

radio3

wielofunkcyjne urządzenie pomiarowe
sterowane komputerem osobistym

autor: Robert Jaremczak SQ6DGT

Praca konkursowa PUK 2017



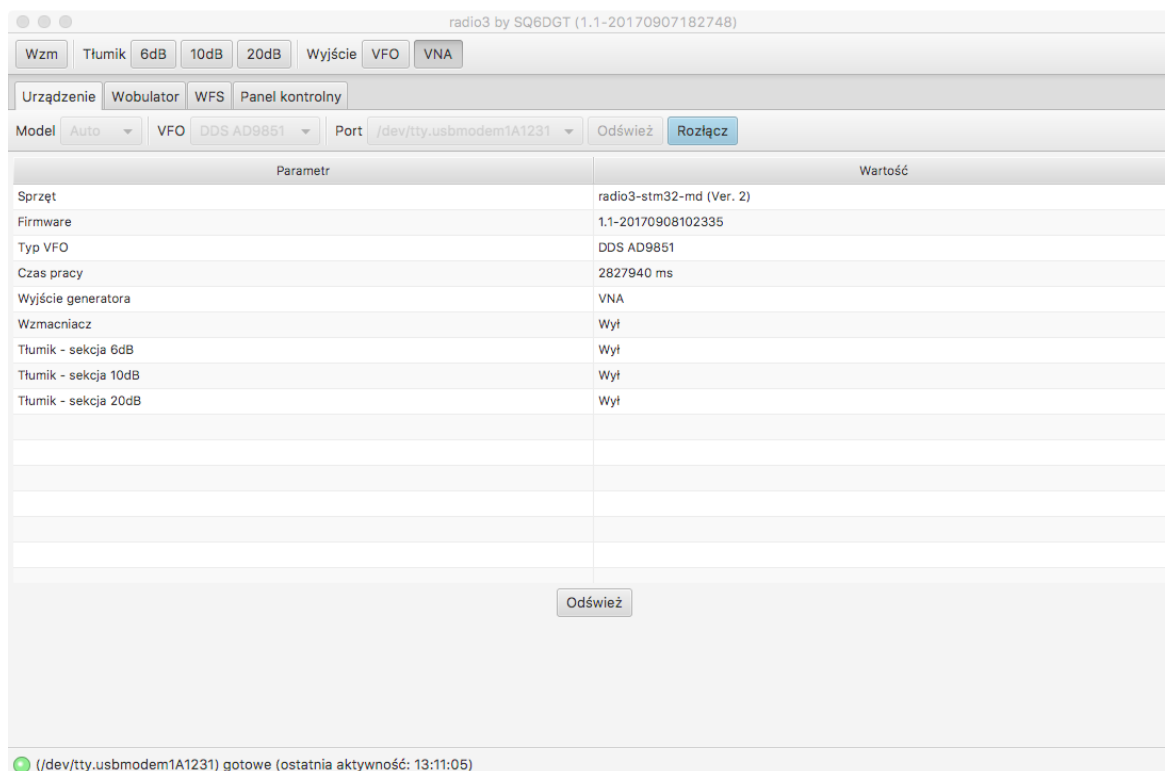
Urządzenie jest w całości autorskim projektem, zarówno jeśli chodzi o oprogramowanie sterujące jak i firmware mikrokontrolera oraz projekt (schemat) i wykonanie mechaniczne. W schemacie wykorzystano gotowe koncepcje modułów pomiarowych (sond) ogólnie dostępne w internecie, oraz literaturze radiotechnicznej i prasie popularnej.

Początkowo projekt powstał jako próba samodzielnego zbudowania układu mierzącego SWR anteny w układzie ze sprzęgaczem kierunkowym. Do napisania programu prezentującego SWR w funkcji częstotliwości wymagane było zrozumienie i zaimplementowanie wzorów przeliczających dane zwracane przez komparator AD8302 na właściwy SWR oraz komponenty impedancji.

Modułowa konstrukcja jest rezultatem otwartego podejścia, gdyż urządzenie w pierwotnym zamyśle nie miało zamkniętej listy funkcjonalności. Decyzja o przeniesieniu całej warstwy prezentacji i kontroli na stronę komputera PC pozwoliła uprościć układ i obniżyć całkowite koszty. Daje to również bez porównania większą swobodę w obróbce danych i implementowaniu warstwy prezentacji.

Przed połączeniem należy wybrać port szeregowy (wirtualny) na którym system operacyjny rozpoznaje urządzenie „radio3” oraz dokonać wyboru wersji sprzętu, a także typu zainstalowanego modułu DDS. Program sterujący został napisany w Javie ze względu na jej przenośność i można go uruchomić na większości współczesnych systemów operacyjnych jak np. macOS, Windows czy Linux.

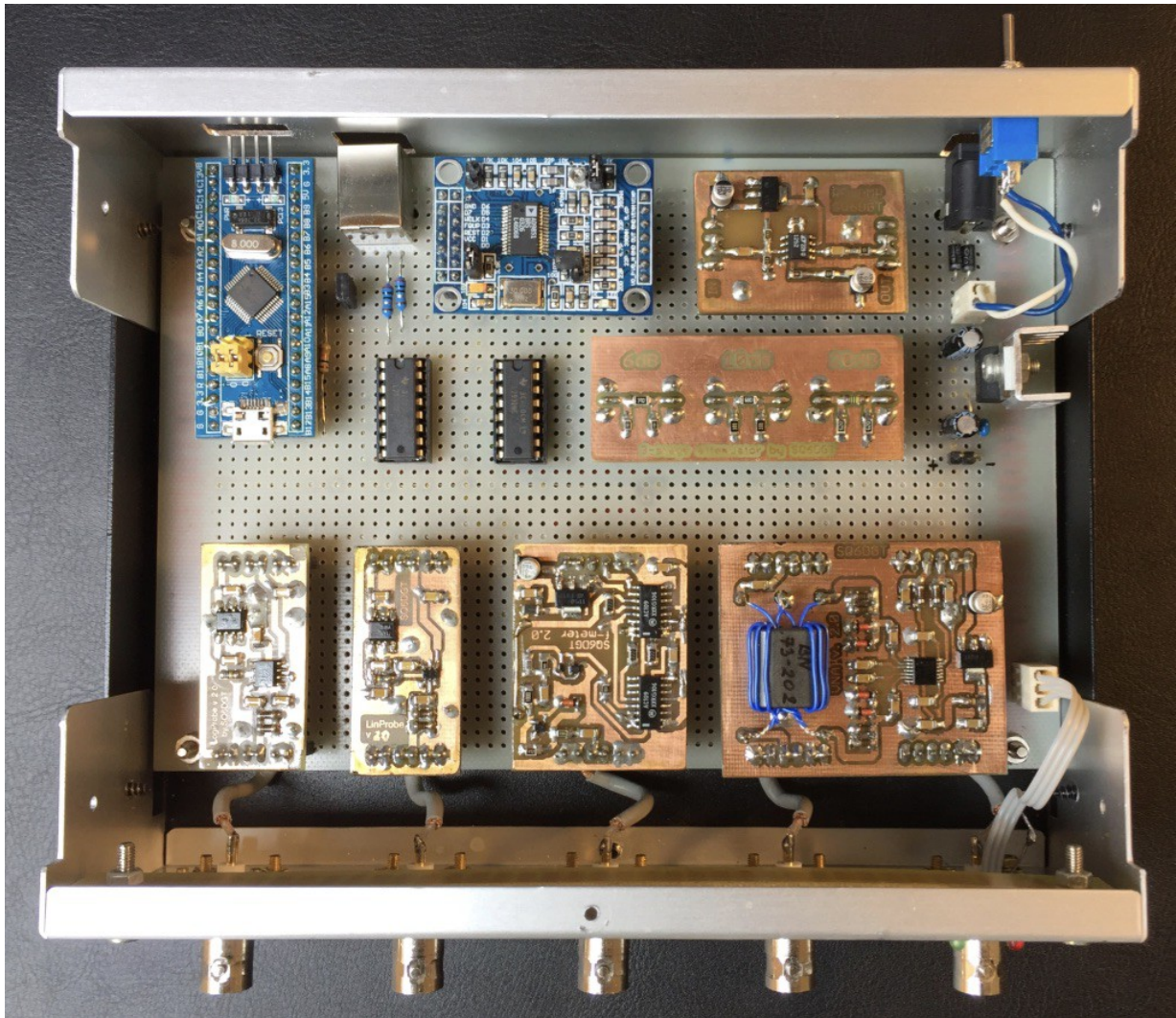
Przykładowy ekran startowy programu wygląda tak:



Jako mikrokontroler został wybrany układ STM32F103C8T6 ze względu na dostępność tanich modułów pasujących do podstawek DIL-40. Moduły te charakteryzują się niską ceną przy stosunkowo dużych możliwościach takich jak moc obliczeniowa czy wielkość pamięci RAM/FLASH oraz dostępne peryferia. Można je kupić w Polsce w cenie poniżej 20 zł a od chińskiego dostawcy nawet kilkakrotnie taniej.

Korzystając z faktu, że STM32F103C8 ma wbudowany interface USB i podstawowe sprzętowe wsparcie komunikacyjne zdecydowałem się na wykorzystanie programowej implementacji urządzenia klasy CDC, które jest rozpoznawane przez system operacyjny host-a jako port/urządzenie szeregowy. Oprogramowanie sterujące mikrokontrolerem (tzw. firmware) zostało napisane w języku C++ przy użyciu darmowych narzędzi do kompilacji i uruchamiania.

Wnętrze po zdjęciu górnej części obudowy prezentuje się następująco:

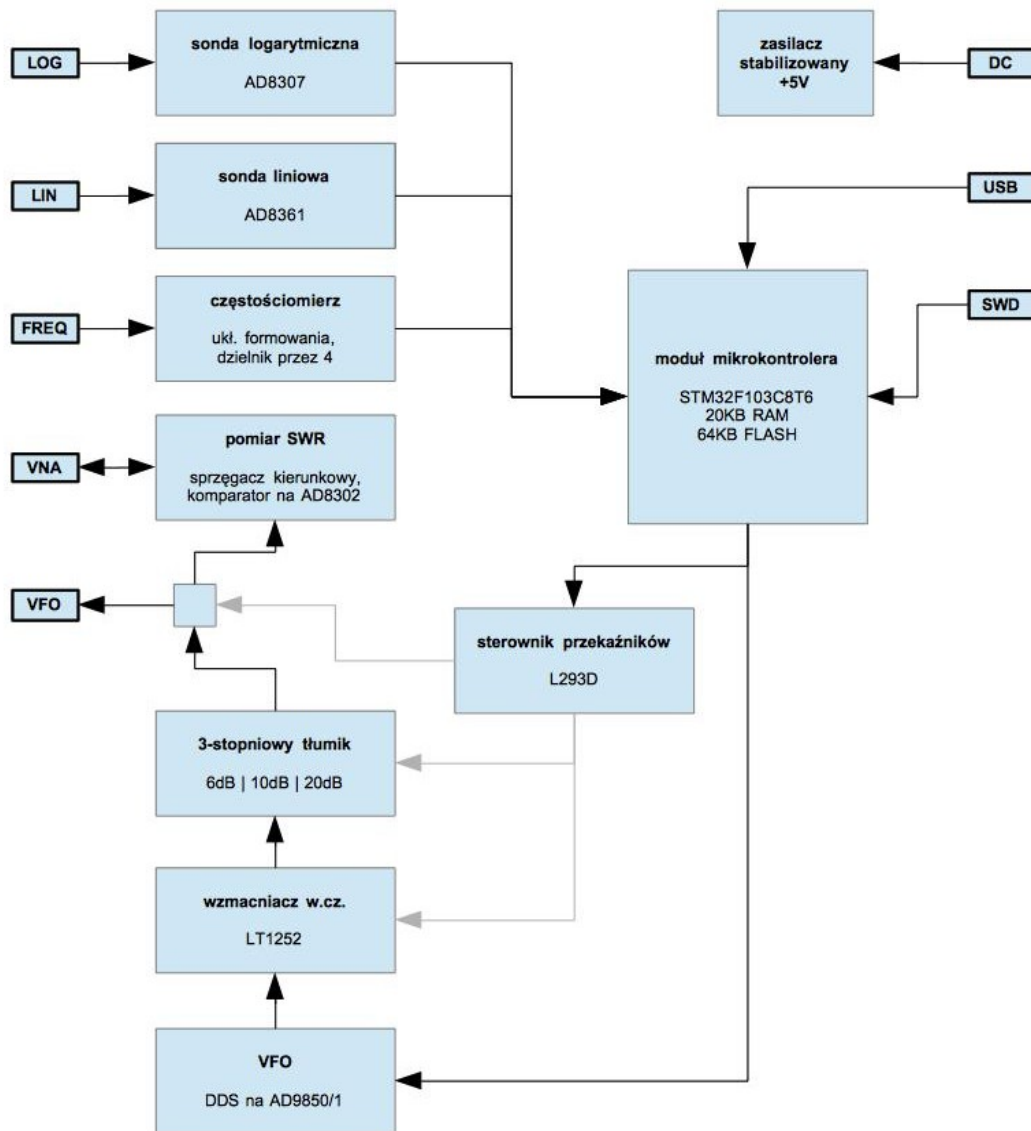


Widoczna jest płytka bazowa, wybór uniwersalnego PCB został podyktowany prototypowym charakterem projektu. Na płytce bazowej osadzone są moduły mikrokontrolera, DDS-a, wzmacniacza w-cz, tłumika oraz modułów sond, częstościomierza i miernika SWR. Przekazniki są zamontowane pod modułami i nie są widoczne na zdjęciu.

Schematy ideowe modułów zostały przygotowane w programie Eagle. Do wszystkich modułów oprócz płytki bazowej zostały zaprojektowane PCB również w programie Eagle i wykonane techniką termotransferu w warunkach domowych.

Tak sprzęt jak i oprogramowanie są w dalszym ciągu w fazie rozwoju. W miarę możliwości i czasu staram się dodawać kolejne funkcje.

Urządzenie składa się z szeregu modułów, które pokazane są na poniższym schemacie blokowym:

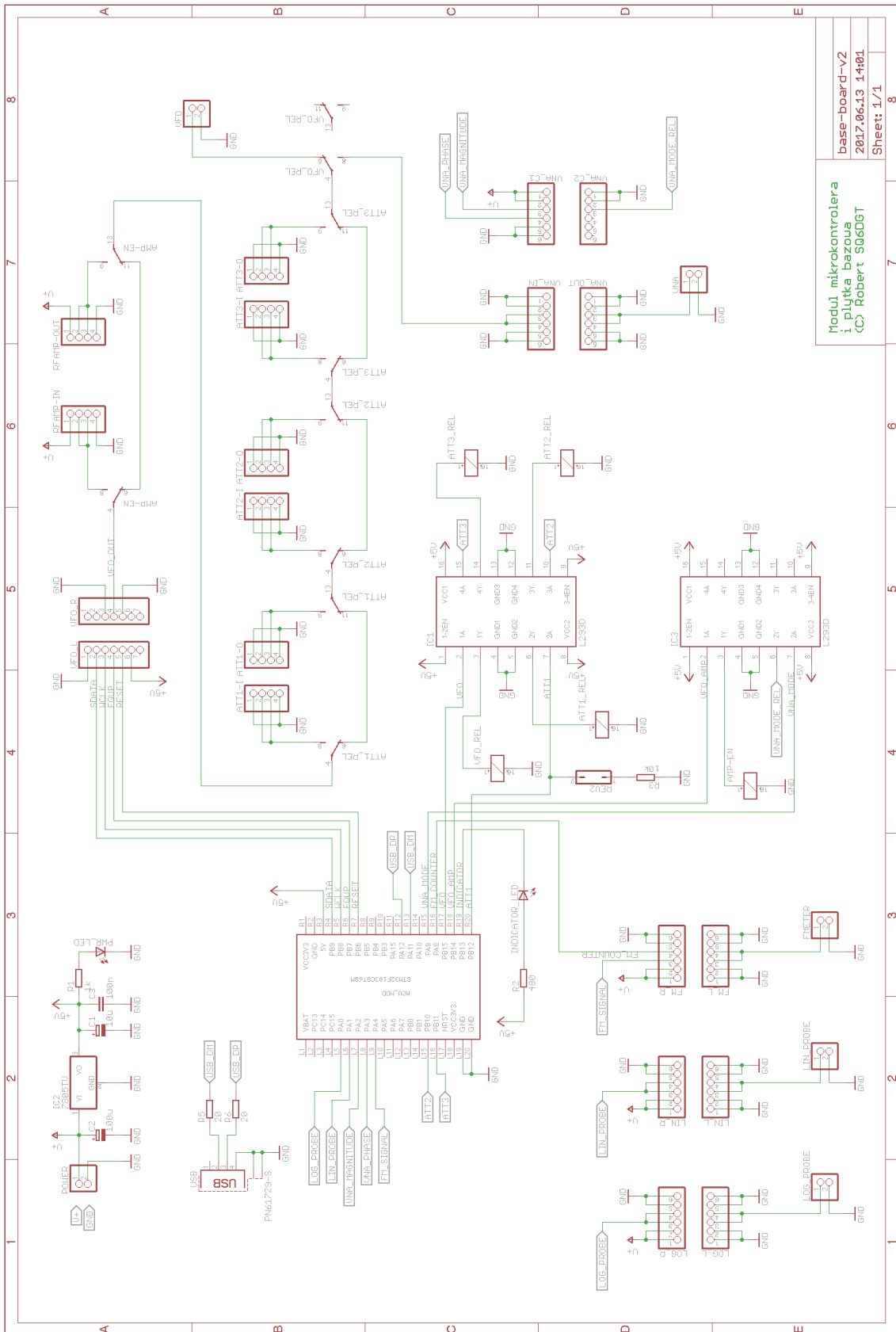


Możliwości pomiarowe zestawu to:

- pomiar mocy sygnału za pomocą sondy logarytmicznej
- pomiar wartości skutecznej sygnału za pomocą sondy liniowej
- pomiar częstotliwości do 60 MHz z dokładnością do 16Hz
- pomiar SWR oraz zespolonej impedancji obciążenia (np. anteny)
- zdejmowanie charakterystyki częstotliwościowej czwórnika w trybie wobulatora (przemiatanie częstotliwości)

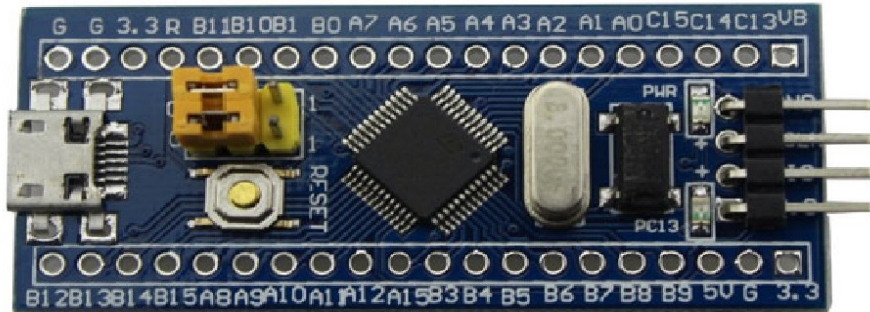
pomiary mogą być wykonywane w trybie jednorazowym lub ciągłym.

Płytki bazowa wraz z modułem mikrokontrolera i sterownikami przekaźników na układach L293D stanowią podstawę rozwojową przyrządu.

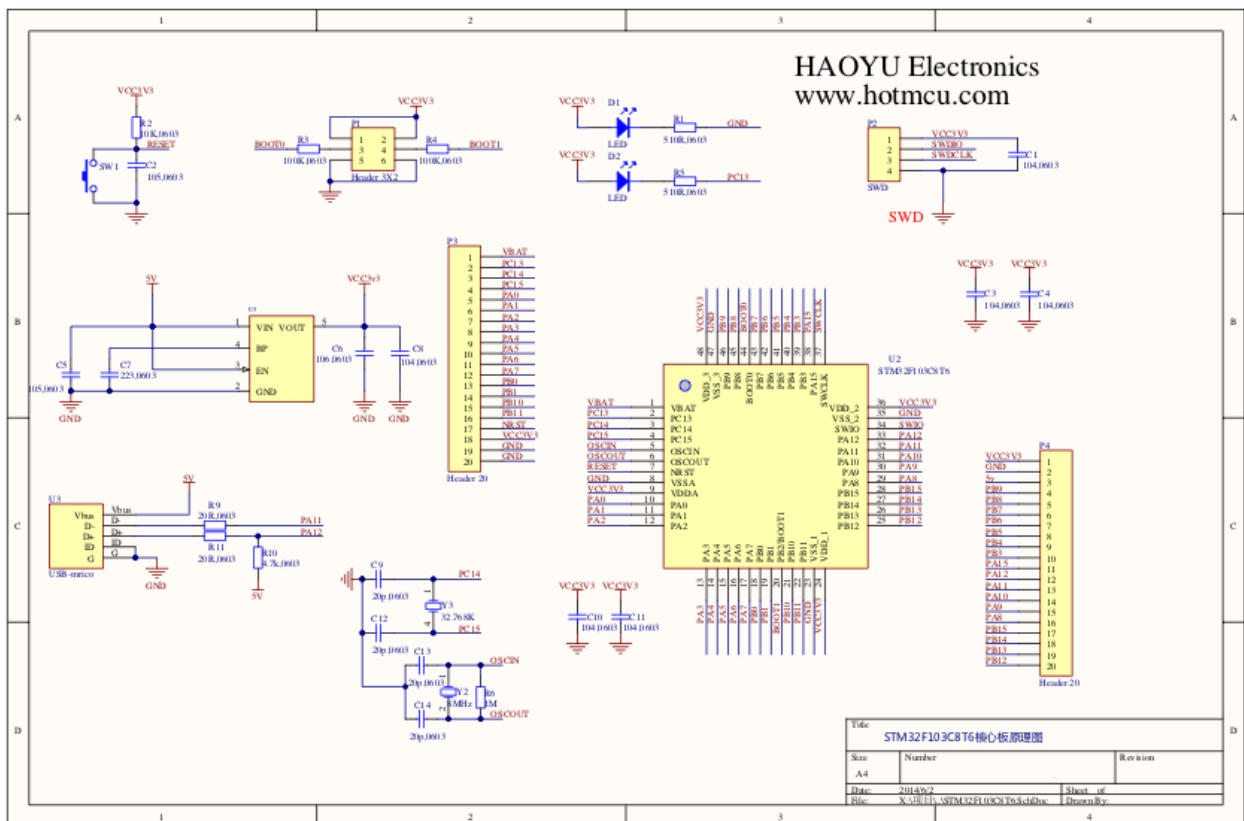


Moduł mikrokontrolera
i płytki bazowa
(C) Robert SB6DGT
base-board-v2
2017.06.13 14:01
Sheet: 1/1

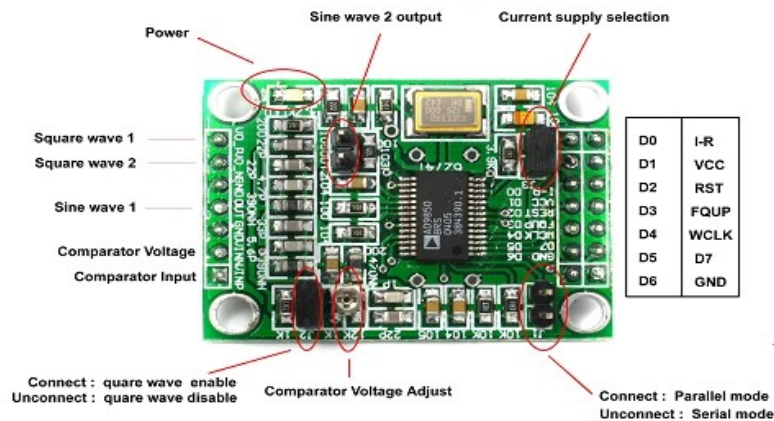
Jako moduł mikrokontrolera wykorzystano komercyjnie dostępny układ opisywany jako „minimum system board”. Jest to mały, zgodny z wyprowadzeniami DIL-40, podobny do Arduino moduł STM32F103C8T6:



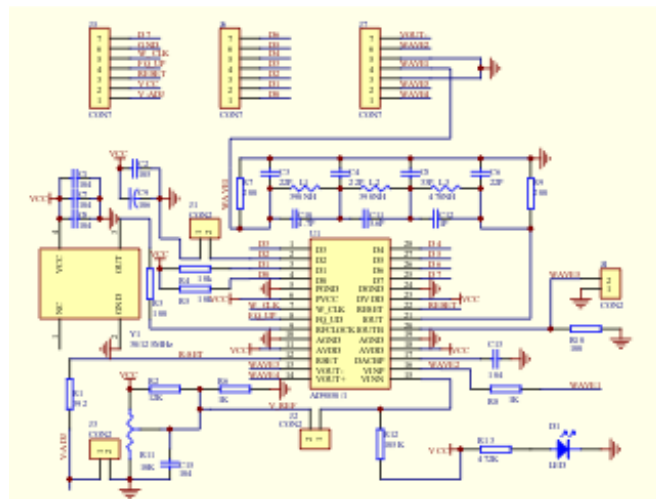
którego schemat ideowy jest następujący:



W projekcie użyto jeszcze jednego gotowego modułu dostępnego komercyjnie. Jest to moduł generatora DDS na układzie AD9850 lub AD9851. Dostępne są dwa warianty zgodne ze sobą pod względem wyprowadzeń. Do prawidłowej obsługi należy określić z poziomu programu obsługującego z jakim układem mamy do czynienia. Moduły wyglądają następująco:



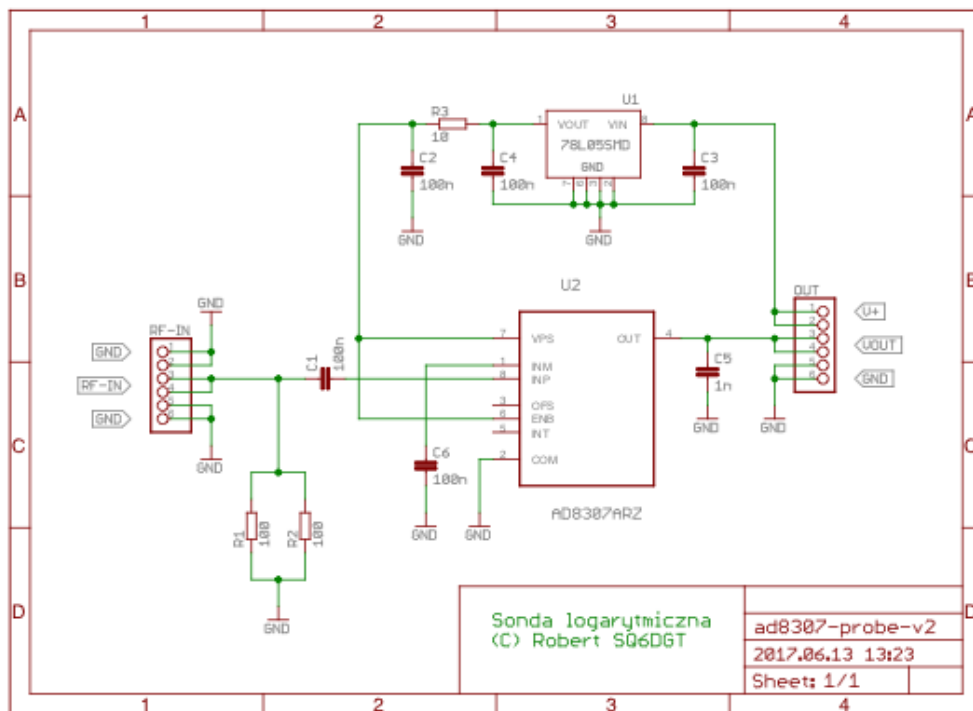
poniżej schemat ideowy:



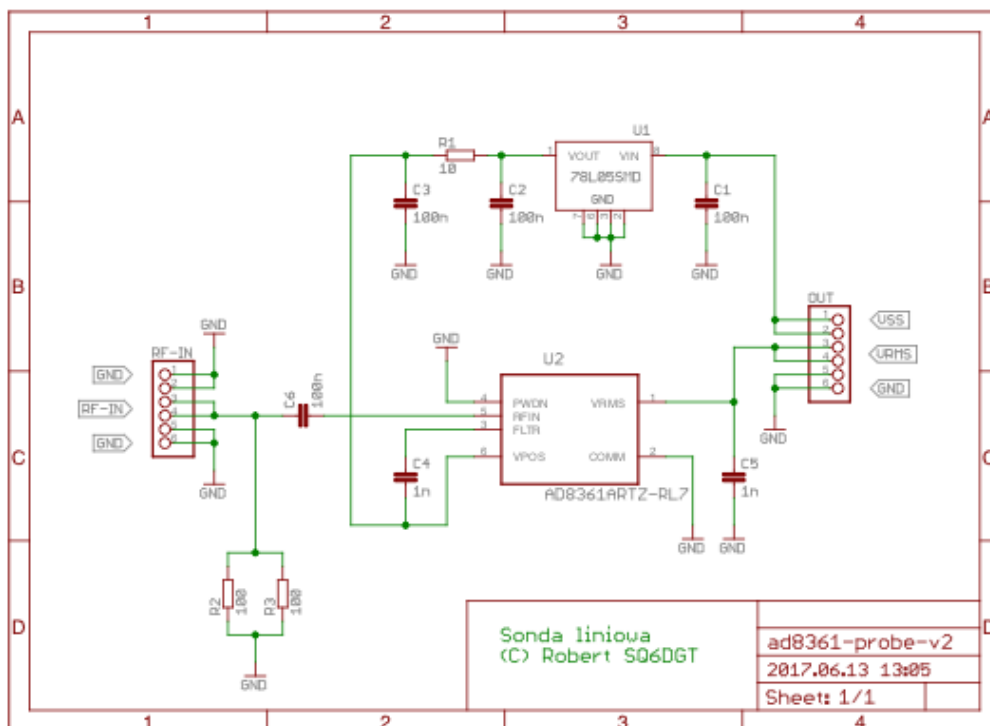
Jedyna różnica między modułami AD9850, a AD9851, oprócz parametrów samego układu, to rodzaj zastosowanego generatora kwarcowego i zależnie od wykonania parametry filtra dolnoprzepustowego na wyjściu.

Płytki pozostałych modułów zostały samodzielnie zaprojektowane i wykonane przez autora. Schematy ideowe sondy logarytmicznej, liniowej oraz moduł pomiaru SWR został zaczerpnięty z projektu NWT7 opisanego w ŚR oraz schematów dostępnych w internecie, a także not aplikacyjnych producentów.

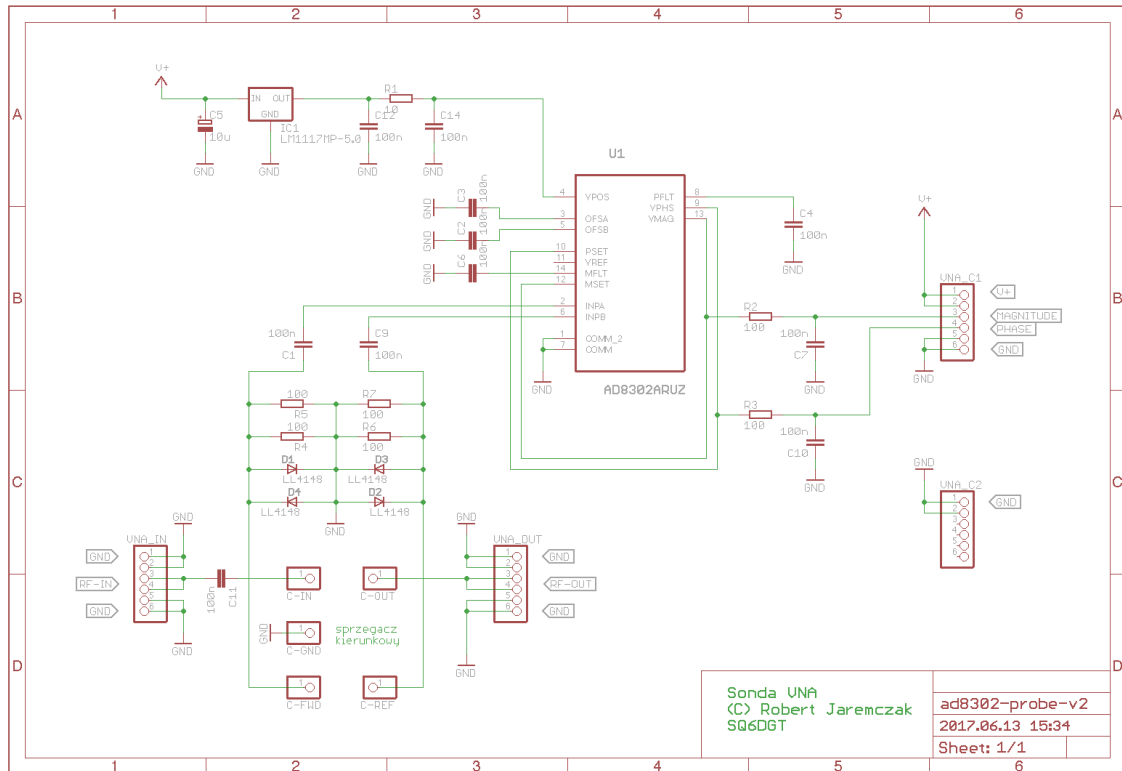
Schemat ideowy sondy logarytmicznej:



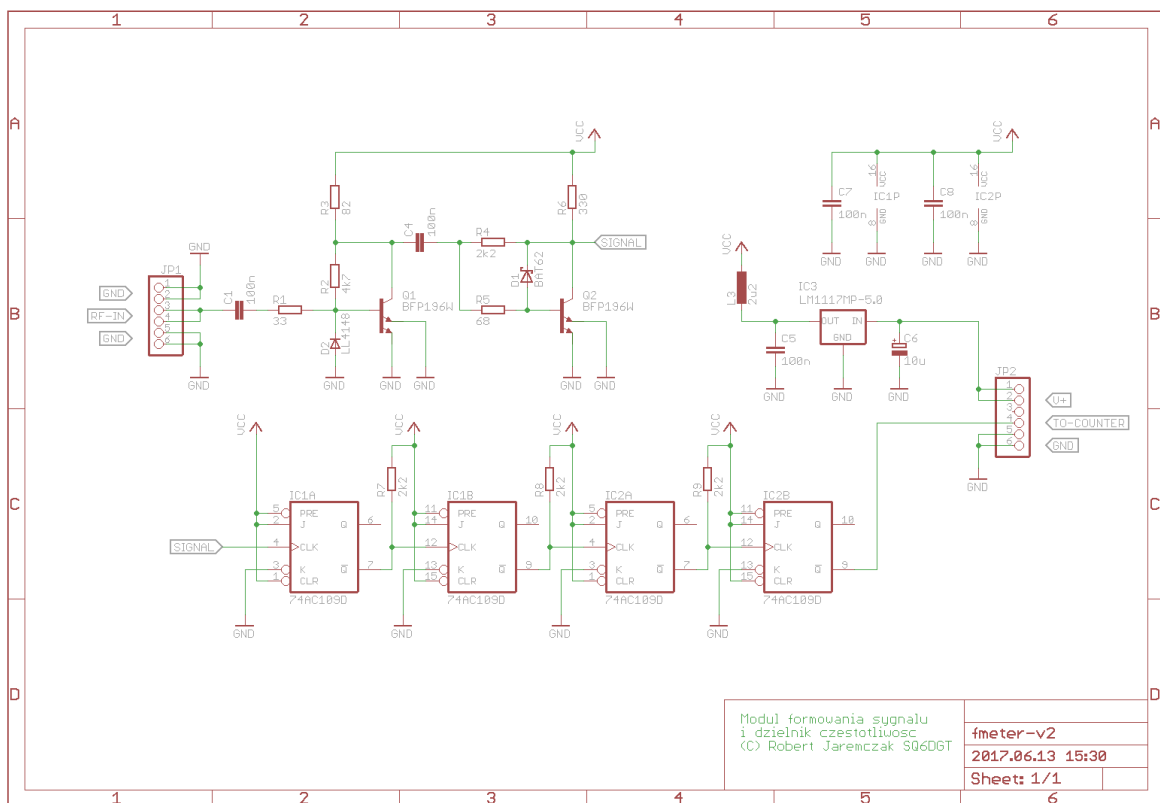
schemat ideowy sondy liniowej:



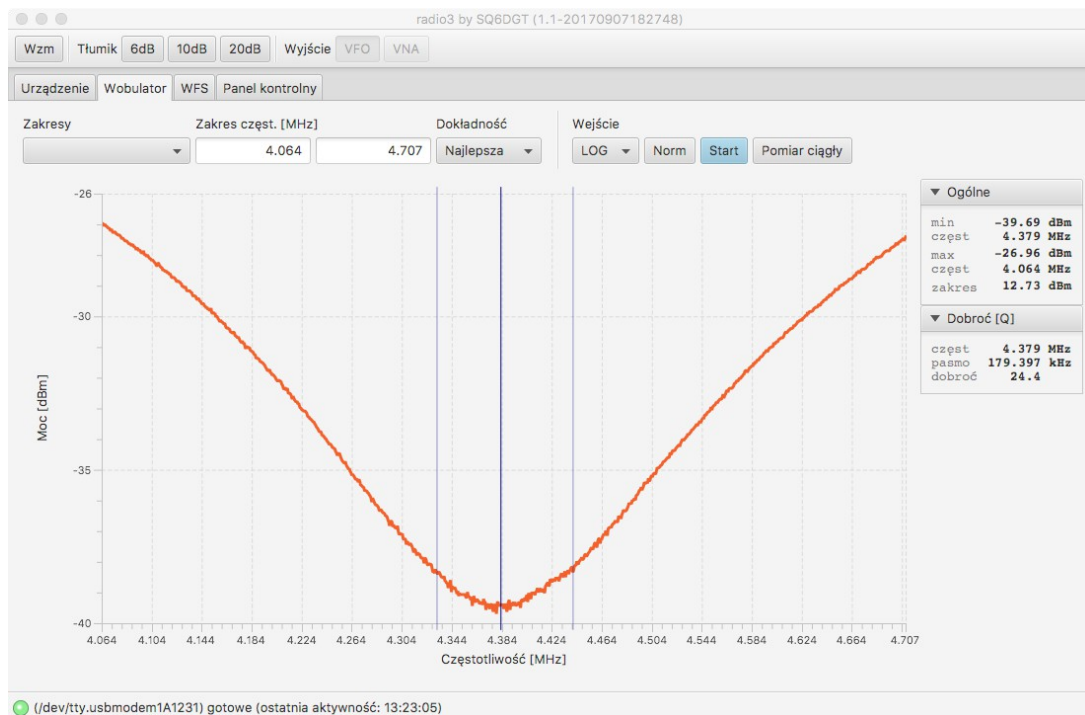
schemat ideowy modułu pomiaru SWR:



Moduł f-metra, który faktycznie zawiera układ wzmacniacza formującego impulsy oraz dzielnika przez 16 został zaczerpnięty z miernika częstotliwości wg projektu S53MV.

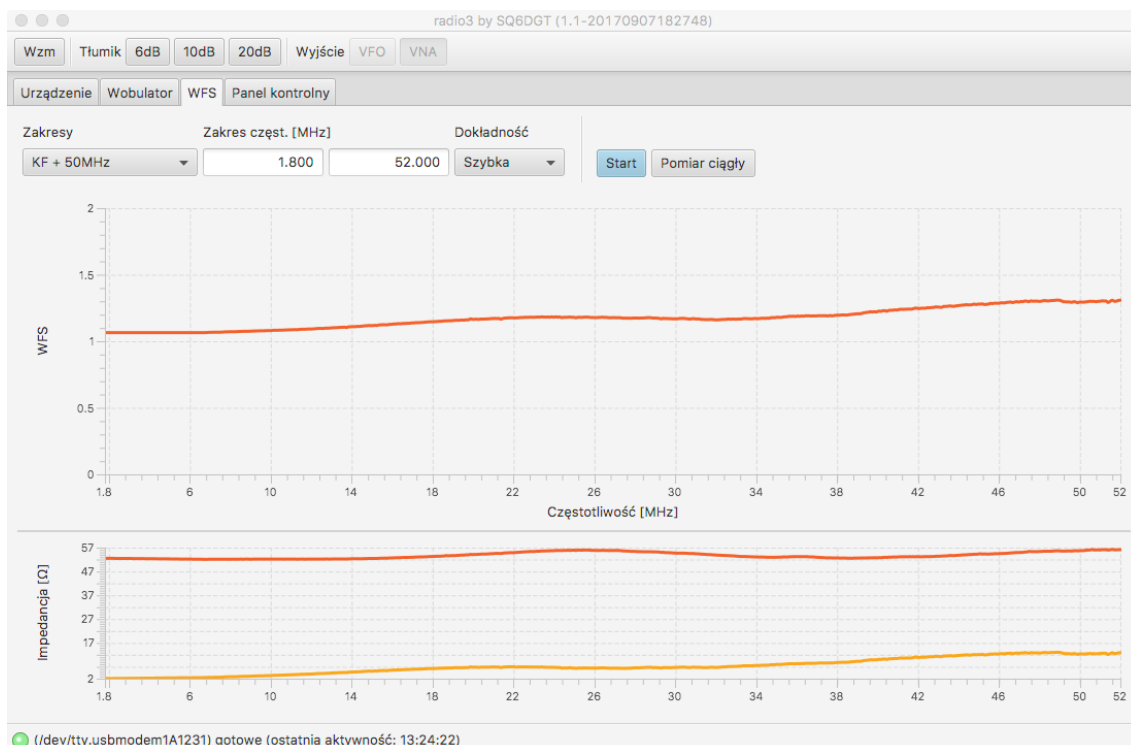


Jak opisano powyżej urządzenie jest kontrolowane z poziomu oprogramowania działającego na komputerze osobistym, z którym jest podłączone przez kabel USB. Poniżej pokazano pomiar w trybie wobuloskopu gdzie elementem badanym jest równoległy obwód rezonansowy włączony szeregowo pomiędzy wyjście DDS, a wejście sondy liniowej.



Oprogramowanie ma opcję normalizacji, którą warto wykonać dla zwartych przewodów przed dokonaniem pomiaru. Pozwala to na wyeliminowanie wpływu tak przewodów jak i charakterystyki samego DDS-a.

Poniżej widzimy analizę SWR standardowego terminatora BNC 50 om:



Projekt jest otwarty i ogólnie dostępny do samodzielnego wykonania, a niezbędna dokumentacja zestawu pomiarowego w tym:

- oprogramowanie procesora STM32F103C8T6 jako plik HEX
- driver sterujący wirtualnego portu szeregowego dla systemów Windows 7.x i starszych jako plik ZIP.
- program obsługujący/sterujący na komputer PC jako plik JAR

są do pobrania pod adresem:

<https://drive.google.com/open?id=0B7j0gF90jkVVNFh6YXhwci1tTDg>

Projekt jest rozwojowy, wszelkie uwagi i pomysły są mile widziane. W razie zainteresowania wspólnym rozwijaniem oprogramowania widzę możliwość wspólnej pracy nad projektem i kodem źródłowym.

Wrocław 2017.08.16

Robert Jaremczak SQ6DGT