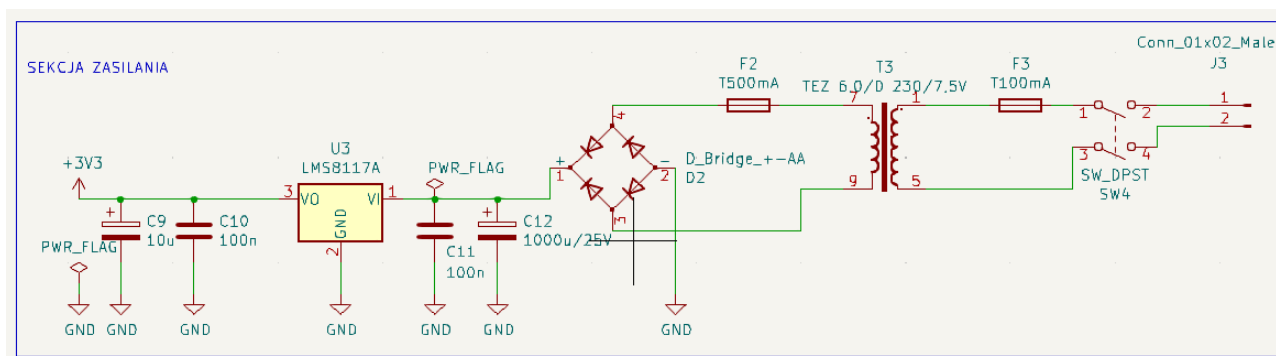
4) Schemat ideowy i opis układu:



Rysunek 2: Schemat ideowy urządzenia

Schemat urządzenia został podzielony na następujące bloki funkcjonalne: sekcję zasilania, MCU z elementami zewnętrznymi, układ pomiarowy z elementami zewnętrznymi, obwody wejściowe, złącze karty SD, złącze programowania, układ separujący USB oraz gniazdo USB oraz przyciski i złącza. Funkcje poszczególnych bloków przedstawione są poniżej:

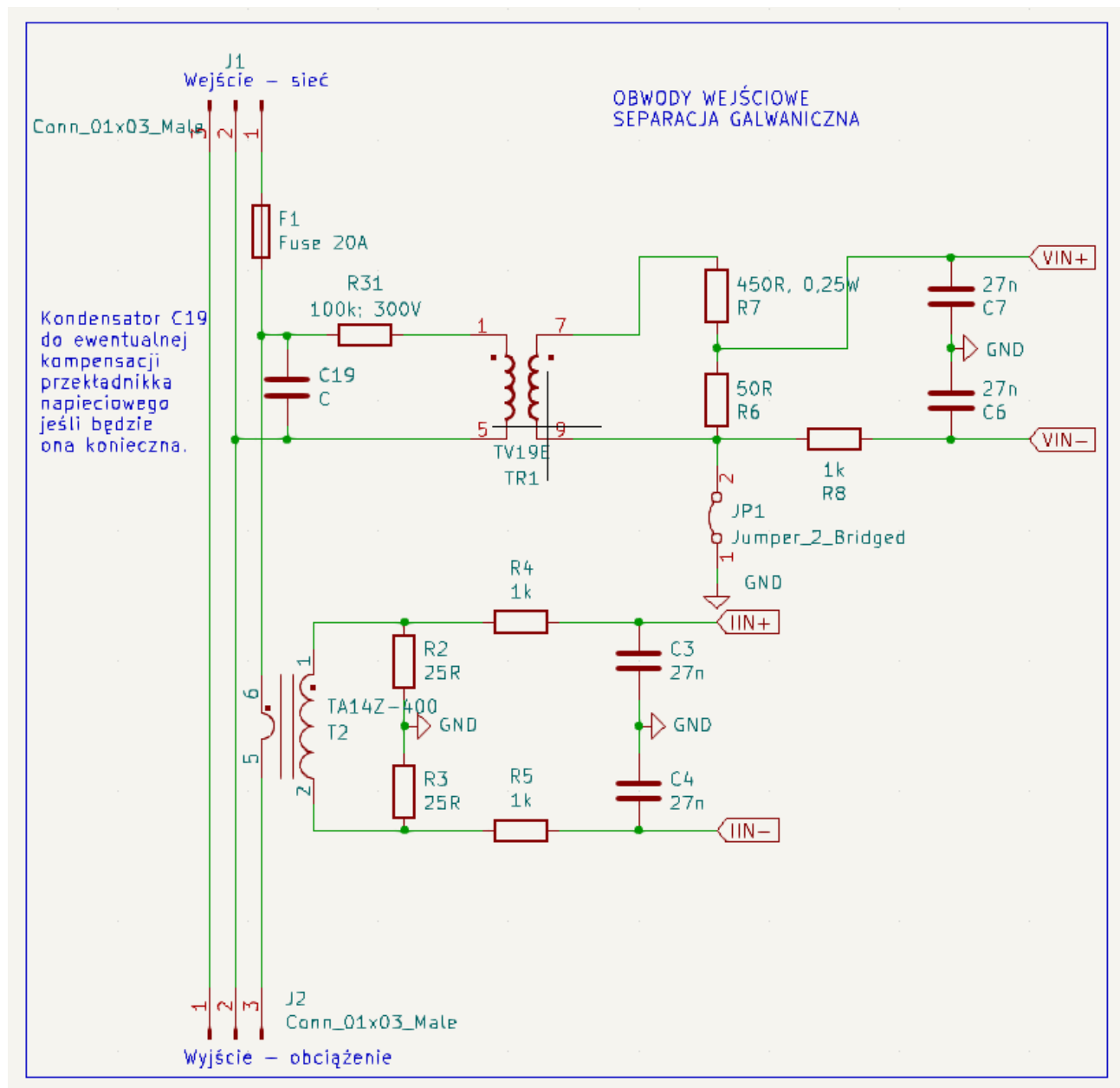
4.1. Sekcja zasilania



Rysunek 3: Sekcja zasilania układu

Zasilacz urządzenia jest przedstawieniowy na *rysunku 3*. Jest to typowy zasilacz transformatorowy z mostkiem Gretza i stabilizatorem liniowym. Zapewnia on separację galwaniczną, dużą niezawodność oraz niski poziom szumów. Dodatkowo takie rozwiązanie jest znacznie szybsze w projektowaniu niż przetwornica.

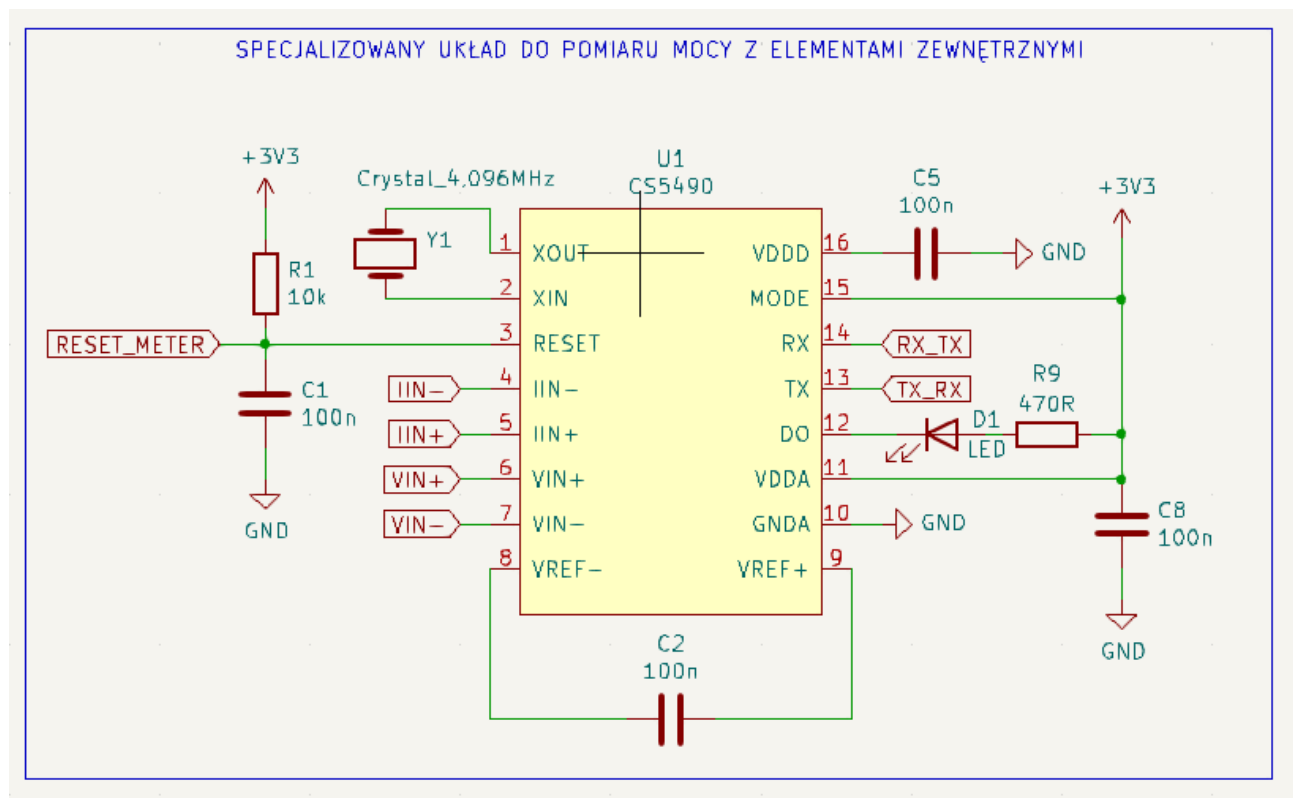
4.2. Obwody wejściowe



Rysunek 4: Obwody wejściowe miernika

Obwody wejściowe (Rysunek 4) miernika wzorowane są na nocie katalogowej układu CS5490 i składają się z bezpiecznika, przekładników prądowego i napięciowego oraz zespołu dzielników napięć. Kondycjonowane za ich pomocą sygnały proporcjonalne do mierzonego prądu i napięcia są podawane bezpośrednio na wejścia układu CS5490.

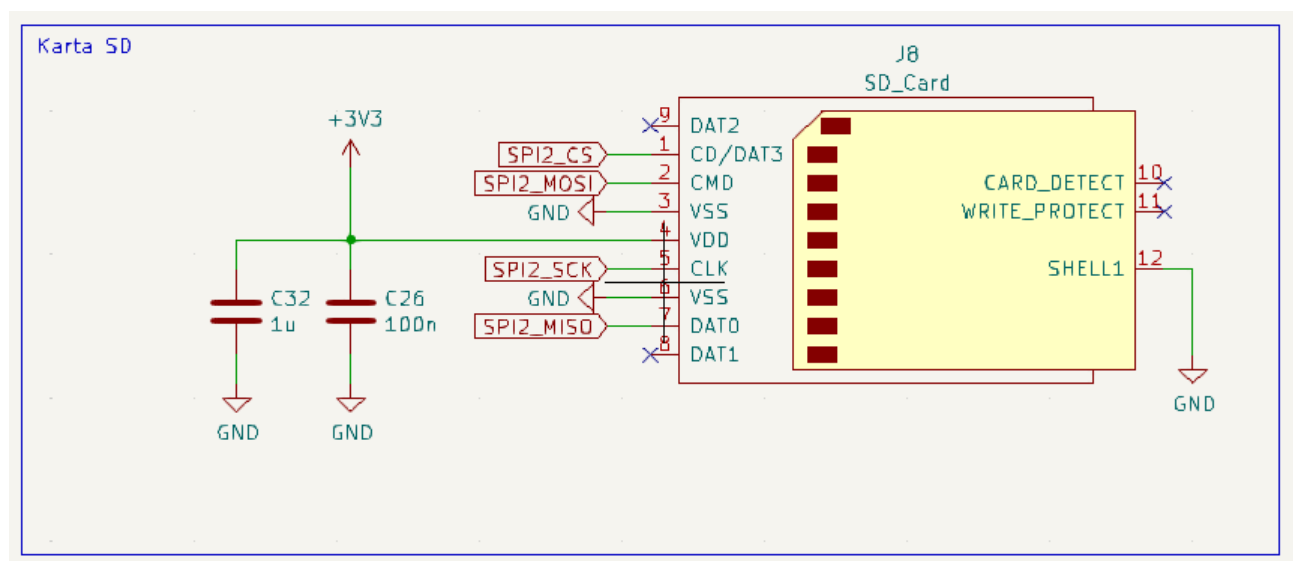
4.3. Układ pomiarowy CS5490



Rysunek 5: Układ CS5490 w aplikacji wskazanej przez notę katalogową

Dedykowany układ pomiarowy CS5490 ma podłączone odsprężone zasilanie, wymagane kondensatory, rezonator kwarcowy o częstotliwości 4,096 MHz oraz sygnały wejściowe. Komunikacje z procesorem zapewnia interfejs UART.

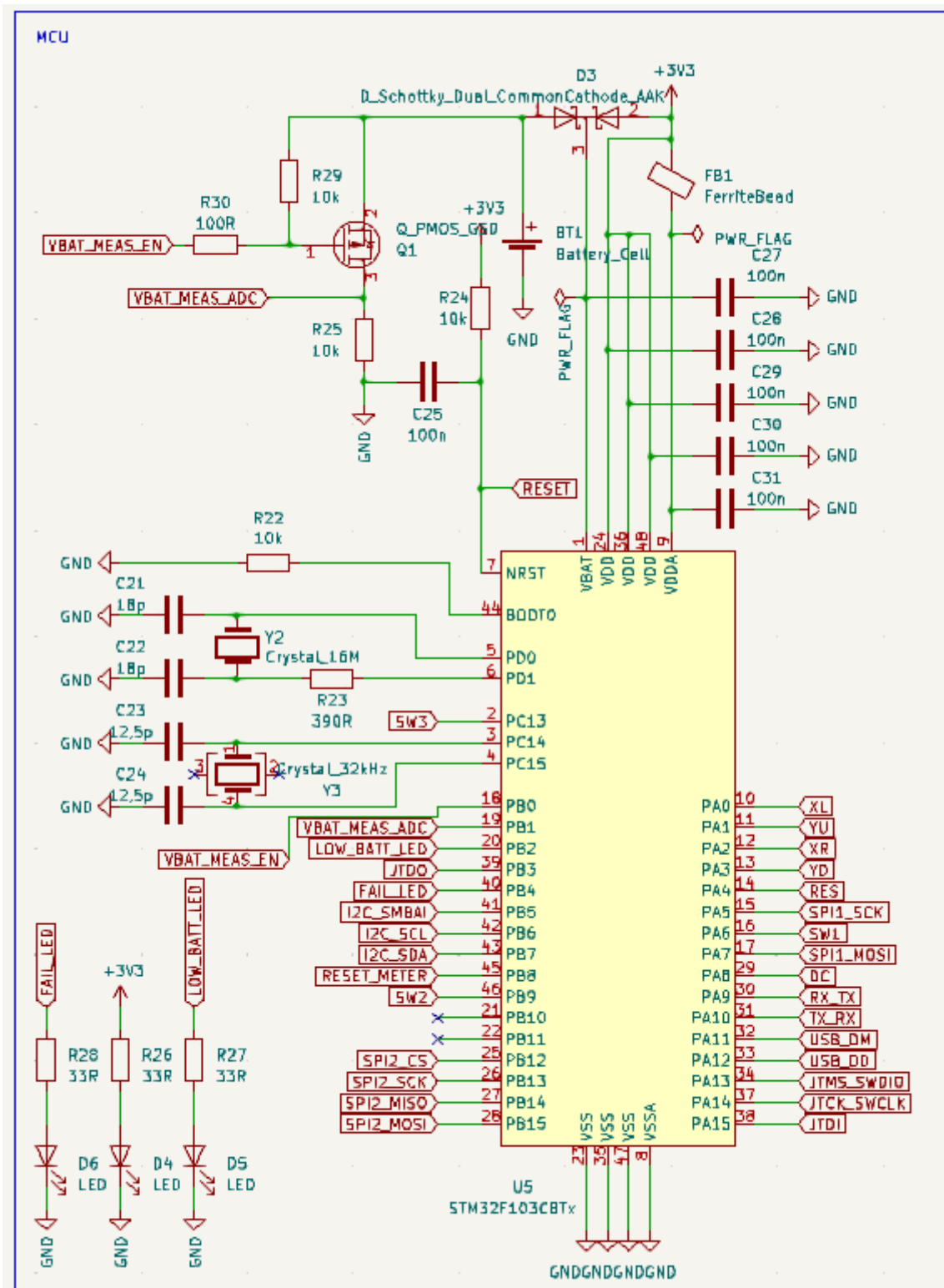
4.4. Karta SD



Rysunek 6: Złącze karty SD

Przedstawione na *Rysunku 6* złącze karty SD wraz z kondensatorami odsprzedażającymi jej zasilanie umożliwia wykorzystanie urządzenia do akwizycji danych bez współpracy z komputerem.

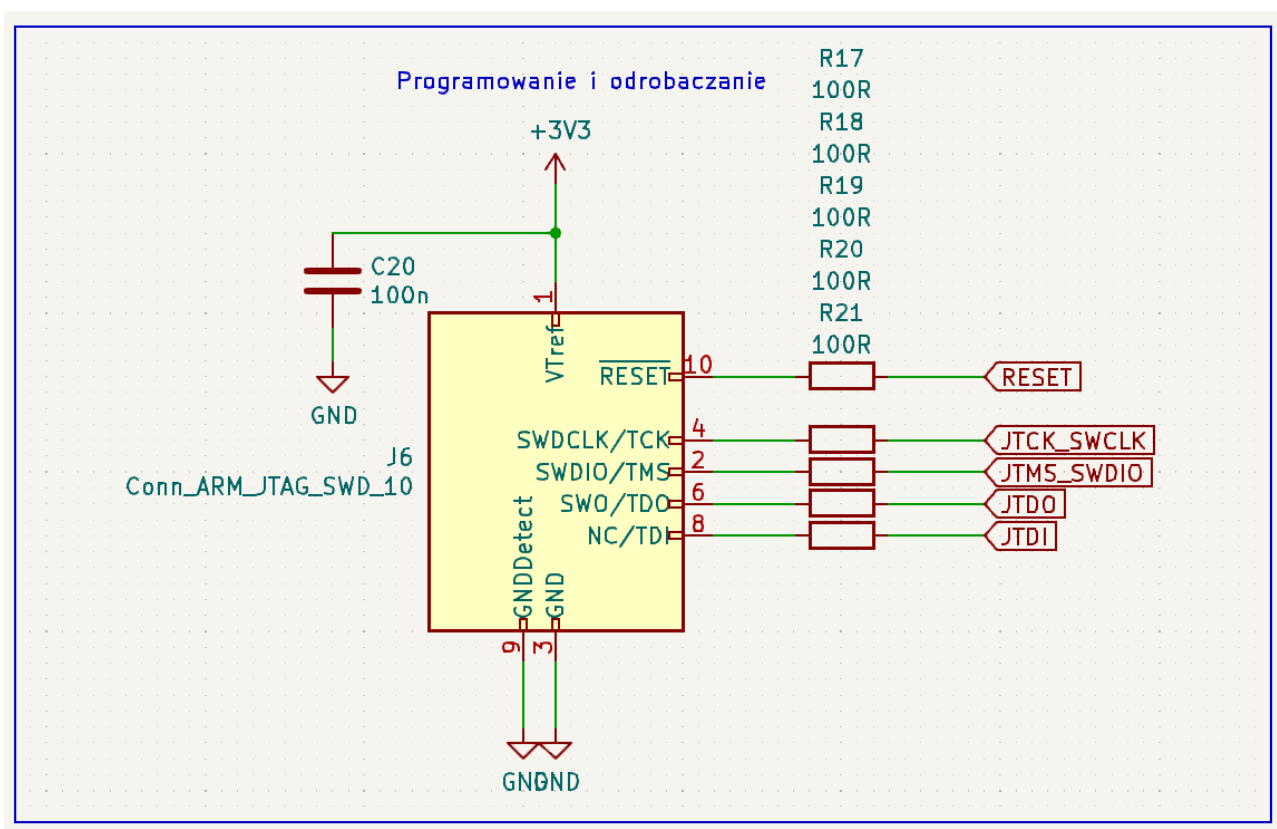
4.5. Mikrokontroler i wymagane elementy zewnętrzne



Rysunek 7: Mikrokontroler STM32F103C8T6, diody sygnalizacyjne oraz niezbędne elementy zewnętrzne

Pracą miernika steruje mikrokontroler STM32F103C8T6. Pracuje on z zewnętrznym rezonatorem kwarcowym 16 MHz. Zastosowano także rezonator 32,768 kHz potrzebny do pracy zegara czasu rzeczywistego stosowanego przy zapisywaniu parametrów sieci w czasie na kartę SD. Zegar czasu rzeczywistego ma podtrzymanie zapewniane przez baterię o napięciu 3 V. W tym bloku funkcjonalnym znajduje się też układ pozwalający na mierzenie napięcia tej baterii. Jest on załączany tranzystorem, co zapobiega rozładowywaniu baterii w czasie, gdy nie jest ona mierzona.

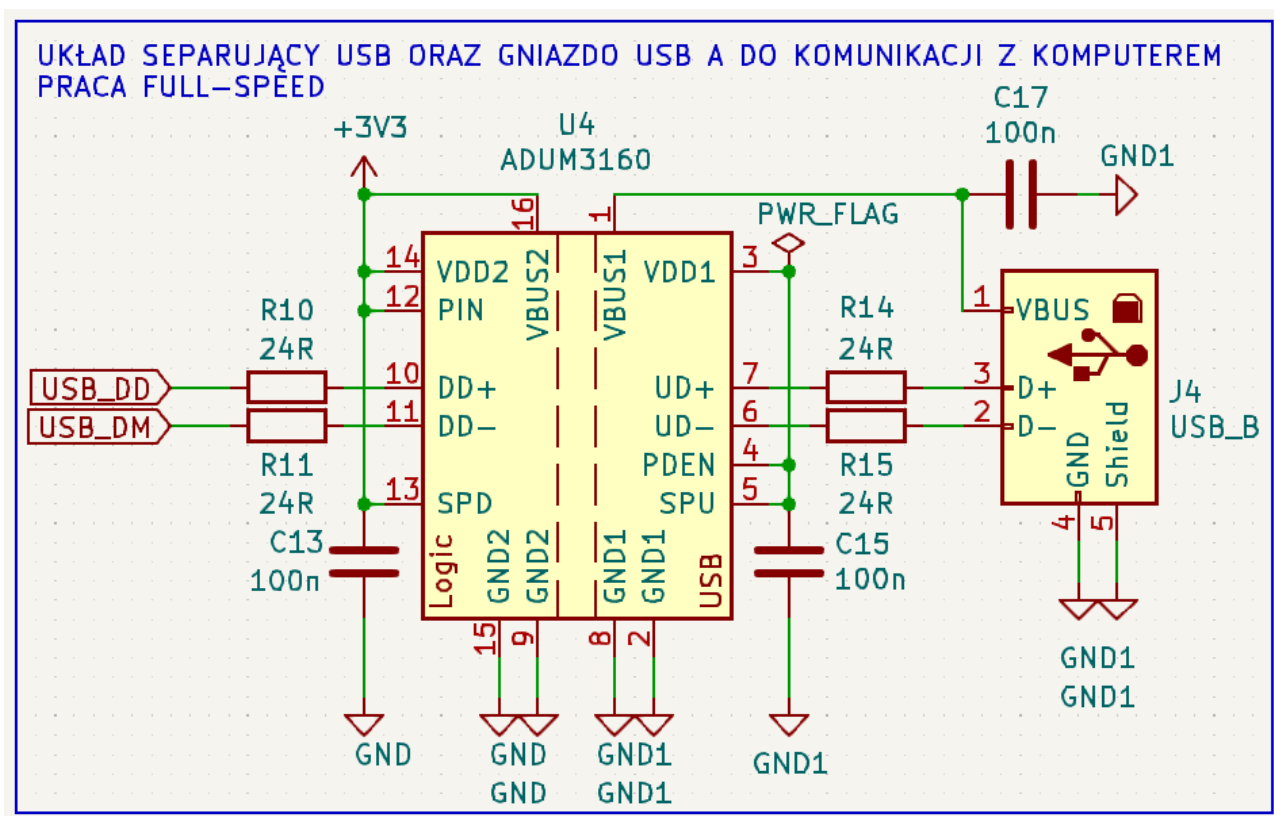
4.6. Złącze JTAG/SWD



Rysunek 8: Złącze do programowania i debugowania kodu urządzenia.

W celu zaprogramowania mikroprocesora w przyrządzie pomiarowym należy do złącza J6 (Rysunek 8) podłączyć programator zgodny ze standardem JTAG albo SWD. Linie zrzgnałowe zostały zabezpieczone rezystorami o wartości 100 Ω co zmniejsza szanse uszkodzenia układu w przypadku użycia wadliwej przejściówki.

4.7. Układ separujący komunikację USB



Rysunek 9: Układ separujący galwanicznie komunikację USB wraz z elementami zewnętrznymi.

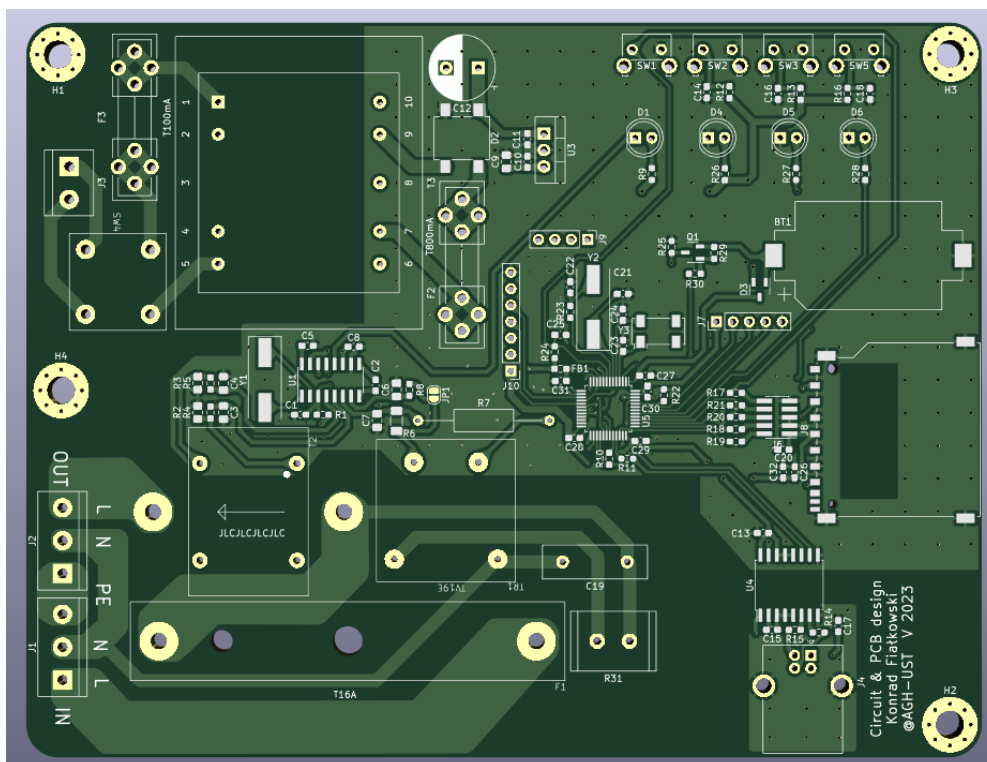
Aby zapewnić jak największe bezpieczeństwo użytkowania układu przy współpracy z komputerem PC komunikacja przez USB została odseparowana galwanicznie dedykowanym układem scalonym ADUM3160. Układ jest połączony w konfiguracji zalecanej przez notę katalogową.

4.8. Złącza i przyciski

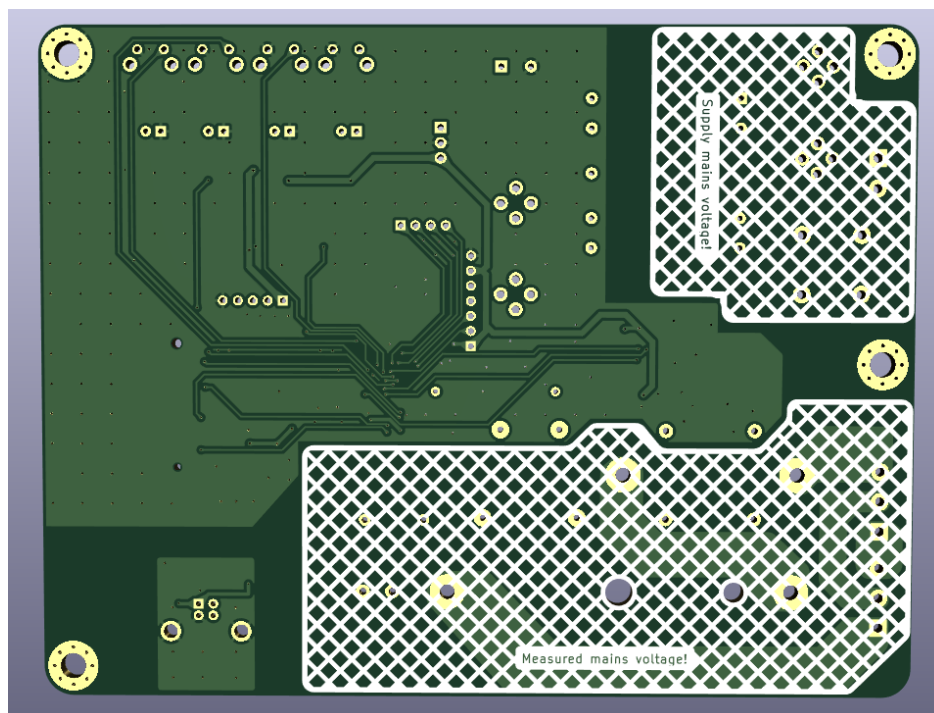
Do obsługi urządzenia przeznaczone są cztery przyciski (jeden z nich to RESET, pozostałe służą od obsługi menu). Ponadto z płyty głównej wyprowadzone jest złącze magistrali SPI i zasilania do wyświetlacza, alternatywne złącze do ekranu z magistralą I²C i zasilaniem. Dodatkowo zostało wyprowadzone złącze do obsługi funkcji wyświetlacza dotykowego.

5) Wykonanie układu:

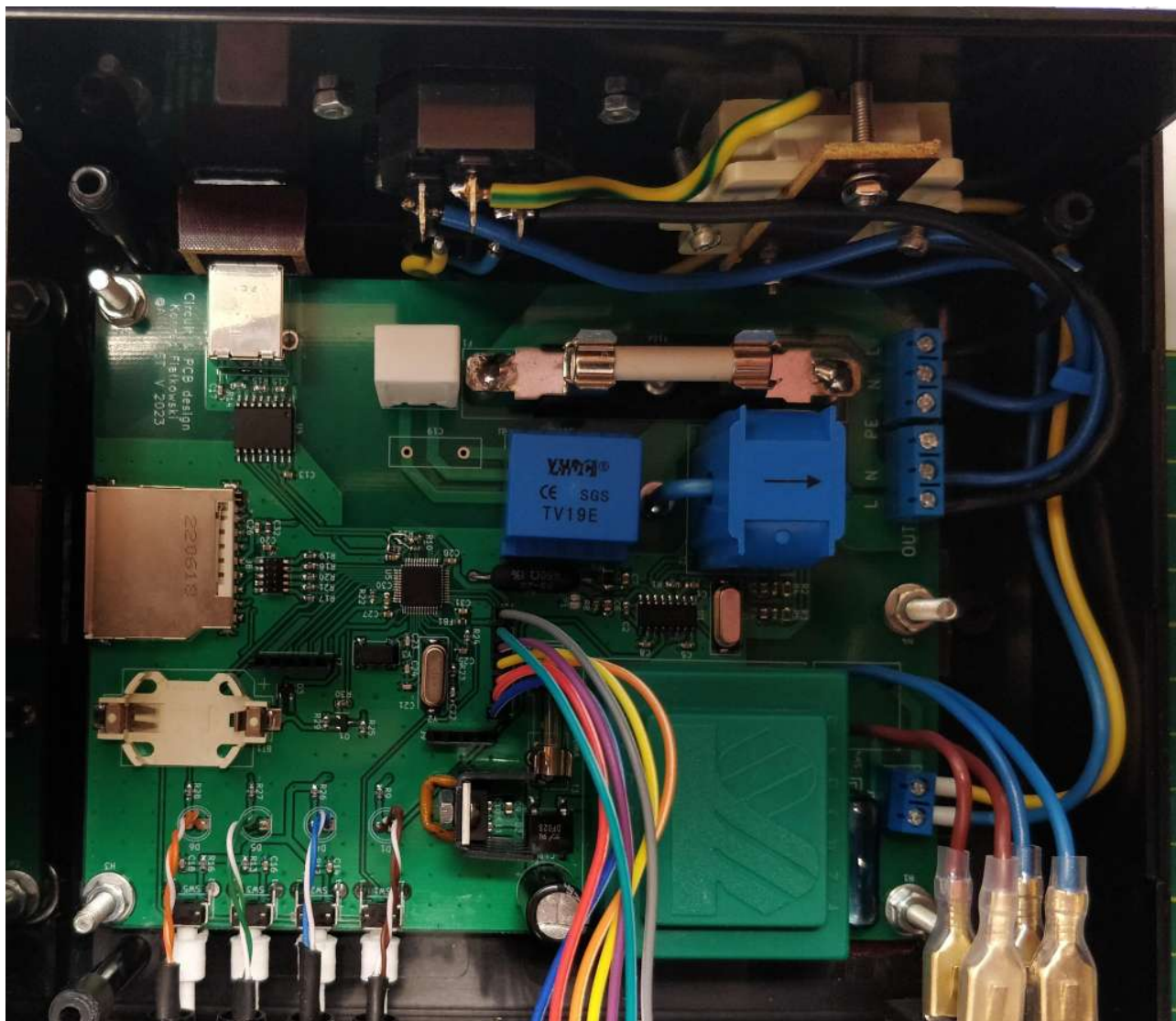
Płytki drukowane do układu zostały zaprojektowane w programie KiCAD. Szczególną uwagę zwrócono na właściwe oddalenie od siebie elementów separowanych galwanicznie.



Rysunek 10: Widok płytki drukowanej urządzenia od strony warstwy górnej



Rysunek 11: Widok płytki drukowanej urządzenia od strony warstwy dolnej. Obszary, w których występuje wysokie napięcie zaznaczone na warstwie opisowej.



Rysunek 12: Widok zmontowanej płytki drukowanej urządzenia zamontowanej w obudowie

8) Podsumowanie :

Projekt urządzenia wykonano w oparciu o noty katalogowe zastosowanych układów scalonych, oraz opisy techniczne dostępnych komercyjnie przyrządów. Po wgraniu odpowiedniego oprogramowania i współczynników kalibracyjnych układ działa poprawnie. W kolejnej rewizji można by opracować bardziej energooszczędny układ zasilania, ekranowanie toru pomiarowego oraz usunąć drobne wady zauważone podczas uruchamiania projektu.