



**Politechnika Gdańska**  
**Wydział Elektroniki,  
Telekomunikacji  
i Informatyki**  
**Katedra Systemów i Sieci  
Radiokomunikacyjnych**



***Technika Radia Programowalnego***

**INSTRUKCJA LABORATORYJNA**

**Ćwiczenie nr 4**

**NADAJNIK OFDM**

**Opracował: dr inż. Andrzej Marczak**

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową i działaniem nadajnika cyfrowego łącza radiowego OFDM (ang. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) zrealizowanych przy użyciu oprogramowania GNU Radio Companion i uruchomionych na platformie radia programowalnego SDR. Podczas laboratorium są wykorzystywane dwa stanowiska komputerowe.

## 2. Wprowadzenie

GNU Radio jest pakietem narzędzi programistycznych umożliwiającym implementację radia programowalnego przy użyciu bloków przetwarzania sygnałów. Stanowi samodzielne środowisko symulacyjne, zapewniające współpracę z zewnętrznymi modułami RF.

GNU Radio Companion (GRC) jest graficznym narzędziem pozwalającym na konstrukcję schematów przepływu informacji, wizualizację wyników w postaci wykresów oraz generację kodu źródłowego w języku programowania Python.

## 3. Zadania do wykonania

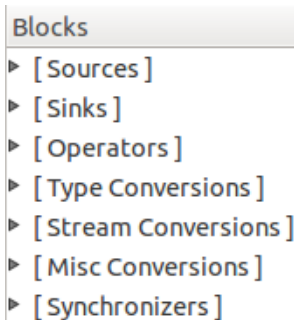
Uruchom program GRC używając skrótu



w lewym panelu bocznym.

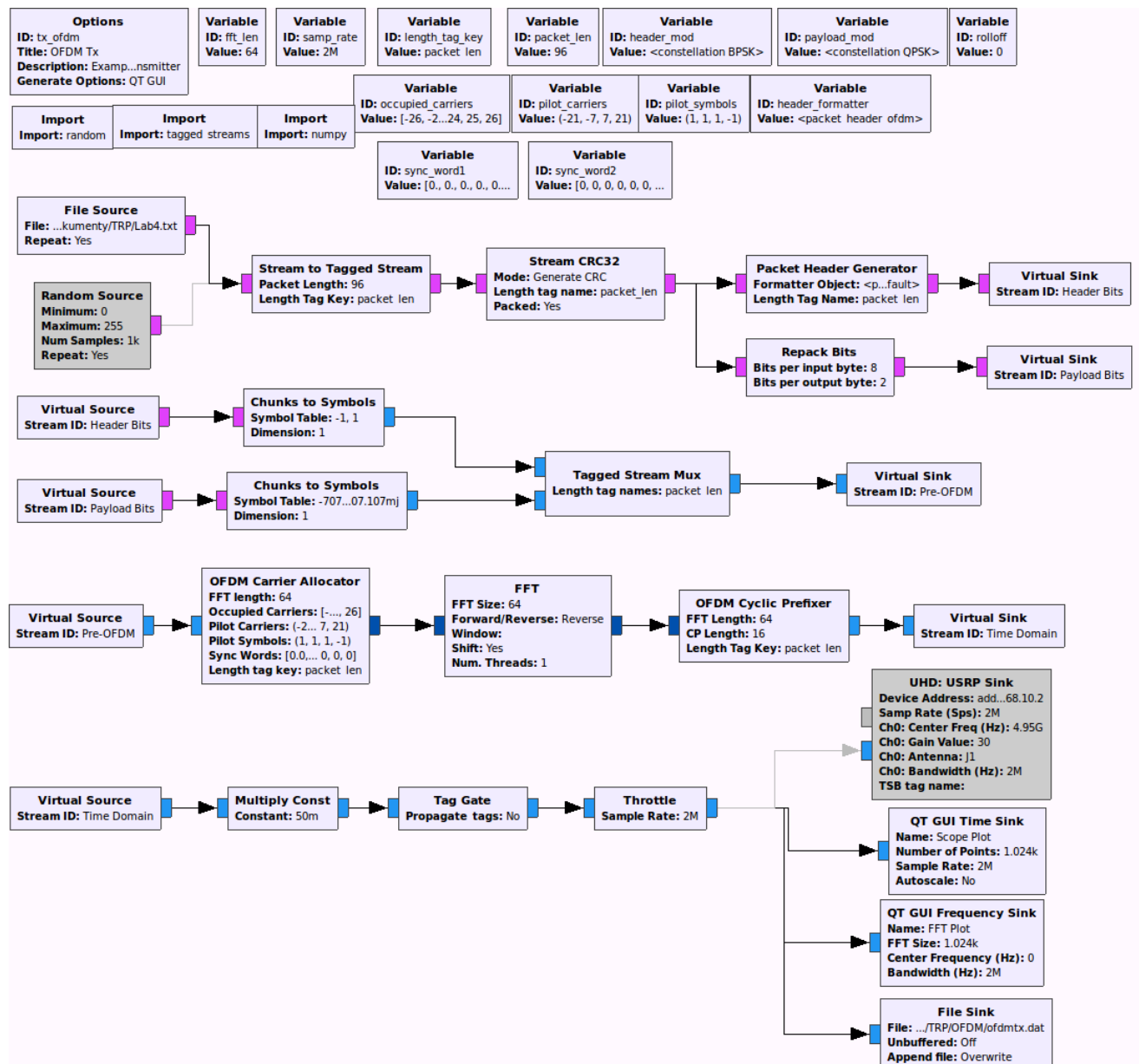
Przeprowadź diagnostykę łącza radiowego, obejmującej urządzenie USRP oraz komputer PC. Następnie skonstruuj schemat przepływu informacji części nadawczej i odbiorczej.

Bloki dodaje się poprzez wybór elementu z odpowiedniej kategorii oraz podwójne kliknięcie jego nazwy lub przeciągnięcie na obszar roboczy. Innym sposobem jest wyszukanie elementu za pomocą kombinacji klawiszy *CTRL + F*. Połączenie elementów za pomocą strzałek odbywa się poprzez kliknięcie wyjścia pierwszego, a następnie wejścia drugiego.



### 3.1 Nadajnik OFDM

Skonstruuj schemat składający się z następujących elementów: *File Source/Random Source, Stream to Tagged Stream, Stream CRC32, Packet Header Generator, Repack Bits, Virtual Sink, Virtual Source, Chunks to Symbols, Tagged Stream Mux, OFDM Carrier Allocator, FFT, OFDM Cyclic Prefixer, Multiply Const, Tag Gate, Trottle, USRP Sink, File Sink, QT GUI Time Sink, QT GUI Frequency Sink* według schematu zamieszczonego na rysunku 1. Jako plik źródłowy użyj dowolny plik tekstowy *txt*.



Rysunek 1 Schemat blokowy nadajnika OFDM

Dane konfiguracyjne zmiennych i niektórych bloków na schemacie zostały przedstawione poniżej:

Variable **fft\_len**                      **64**

Variable **samp\_rate**                      **2000000**

Variable **length\_tag\_key**              **"packet\_len"**

Variable **packet\_len**                      **96**

Variable **header\_mod**                      **digital.constellation\_bpsk()**

Variable **payload\_mod**                      **digital.constellation\_qpsk()**

Variable **rolloff**                              **0**

Variable **occupied\_carriers**      **(range(-26, -21) + range(-20, -7) + range(-6, 0) + range(1, 7) + range(8, 21) + range(22, 27),)**

Variable **pilot\_carriers**              **((-21, -7, 7, 21),)**

Variable **pilot\_symbols**              **((1, 1, 1, -1),)**

Variable **header\_formatter**              **digital.packet\_header\_ofdm(occupied\_carriers,              1, length\_tag\_key)**

Variable **sync\_word1**              **[0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., -1.41421356, 0., -1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 1.41421356, 0., -1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 1.41421356, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.]**

Variable **sync\_word2**              **[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, 0, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0]**

**Stream to Tagged Stream** block:

Type:                              **Byte**

Vector Length:                  **1**

Packet Length:                  **packet\_len**

Length Tag Key                  **length\_tag\_key**

**Stream CRC32** block:

Mode                              **Generate CRC**

Length tag name                  **length\_tag\_key**

**Packet Header Generator** block:

Formatter Object      **header\_formatter.formatter()**

**Repack Bits** block:

Bits per input byte      **8**

Bits per output byte      **payload\_mod.bits\_per\_symbol()**

Length Tag Key      **length\_tag\_key**

Packet Alignment      **Input**

**Chunks to Symbol** for Header bits block:

Input Type      **Byte**

Output Type      **Complex**

Symbol Table      **header\_mod.points()**

Dimension      **1**

Num Ports      **1**

**Chunks to Symbol** for Payload bits block:

Input Type      **Byte**

Output Type      **Complex**

Symbol Table      **payload\_mod.points()**

Dimension      **1**

Num Ports      **1**

**Tagged Stream Mux** block:

IO Type      **Complex**

Number of inputs      **2**

Length tag names      **length\_tag\_key**

Vector Length            **1**

Tags: Preserve head position **0**

**OFDM Carrier Allocator** block:

FFT length                **fft\_len**  
Occupied Carriers        **occupied\_carriers**  
Pilot Carriers            **pilot\_carriers**  
Pilot Symbols            **pilot\_symbols**  
Sync Words               **(sync\_word1, sync\_word2)**  
Length Tag Key           **length\_tag\_key**

**FFT** block:

Input Type                **Complex**  
FFT Size                  **fft\_len**  
Forward/Reverse        **Reverse**  
Window                    **()**  
Shift                       **Yes**  
Num. Threads            **1**

**OFDM Cyclic Prefixer** block:

FFT Length               **fft\_len**  
CP Length                **fft\_len/4**  
Rolloff                    **rolloff**  
Length Tag Key           **length\_tag\_key**

**Multiply Const** block:

IO Type                   **Complex**  
Constant                  **0.05**

Vec Length           **1**

**Tag Gate** block:

Item Type           **Complex**

Vec Length           **1**

Propagate\_tags       **No**

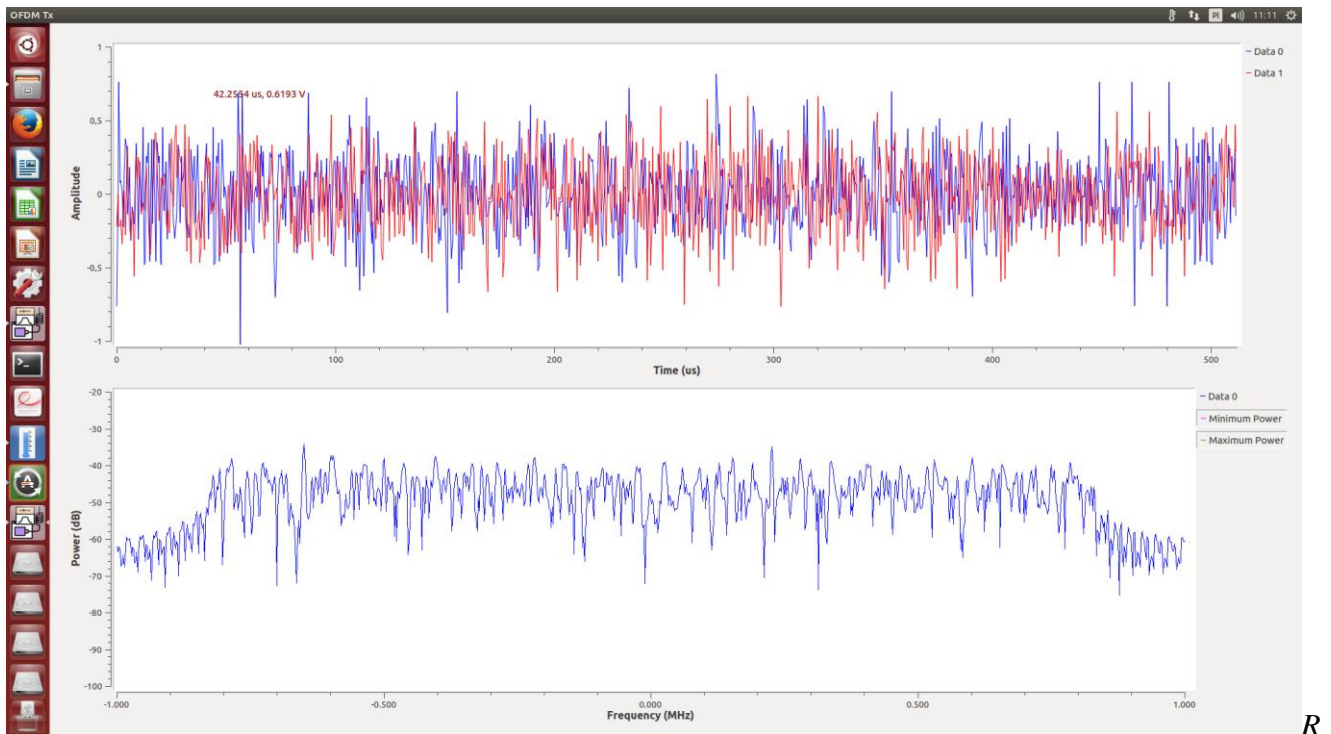
**Throttle** block:

Type               **Complex**

Sample Rate         **samp\_rate**

Vec Length           **1**

Zapisz oraz uruchom projekt. Zaobserwuj zmiany w wykresie widma oraz przebiegu czasowego sygnału nadawanego. Wygeneruj plik wyjściowy nadajnika transmitter.txt i zapisz go na dysku.



Rysunek 2. Wykres przebiegów czasowego i częstotliwościowego dla nadajnika OFDM.

#### ***4. Literatura***

1. <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki>.
2. Notatki z wykładów.