

*Instrukcja do zajęć laboratoryjnych*

**Temat ćwiczenia: Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio.**

Numer ćwiczenia: Wstępne

Laboratorium z przedmiotu:

**PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI**

KOD: TS1D2012

Opracował: dr inż. Krzysztof Konopko

2018

# 1. Wprowadzenie

GNU Radio [1] jest darmowym otwarto-źródłowym (open source) pakietem narzędzi programistycznych umożliwiającym implementację rzeczywistych systemów telekomunikacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem systemów bezprzewodowych. Zawiera szereg gotowych modułów realizujących określone algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów w tym: filtrację, modulację i demodulację, synchronizację, kodowanie źródłowe i kanałowe oraz wiele innych. GNU Radio umożliwia tworzenie aplikacji przetwarzających strumienie danych zarówno odczytywanych i zapisywanych do plików, jak i pozyskiwanych w czasie rzeczywistym z modułów sprzętowych.

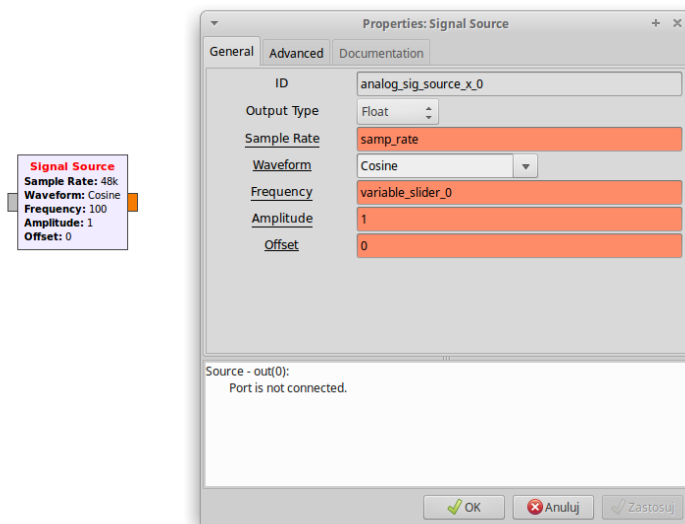
## 2. Cel i zakres ćwiczenia

W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się z możliwościami wykorzystania pakietu narzędzi GNU Radio w analizie systemów transmisyjnych.

## 3. Sposób wykonania ćwiczenia

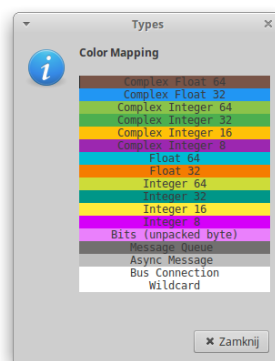
### 3.1. Wprowadzenie do GNU Radio

W trakcie ćwiczeń laboratoryjnych studenci korzystają z graficznej nakładki GRC (GNU Radio Companion) stanowiącej narzędzie pozwalające na konstrukcję schematów przepływu sygnałów (ang. *signal flow graphs*) pomiędzy blokami cyfrowego przetwarzania sygnałów (CPS), wizualizację wyników w postaci wykresów oraz generację kodu źródłowego w języku programowania Python. Na rys. 1.1 przedstawiono przykładowy blok CPS (źródło sygnału cosinusoidalnego) wraz z parametrami.



Rys. 1.1 Przykładowy blok cyfrowego przetwarzania sygnałów (CPS) i okno definiujących go parametrów.

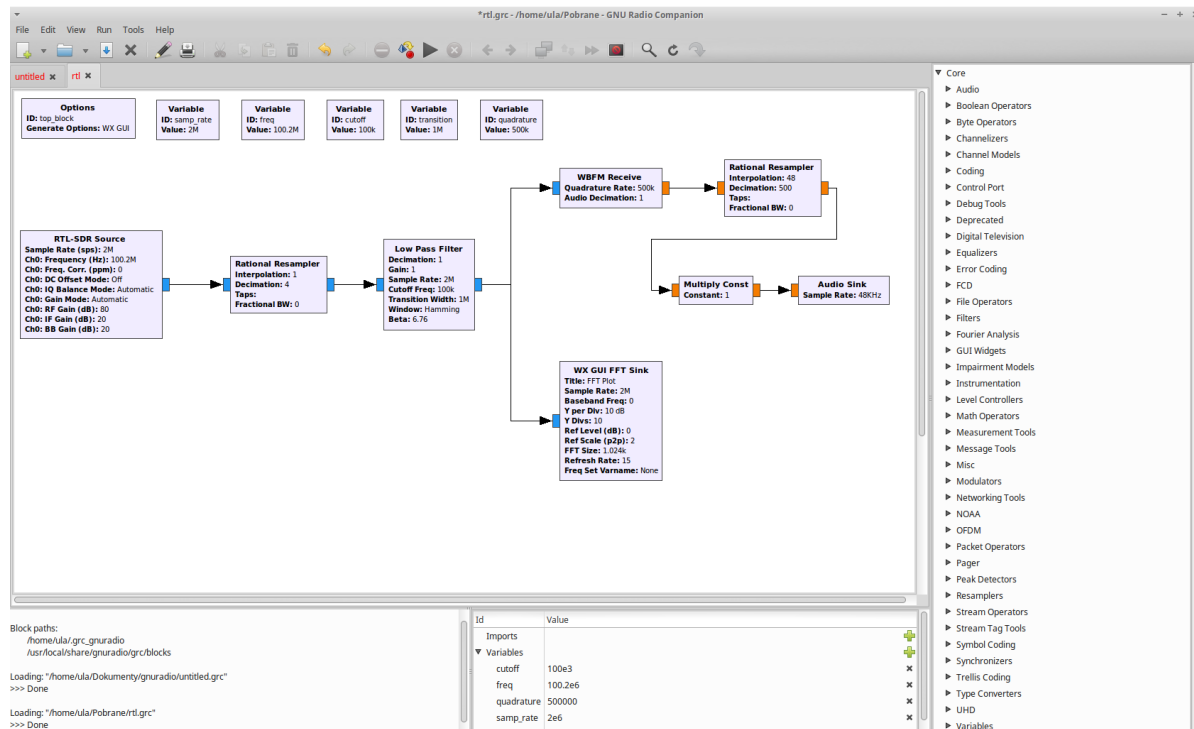
Każdy blok CPS może pracować na dwóch głównych typach danych: zespolonych lub rzeczywistych. Wybór typu danych odbywa się poprzez edycję parametrów Input Type i Output Type. Odpowiedni kolor złącza wejścia/wyjścia bloku CPS odzwierciedla typ danych, na których pracuje ten blok. Możliwe typy danych przedstawiono na rysunku 1.2.



Rys. 1.2 Typy danych i odpowiadające im kolory złącz wejściowych i wyjściowych.

Połączenie bloków CPS w schemat przepływu sygnałów odbywa się za pomocą strzałek poprzez zaznaczenia wyjścia pierwszego bloku, a następnie wejścia drugiego bloku. Projekt uruchamiany jest po wyborze odpowiedniego przycisku z paska narzędzi. Środowisko GRC dostarcza pełnej informacji związanej z aktualnym stanem pracy projektowanego urządzenia w czasie rzeczywistym. Obejmują one komunikaty związane z pracą części sprzętowej oraz błędami w schemacie przepływu informacji,

np. przerwane połączenie lub operacje na złym typie danych. Okno programu GRC oraz przykładowy diagram przepływu sygnałów przedstawiono na rysunku 1.3.



Rys. 1.3. Okno programu GRC (GNU Radio Companion).

GNU Radio posiada szereg gotowych modułów realizujących określone algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów w tym:

- **operatory:** moduły tj. Bool Operators, Byte Operators, Math Operators, Packet Operators, Stream Operators oraz File Operators, realizują przetwarzanie danych, od podstawowych operacji logicznych, jak blok AND, realizujący logiczną operację koniunkcji, czy blok ADD realizujący sumowanie, po bardziej złożone, np. w kategorii Packet Operators znajdują się moduły realizujące enkapsulację i dekapulację pakietów danych. Kategoria operatorów plikowych (File Operators) umożliwia m.in. zapisywanie do plików dowolnych danych przetwarzanych w GRC. Dane te mogą być następnie odczytane i przetwarzane przez GNU Radio albo wykorzystane do analizy za pomocą innych narzędzi.
- **CPS:** moduły tj. Waveform Generators, Filters, Resamplers, Synchronizers, Fourier Analysis oraz Spectrum Estimation zawierają szereg bloków realizujących różne algorytmy DSP ogólnego przeznaczenia, które mogą być stosowane jako elementy składowe modeli systemów telekomunikacyjnych.

- kodowanie źródłowe: kodery i dekodery PCM (G711 a-Law oraz -Law) G723.24, G723.40, GSM, itp. W kategorii Audio znajdują się również bloki WaveFileSource oraz WaveFileSink, dzięki którym można odczytywać i zapisywać pliki audio w różnych formatach.
- kodowanie kanałowe(): bloki koderów i dekodeków różnych kodów korekcyjnych, między innymi splotowe CC (Convolutional Code), turbokodery PCCC (Parallel Concatenated Convolutional Code) oraz kodery SCCC (Serial Concatenated Convolutional Code), które są stosowane w systemach telewizji satelitarnej drugiej generacji DVB-S2.
- modulacja: kilkadziesiąt bloków modulatorów i demodulatorów, implementujących wiele popularnych modulacji, zarówno analogowych (AM i FM), jak i cyfrowych (PSK, DPSK, GFSK, GMSK, QAM czy OFDM).
- modele kanałów: kilka bloków modeli kanałów, które można wykorzystać zarówno jako modele kanału AWGN, jak i modele kanałów z zanikami wielodrogowymi Rayleigha, dla kanału o profilu NLOS (non line-of-sight), oraz Rice'a, dla kanału LOS (line-of-sight). Profil kanału (AWGN, NLOS, LOS) można zmieniać przez parametry konfiguracyjne bloku, podobnie jak opóźnienia i względną moc dla poszczególnych dróg propagacji, dzięki czemu można np. uzyskać modele zgodne ze specyfikacją systemu GSM.
- elementy GUI: GNU Radio posiada dwa rodzaje bloków graficznego interfejsu użytkownika – QT oraz WX, wykorzystujące biblioteki QT oraz wxWidgets. Obie biblioteki są przenośne i dostępne dla różnych systemów operacyjnych. Bloki związane z elementami GUI umożliwiają między innymi określanie globalnych wartości parametrów zawierają też bloki do graficznej wizualizacji sygnałów przetwarzanych w GNU Radio. Są to m.in. wykres wartości sygnału (GUI Time Sink), jego widma (GUI Frequency Sink) czy wykresy konstelacji sygnałów zmodulowanych (GUI Constellation Sink).

### 3.3. 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 [2]. Dostęp do linii analogowych jest zrealizowany z zastosowaniem kart analogowych AX-E-800PN/AX-E-1600P [3] wyposażonych w interfejsy FXO i FXS. Bezprzewodowy tor transmisyjny jest zestawiany z zastosowaniem urządzenia HackRF One [4], stanowiącego układ nadajnika i odbiornika fal elektromagnetycznych pracującego w trybie half-duplex w paśmie od 1 MHz do 6 GHz, oraz anteny teleskopowej ANT500 [5].

W trakcie ćwiczenia należy zapoznać się ze środowiskiem GRC (*GNU Radio Companion*). Uruchomienie środowiska odbywa się w następujących krokach:

- Z zastosowaniem skrótu klawiszowego CTR+ALT+T (lub wybierając komendę z górnego menu) uruchomić terminal.
- Wpisać polecenie **sudo start\_pte** wcisnąć klawisz **Enter** i wprowadzić hasło identyczne z użytym przy logowaniu na konto.

Przeanalizować sposób generacji sygnałów na przykładzie generacji sygnału cosinusoidalnego o częstotliwości równej 1000 Hz. W tym celu należy wybrać i połączyć dwa bloki: blok **Signal Source** i blok **Throttle** (blok **Throttle** ogranicza wykorzystanie zasobów procesora CPU, dopasowując się do określonej częstotliwości próbkowania). W celu zmiany formatu generowanych próbek należy kliknąć prawym przyciskiem na blok na **Signal Source** i wybrać pozycję **Properties**, a następnie kliknąć **Complex** zmieniając **Output Type** na **Float**. Ustawienia należy zmienić także w bloku **Throttle**. Następnie należy wybrać w prawym oknie z pozycji **Instrumentation** → **QT** → **QT GUI Sink** i połączyć z blokiem **Throttle**. Start analizy rozpoczyna się poprzez wykonanie komendy **Run** → **Execute**, a zatrzymuje poprzez wybranie komendy **Run** → **Kill**.

Zmieniając w bloku **Signal Source** parametry **Waveform** (kształt generowanego sygnału) i **Offset** (przesunięcie wartości sygnału) zaobserwować przebiegi czasowe sygnałów dostępnych w bloku **Signal Source**.

Zmiany parametrów można dokonywać również w trakcie symulacji. W tym celu wybrać, w prawym oknie, **GUI Widgets** → **Qt** → **QT GUI Range** i nadać mu niepowtarzalny identyfikator (pole **ID** po kliknięciu prawym przyciskiem i wyborze **Properties**) np. ustawiając nazwę „czestotliwosc” oraz określić zakres zmienności np. od 100 do 1500 z krokiem 100. Następnie w bloku **Signal Source** w polu **Frequency** zmienić wartość numeryczną na nazwę identyfikującą dodany przez nas element „czestotliwosc”. Można już uruchomić analizę i obserwować zmianę okresu naszego sygnału.

Dodatkowo samodzielnie podłączyć generowany sygnał do wejścia **Audio Sink** i odsłuchać dźwięki generowanych sygnałów.

## 4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Z ćwiczenia wstępnego sprawozdanie nie jest sporządzane.

## 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. <http://gnuradio.org/>
2. <https://www.asterisk.org/>
3. [http://www.atcom.cn/products\\_banka\\_mn61.html](http://www.atcom.cn/products_banka_mn61.html)
4. <https://greatscottgadgets.com/hackrf/>
5. <https://greatscottgadgets.com/ant500/>