

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Sygnały deterministyczne i stochastyczne.

Numer ćwiczenia: 2

Laboratorium z przedmiotu:

PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI

KOD: TS1D2012

Opracował: dr inż. Krzysztof Konopko

2018

1. Wprowadzenie

W systemie telekomunikacyjnym można wyróżnić trzy podstawowe elementy: nadajnik, odbiornik i kanał transmisyjny. Nadajnik zlokalizowany jest w jednym miejscu przestrzeni, a odbiornik w innym oddalonym od nadajnika. Kanał transmisyjny jest pewnym fizycznym medium łączącym odbiornik z nadajnikiem. Celem nadajnika jest przekształcenie sygnału informacyjnego wytwarzanego przez źródło wiadomości do postaci dogodnej do transmisji przez kanał. Ponieważ sygnał niesie informację o naturze badanych zjawisk lub systemów, w telekomunikacji traktowany jest jako nośnik informacji. Podczas przesyłania sygnału przez kanał, sygnał ten ulega zniekształceniu spowodowanym nieidealnością kanału. Ponadto na przesyłany kanałem sygnał oddziałują szумы i sygnały zakłócające (pochodzące z innych źródeł), powodując w efekcie, że sygnał odbierany stanowi zniekształconą wersję sygnału nadawanego. Celem odbiornika jest takie przekształcenie sygnały odebranego, aby zrekonstruować w jak najwierniejszej formie oryginalną wiadomość i dostarczyć ją do użytkownika.

2. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie podstawowych pojęć torii sygnałów w tym metod analizy sygnałów deterministycznych i stochastycznych.

W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się z możliwościami wykorzystania pakietu narzędzi GNU Radio w analizie i przetwarzaniu sygnałów. Generują, rejestrują i analizują sygnały deterministyczne i stochastyczne w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz dokonują pomiarów mocy średniej sygnałów na wyjściu układów liniowych.

3. Sposób wykonania ćwiczenia

3.1. Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do zajęć

Przed przystąpieniem do zajęć należy zapoznać się z podstawową obsługą programu GNU Radio, zawartą w instrukcji „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio” [2]. Ponadto, na podstawie informacji z wykładu i dostępnej literatury [1] należy opracować następujące zagadnienia teoretyczne:

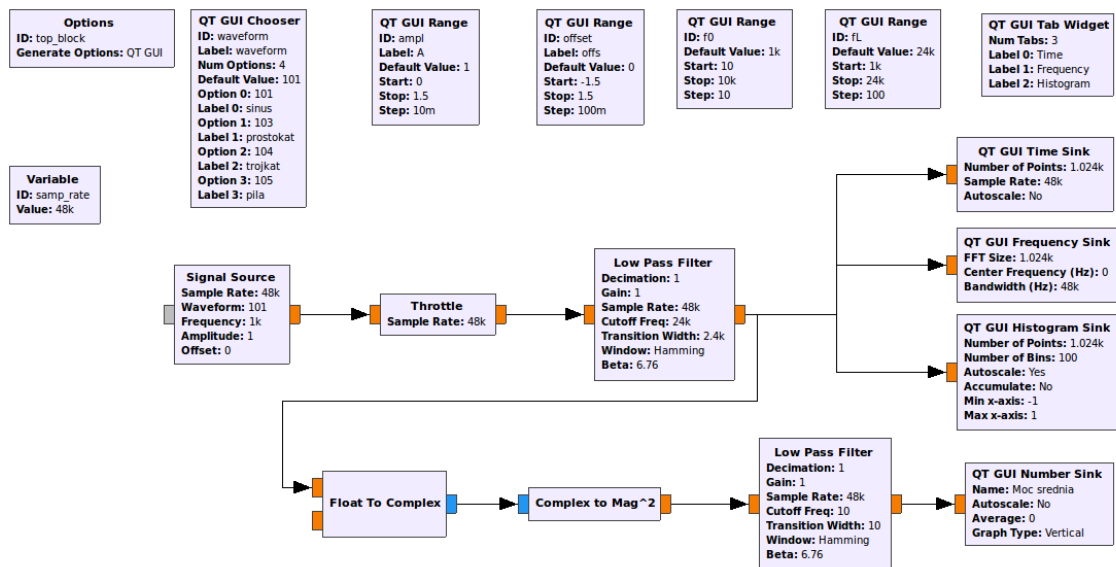
- właściwości sygnałów deterministycznych i stochastycznych,
- właściwości sygnałów analogowych, dyskretnych i cyfrowych,
- właściwości sygnałów rzeczywistych i zespolonych,
- metody analizy korelacyjnej sygnałów: energia sygnału, moc chwilowa i średnia moc sygnału,
- metody analizy widmowej sygnałów: szereg Fouriera, transformata Fouriera, widmo gęstości mocy.

3.2. Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są z zastosowaniem pakietu narzędzi programistycznych GNURadio umożliwiającego implementację rzeczywistych systemów telekomunikacyjnych. Telefoniczny tor transmisyjny jest zestawiany, z zastosowaniem łącz analogowych, dołączonych do cyfrowej centrali telefonicznej Alcatel S12. Dostęp do abonenckiej pętli analogowej jest realizowany z zastosowaniem centrali PABX. Centrala pracuje pod kontrolą programu Asterisk [3]. Dostęp do linii analogowych jest zrealizowany z zastosowaniem kart analogowych AX-E-800PN/AX-E-1600P [4] wyposażonych w interfejsy FXO i FXS. Bezprzewodowy tor transmisyjny jest zestawiany z zastosowaniem urządzenia HackRF One [5], stanowiącego układ nadajnika i odbiornika fal elektromagnetycznych pracującego w trybie half-duplex w paśmie od 1 MHz do 6 GHz, oraz anteny teleskopowej ANT500 [6].

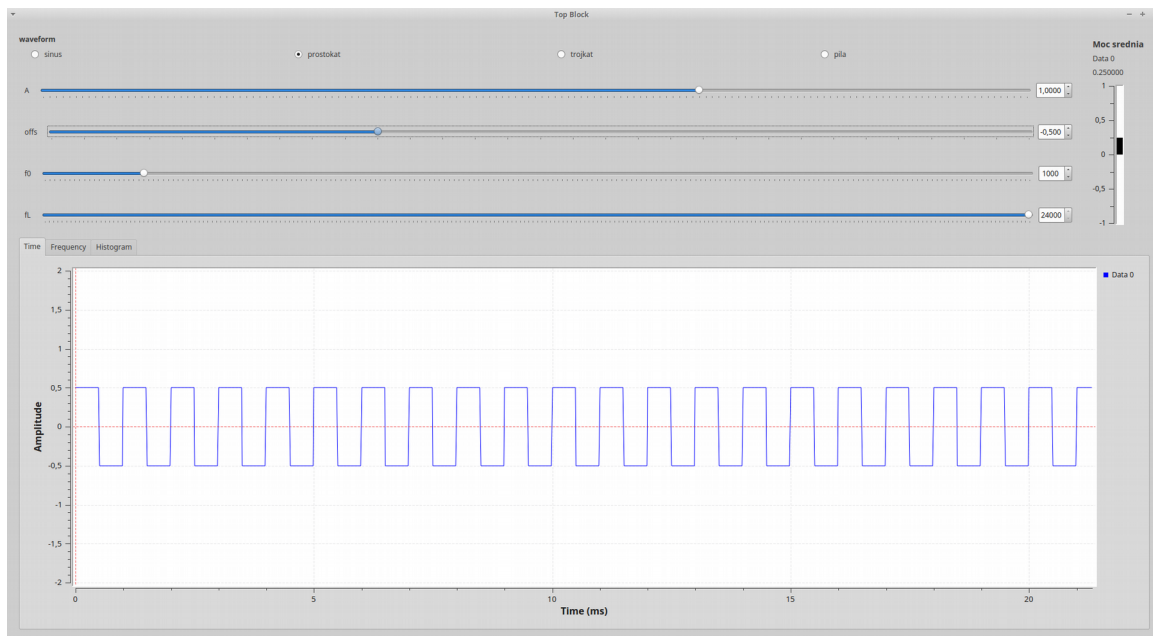
W trakcie ćwiczenia należy:

(a) Uruchomić środowisko GRC (*GNU Radio Companion*) i wczytać plik `syg_rzecz_det.grc` (Rysunek 3.1).



Rys. 3.1. Schemat przepływu zdefiniowany w środowisko GRC (GNU Radio Companion)

Blok **Signal Source** umożliwia generację przebiegów sinusoidalnych, prostokątnych, trójkątnych i piłokształtnych. Sygnały są następnie przenoszone przez blok **Throttle**, w celu ustalenia stałej „częstotliwości przetwarzania” ograniczającej zużycie mocy obliczeniowej CPU. **Low Pass Filter** (filtr dolnoprzepustowy) jest stosowany do przenoszenia tylko pewnego zakresu widmowego sygnału wejściowego, co umożliwia selektywny częstotliwościowo pomiar mocy średniej analizowanych sygnałów (wyjście drugiego filtra dolnoprzepustowego wyświetlana w bloku **Number Sink**). Filtrowany sygnał jest także analizowanych w blokach **Time Sink** (dziedzina czasu), **Frequency Sink** (dziedzina częstotliwości) oraz **Histogram Sink**. Okno analizy sygnałów, wyświetlone po uruchomieniu symulacji za pomocą komendy **Run** → **Execute**, pokazane jest na Rys. 3.2.



Rys. 3.2. Okno analizy sygnałów

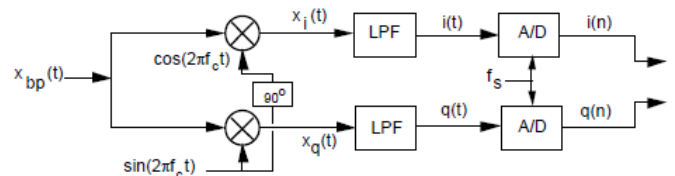
Na rysunek 3.2 przedstawiono okno analizy sygnałów umożliwiające wybór generowanego sygnału (sinusoidalny, prostokątny, trójkątny lub piłokształtny) oraz określenia jego parametrów: wartości sygnału – parametr **A**, przesunięcia – parametr **offset** i częstotliwości – parametr **f0**. Możliwe jest także określenie zakresu przenieszonego widma generowanego sygnału za pomocą parametru **fL**. Rodzaj analizy sygnałów można zmieniać, przełączając zakładki **Time**, **Frequency**, **Histogram**.

Porównać kształt charakterystyk widmowych poszczególnych sygnałów z charakterystykami wyznaczonymi teoretycznie. Dokonać pomiaru mocy średniej przebiegu prostokątnego o częstotliwości **f0**=1000 Hz i zerowej składowej stałej na wyjściu filtru dolnoprzepustowego w zależności od częstotliwości **fL**. Pomiarów dokonać w zakresie od **f0** do połowy częstotliwości próbkowania **samp_rate/2** z krokiem analizy równym **f0/2**.

(b) Wczytać plik `syg_zesp_det.grc`. Wczytany schemat umożliwia analizę tych samych sygnałów co w podpunkcie (a), ale o wartościach zespolonych. Należy porównać kształt przebiegów czasowych składowej rzeczywistej i urojonej generowanych sygnałów. Należy porównać wartości średnich mocy sygnałów zespolonych z wartościami wyznaczonymi dla sygnałów rzeczywistych, zgodnie ze wskazówkami prowadzącego.

(c) Wczytać plik `syg_rzecz_los.grc`. Wczytany schemat umożliwi generację i analizę rzeczywistych sygnałów stochastycznych. Uruchom symulację i ustaw rozkład generowanego sygnału stochastycznego na „gaussian”, parametr A na 1, a f_L na wartość odpowiadającą połowie częstotliwości próbkowania. Dokonaj pomiaru mocy średniej sygnału przy zmianie wartości parametru A w zakresie od 0,1 do 1,0 z krokiem 0,1. Dokonaj pomiaru mocy średniej sygnału przy zmianie parametrów filtra dolnoprzepustowego w zakresie od $0,1 \cdot \text{samp_rate}$ do $0,5 \cdot \text{samp_rate}$ z krokiem 0,05. Jak zmieniają się charakterystyki czasowe, widmowe i histogram przy zmianie parametrów filtra dolnoprzepustowego. Zmień rozkład generowanego sygnału na „uniform” i powtórz pomiary analogicznie jak dla sygnału gaussowskiego.

(d) Wczytać plik `hack_rf_syg.grc`. Wczytany schemat umożliwi analizę sygnału na wyjściu urządzenia HackRF One [4], stanowiącego układ nadajnika i odbiornika fal elektromagnetycznych pracującego w trybie half-duplex w paśmie od 1 MHz do 6 GHz. Do odbioru i transmisji sygnałów RF urządzenie HackRF One stosuje próbkowanie kwadraturowe. Schemat detekcji sygnałów zaprezentowany jest na rysunku 3.3



Rys 3.3. Schemat detekcji sygnałów stosujący próbkowanie kwadraturowe

Analizowane sygnały są sygnałami przesuniętymi względem siebie o kąt $\pi/2$. Składowa kosinusoidalna określona jest jako synfazowa I, a sinusoidalna jako kwadraturowa Q. Dokonaj pomiaru mocy średniej sygnału przy zmianie parametrów filtra dolnoprzepustowego. Jak zmieniają się charakterystyki czasowe, widmowe i histogram przy zmianie parametrów filtra dolnoprzepustowego. Jakie są zależności pomiędzy średnią mocą sygnału, a mocą jego składowych: synfazowej i kwadraturowej.

4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wyniki przeprowadzonych pomiarów,
- analizę bloków wykorzystanych w ćwiczeniu,
- wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

5. Wymagania BHP

W trakcie realizacji programu ćwiczenia należy przestrzegać zasad omówionych we wstępie do ćwiczeń, zawartych w: „Regulaminie porządkowym w laboratorium” oraz w „Instrukcji obsługi urządzeń elektronicznych znajdujących się w laboratorium z uwzględnieniem przepisów BHP”. Regulamin i instrukcja są dostępne w pomieszczeniu laboratoryjnym w widocznym miejscu.

6. Literatura

1. Haykin S.: Systemy telekomunikacyjne. Tom 1 / Tom 2, WKiŁ, Warszawa, 2004.
2. „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio”: <http://teleinfo.pb.edu.pl/pte/>
3. <https://www.asterisk.org/>
4. http://www.atcom.cn/products_banka_mn61.html
5. <https://greatscottgadgets.com/hackrf/>
6. <https://greatscottgadgets.com/ant500/>