

Systemy i Sieci Telekomunikacyjne – laboratorium

Modulacja amplitudy

1. Cel ćwiczenia:

Celem części podstawowej ćwiczenia jest zbudowanie w środowisku GnuRadio kompletnego, funkcjonalnego odbiornika AM. Z uwagi na fakt, że SDR HackHF One, które dostępne jest na laboratorium, pracuje w zakresie fal od 30MHz, więc tym razem wykorzystany zostanie fizyczny plik zawierający sygnał odczytany z urządzenia USRP umożliwiającego pracę w zakresie fal o częstotliwości kilkuset kHz. Plik zawiera kilka sekund sygnału odczytanego dla częstotliwości 710 kHz. Efektem końcowym ćwiczenia jest działający odbiornik radiowy – istnieje możliwość odsłuchania kilkusekundowego fragmentu audycji radiowej (lub zapisania jej do pliku *.wav).

Celem części rozszerzonej (dla chętnych) jest zbudowanie systemu, który umożliwia zarówno modulację sygnału, przesłanie go przez wirtualny kanał komunikacyjny, oraz jego odbiór, demodulację i odsłuch.

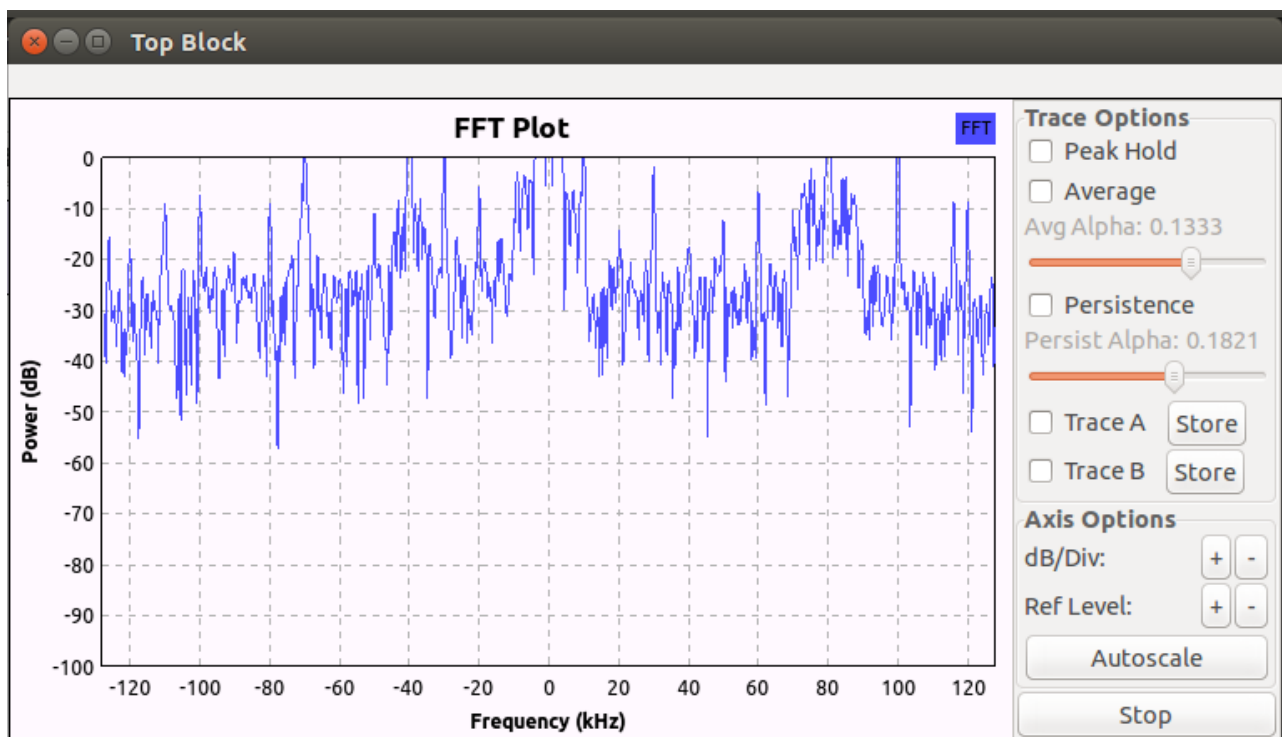
2. Odbiornik AM w środowisku GnuRadio – część podstawowa.

- Wybierz komponent „File source”, wskaż położenie pliku z sygnałem źródłowym (*am_usrp710.dat*). Plik dostępny jest pod tym samym adresem co instrukcja oraz https://www.csun.edu/~skatz/katzpage/sdr_project/sdr/am_usrp710.dat.zip.
- Parametr „Output Type” ustaw na „Complex”. Następnie dodaj komponent „WX GUI FFT SINK”. Połącz oba komponenty, uruchom projekt. Uzyskany efekt powinien być podobny do tego, który widoczny jest na poniższym rysunku numer 1.
- Ustaw częstotliwość próbkowania na 256 kHz
- Pomiedzy komponent File Source oraz WX GUI FFT SINK dodaj komponent Throttle.

Ponieważ sygnał został odczytany dla urządzenia USRP ustawionego na częstotliwość 710kHz, więc częstotliwość 0 Hz odpowiada tak naprawdę częstotliwości 710kHz. Analogicznie, częstotliwość 20kHz odpowiada częstotliwości 730kHz (710+20).

Na diagramie (rys. 1) widoczne częstotliwości od -120 do + 120kHz, co związane jest z częstotliwością próbkowania sygnału z urządzenia USRP wynoszącą 256kHz.

Każdy pik sygnału odpowiada innej transmisji, co oznacza, że próbka zawiera wiele fal nośnych.

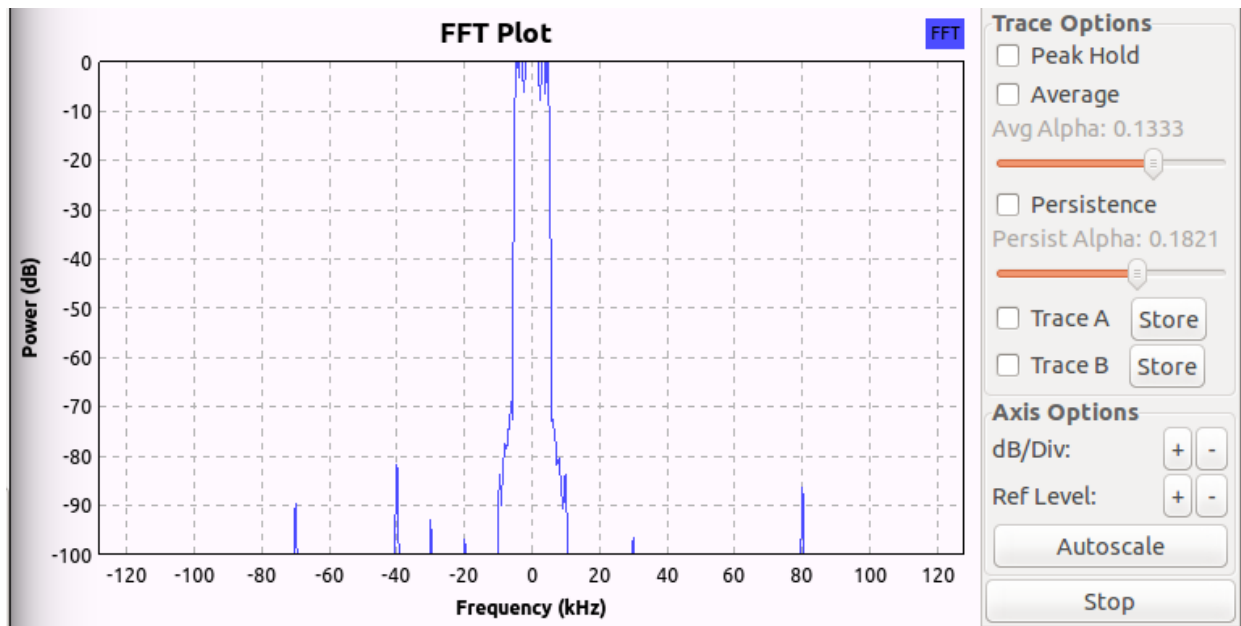


Rys. 1. Widmo częstotliwości sygnału źródłowego

2.1 Demodulacja sygnału o częstotliwości nośnej wynoszącej 710kHz.

Jak łatwo zauważyć, dla częstotliwości 0Hz (tak naprawdę 710kHz) występuje silny pik sygnału, co oznacza, że występuje tutaj jakaś transmisja. W tej części spróbujemy ją odebrać. W tym celu należy dokonać demodulacji sygnału zmodulowanego amplitudowo. Można tego dokonać w następujący sposób:

- Na wyjściu sygnału dodaj blok throttle, a następnie filtr dolnoprzepustowy. Częstotliwość środkowa filtru powinna wynosić 5kHz, parametr „*TransitionWith*” na 100kHz.
- Zamiast bezpośrednio do źródła sygnału podłącz diagram widma częstotliwości „*WX GUI FFT SINK*” do wyjścia filtru. Uruchom projekt. Tym razem sygnały o częstotliwościach różniących się więcej niż 5KHz od częstotliwości 0KHz (710 kHz) powinny być silnie tłumione. Powinno wyglądać to podobnie do rysunku 2. Jaki jest tego cel? Jak wspomniano na początku, próbka zawiera wiele sygnałów nośnych, w zakresie 790 +/- 120kHz. Z drugiej strony można przyjąć, że pasmo częstotliwościowe pojedynczej transmisji wynosi 10kHz. Zatem możemy wybierać częstotliwość jednej transmisji oraz stłumić wszystkie inne częstotliwości leżące poza jej pasmem, czyli +/- 5kHz od częstotliwości środkowej. W ten sposób zostanie nam tylko jedna transmisja do demodulacji. Stąd też wynika częstotliwość filtru dolnoprzepustowego: 10kHz.



Rys. 2. Widmo częstotliwości sygnału źródłowego po odfiltrowaniu filtrem dolnoprzepustowym.

- Do demodulacji sygnału użyj komponentu „Complex to Magnitude”. Oblicza on długość wektora wyznaczanego na podstawie obu elementów liczby zespolonej:

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

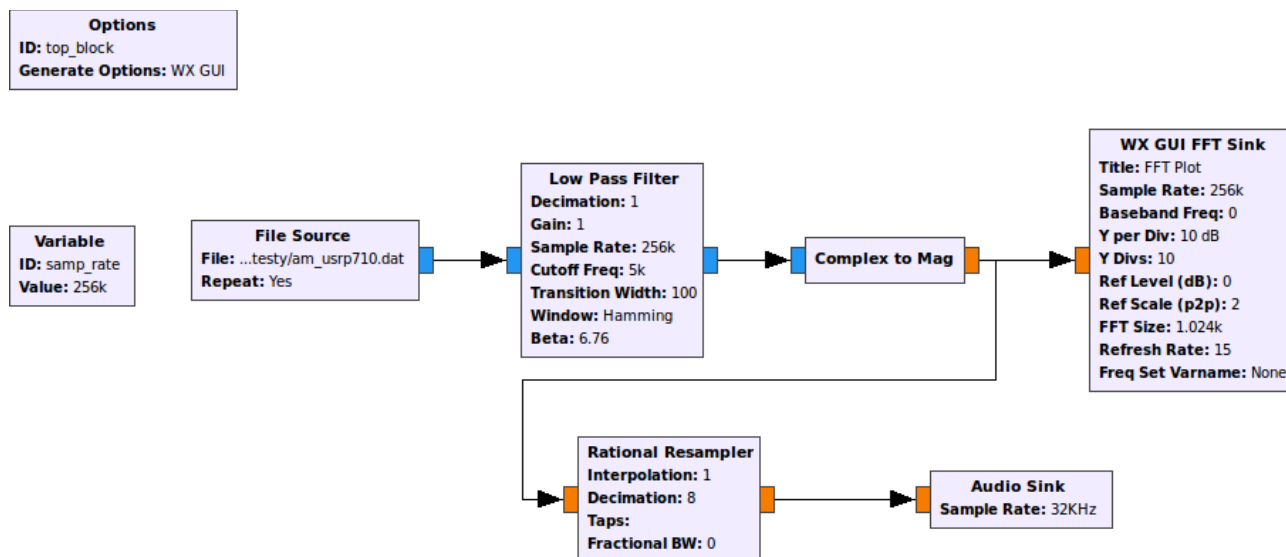
gdzie:

$|z|$ - liczba zespolona.

a – składowa rzeczywista.

b – składowa urojona.

- Ponownie zaprezentuj za pomocą komponentu „WX GUI FFT SINK” sygnał. Czy czymś się różni ?
- Sygnał w obecnej postaci jest już zdemodulowany i w zasadzie mógłby już zostać odtworzony np. za pomocą głośników. Z poprzednich laboratoriów wiadomo, że do tego celu można wykorzystać komponent „Audio Sink”. Wymaga on jednak aby sygnał próbkowany był tylko w ściśle określonych częstotliwościach (16,22.5, 24, 32, 44,1 lub 48KHz). Nasz sygnał próbkowany jest z częstotliwością wynoszącą 256KHz. Aby dopasować. Spróbujmy go dopasować np. do częstotliwości 32KHz. Do tego celu posłużymy nam komponent „Rational Resampler”. Potrafi on zarówno dokonywać decymacji jak i interpolacji sygnału. Parametr „Decimation” ustaw na 8 (bo $256000 / 8 = 32000$). Ogólnie schemat połączeń powinien wyglądać tak (rys. 3):



Rysunek 3. Schemat połączeń prostego odbiornika transmisji AM.

- Uruchom projekt. Czy słychać dźwięk? Jeżeli nie lub jest to tylko seria trzasków to prawdopodobnie sygnał jest zbyt silny (posiada zbyt dużą amplitudę) aby być poprawnie odtworzony. Aby ograniczyć jego moc wykorzystaj komponent „Multiply Const” (proponowana wartość współczynnika to 0.003). Ponownie uruchom projekt.

2.2 Demodulacja pozostałych transmisji.

- Ponownie wyświetl spektrum częstotliwości sygnału źródłowego za pomocą komponentu „WX GUI FFT SINK”. Wybierz któryś z pików (np. 80KHz, naprawdę jest to 710+80 , czyli 790KHz).
- Jedną z możliwości odbioru innych transmisji jest przesunięcie częstotliwości, tak żeby nasza częstotliwość znalazła się teraz w okolicach 0Hz. Można tego dokonać przez pomnożenie sygnału źródłowego z sygnałem *cosidualnym*. W tym celu dodaj generator sygnału *cosidualnego*. Ustaw częstotliwości tego sygnału tak aby ich suma wynosiła zero, np.: dla 790KHz częstotliwość lokalnego generatora powinna wynosić 80KHz, bo $790 - 80 = 710$ (czyli zero w naszym wypadku). Za pomocą komponentu „Multiply” przemnoż przez siebie oba sygnały. Wyjście komponentu mnożącego powinno łączyć się z wejściem filtra dolnoprzepustowego.
- Uruchom projekt. Teraz w głośnikach powinna być słyszalna inna transmisja.
- Ta część projektu będzie skończona, gdy dodasz komponenty graficzne pozwalające zmieniać zarówno częstotliwość odbieraną jak i głośność.

3. Tor transmisyjny modulowany amplitudowo – część rozszerzona

- Korzystając z dowolnego pliku audio (komponent *Wav File Source*) zbuduj system, który pozwalać będzie na modulację i przesłanie sygnału (np. za pomocą wirtualnego kanału transmisyjnego – komponent *Channel Model*) oraz odebranie takiego sygnału i jego prezentację przy pomocy odbiornika zrealizowanego w części podstawowej ćwiczenia.