

Modulacja i kodowanie - laboratorium

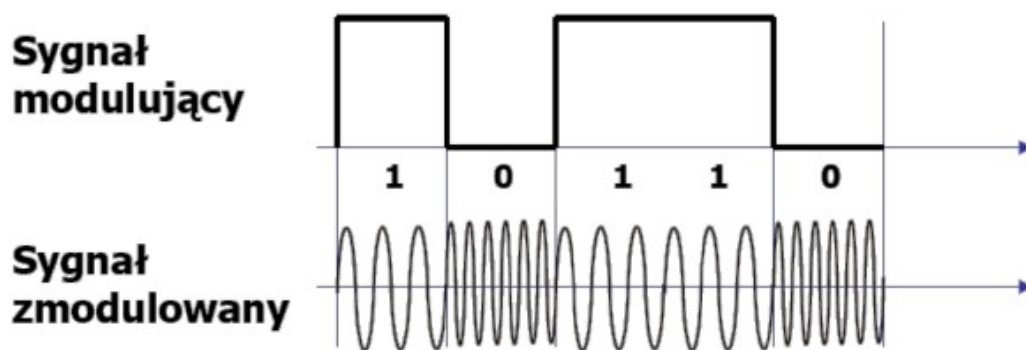
Modulacje cyfrowe

Kluczowane częstotliwości (FSK)

Celem ćwiczenia jest zbudowanie systemu modulacji: modulacji polegającej na kluczowaniu częstotliwości (FSK – Frequency Shift Keying).

1. FSK - Kluczowanie częstotliwości

Idea modulacji FSK opiera się na kodowaniu informacji w zmianie częstotliwości sygnału nośnego. W pewnym sensie jest więc to odwołanie do analogowej modulacji częstotliwości (FM), gdzie również informacja kodowana była za pomocą niewielkich (w stosunku do sygnału nośnego) zmian częstotliwości w takt zmian amplitudy sygnału modulującego. Główna różnica pomiędzy modulacją FM a FSK kryje się w postaci sygnału modulującego. W przypadku modulacji FSK sygnał modulujący jest sygnałem binarnym, proces modulacji przedstawiony został na rysunku 1:

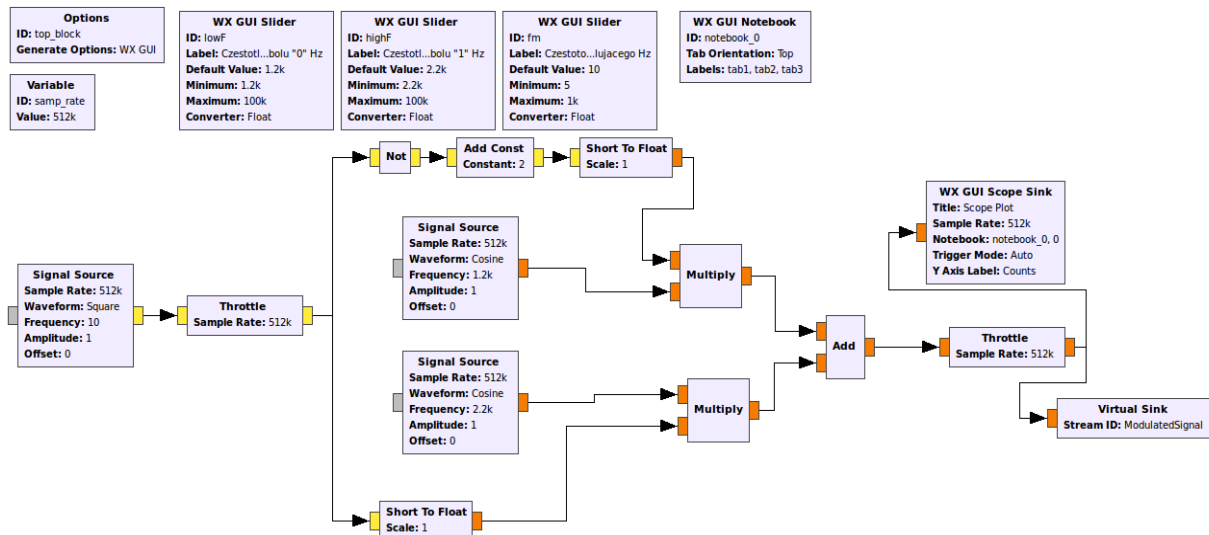


Rys. 1: modulacja kluczowania częstotliwości (FSK – Frequency Shift Keying).

W najprostszym przypadku wystarczy więc zdefiniować dwie częstotliwości: f_1 dla symbolu „0” oraz f_2 dla symbolu „1”. W momencie nadejścia symbolu „0” transmitowany jest sygnał nośny o częstotliwości f_1 , a momencie nadejścia symbolu „1” transmitowany jest sygnał nośny o częstotliwości f_2 .

1.1 Modulator FSK

- Dodaj źródło sygnału prostokątnego o $f_m = 50\text{Hz}$.
- Zbuduj modulator FSK według rysunku 2:

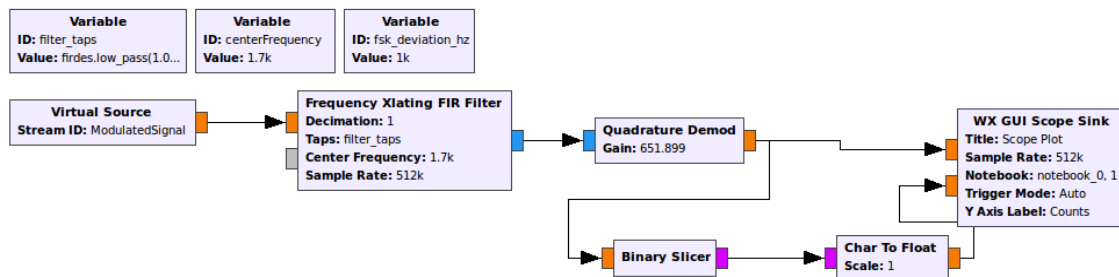


Rys. 2 Schemat blokowy modulatora FSK z dwiema częstotliwościami (modulator binarny)

- Częstotliwość dla symbolu „0” (która jest umownie niższa), powinna być regulowana w zakresie od 1KHz do 100KHz, domyślnie: 1,2KHz
- Częstotliwość dla symbolu „1” (która jest umownie wyższa), powinna być regulowana w zakresie od 1KHz do 100KHz, domyślnie: 2,2KHz.
- Częstotliwość sygnału modulującego powinna być regulowana w zakresie od 5 Hz do 1KHz.
- Uruchom skrypt, przedstaw działanie modulatora.

1.2 Dekodowanie sygnału zmodulowanego metodą FSK:

- Zbuduj dekodery FSK według rysunku 3:



Rys. 3: dekodery FSK w oparciu o demodulator kwadraturowy

- Dla komponentu „*X lating FIR filter*” stwórz zmienną o nazwie „*filter_taps*”, jej wartość powinna być następująca:

firdes.low_pass(1.0,samp_rate,1000,400)

- Częstotliwość środkowa (center frequency) filtru „*X lating FIR filter*” będzie obliczana automatycznie zgodnie z poniższym:

$$\text{CenterFrequency} = (\text{Frequency_Symbol_1} + \text{Frequency_Symbol_0}) / 2$$

co oznacza, że filtr będzie dostrojony do częstotliwości dokładnie pomiędzy obiema częstotliwościami modulowanego sygnału FSK. Szerokość pasma filtru powinna obejmować zakres od *Frequency_Symbol_0* do *Frequency_Symbol_1*.

- *fsk_deviation_hz* jest częstotliwością dewiacji modulacji FSK i jest obliczana następująco:

$$\text{fsk_deviation_hz} = \text{Frequency_Symbol_1} - \text{Frequency_Symbol_0}$$
- Utwórz zmienną *fsk_deviation_hz*, jej wartość wstaw do właściwości komponentu „*Quadrature Demod*”.
- Uruchom skrypt, zademonstruj działanie.
- Niech *f0* będzie częstotliwością symbolu „0”, *f1* będzie częstotliwością symbolu „1”, wtedy ustaw częstotliwości na następujące wartości:

f0	f1	Czy odebrana transmisja jest poprawna?
4kHz	5KHz	
40KHZ	50KHz	
95KHz	96KHz	
65,5KHz	66,5KHz	
20KHz	25KHz	
8KHz	12KHz	

- Czy potrafisz wyjaśnić to zjawisko ?

3. Continous Phase FSK – modulacja FSK z ciągłą fazą.

Klasyczna modulacja FSK nie zapewnia ciągłości fazy – w momencie przełączania częstotliwości oba sygnały mogą być w różnej fazie. Brak ciągłości fazy może powodować

rozmaite problemy podczas transmisji sygnału.

Istnieją jednak wersje modulacji FSK, które zapewnia ciągłość fazy. Najważniejsze z nich to

- MSK (Minimal Shift Keying)
- CPFSK (Continous Phase FSK).

Ponieważ modulacja MSK wprost prowadzi do modulacji GMSK, która będzie przedmiotem następnego laboratorium więc wykorzystamy modulację CPFSK.

3.1 CPFSK w środowisku GnuRadio

- Utwórz nowy projekt.
- Zmodyfikuj źródło sygnału tak aby generowane były symbole 0 i 1.
- Zamiast modulatora FSK wykorzystaj komponent *CPFSK* (modulacja) i (*GFSK demod*) do demodulacji.
- Parametr sample / symbol ustaw na 2.
- Uruchom skrypt.
- Porównaj zmodulowany sygnał FSK z poprzedniego ćwiczenia z CPFSK.

4. Demodulacja sygnału FSK za pomocą pętli PLL (Pętla synchronizacji fazowej PLL). - Część dodatkowa.

Podstawą działania pętli PLL jest układ pętli ze sprzężeniem zwrotnym (Rys. 8). Jej działanie polega na przekazywaniu części energii sygnału wyjściowego za pomocą pętli sprzężenia zwrotnego na wejście układu. Krótko mówiąc jest to oddziaływanie skutku na przyczynę w celu uzyskania zamierzonych parametrów pracy (np. stabilności) całego układu.

Co ciekawe, jeśli na wejście PLL podamy sygnał modulowany częstotliwościowo, a następnie przeanalizujemy sygnał korekcyjny (generowany przez VCO – przestrajany generator częstotliwości), to każe się, że odpowiada on sygnałowi modulującemu. Skąd prosty wniosek, że pętla PLL można także służyć do dekodowania (demodulacji) sygnału.

- Dodaj komponent *import*. W jego treści (*value*) dodaj wpis pozwalający importować bibliotekę matematyczną, czyli „*import math*”.
- Dodaj komponent „*PLL Carrier Tracking*”. Jego wejście połącz z wyjście filtru (*Frequency Xlating FIR filter*), a wyjście (przez konwerter, interesuje nas w tym wypadku część rzeczywista sygnału) do komponentu wizualizującego (np. *WX GUI Scope Sink*).

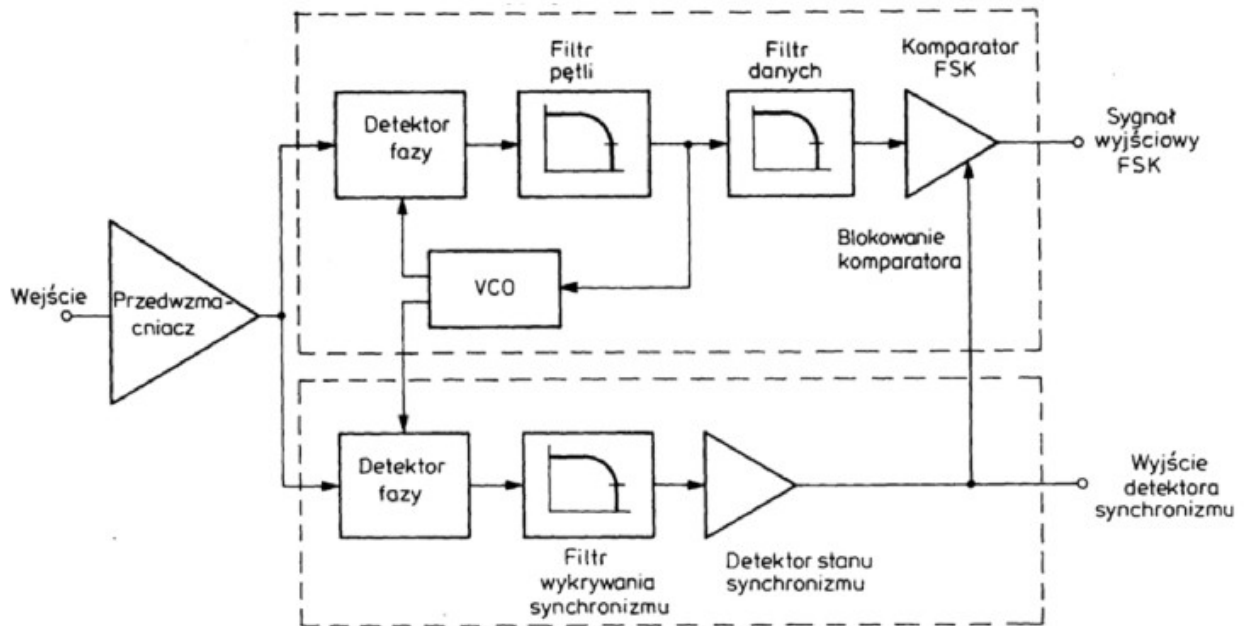
- Ustaw następujące parametry komponentu:

$$\text{Loop bandwidth} = (\text{fsk_deviation_hz} / \text{samp_rate}) / 2 / \text{math.pi}$$

$$\text{max Freq.} = \text{centerFrequency} / (\text{samp_rate} / 2 / \text{math.pi})$$

$$\text{min Freq} = -(\text{centerFrequency} / (\text{samp_rate} / 2 / \text{math.pi}))$$

- Uruchom skrypt. Pętla PLL może wymagać do prawidłowej pracy nieco większej częstotliwości niż wartości domyślnie z poprzedniej części instrukcji (np. w granicach 30-60KHz).



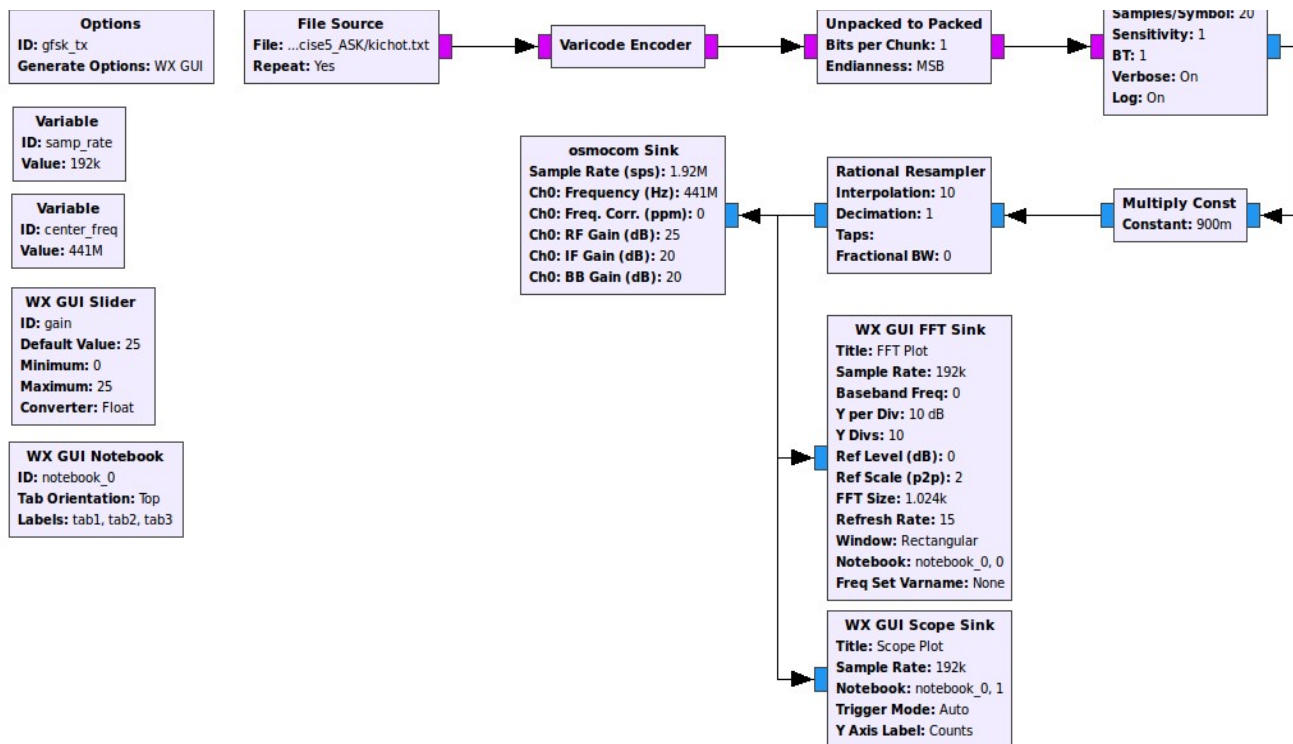
Rys. 8: Poglądowy przykład Pętli Synchronizacji Fazowej (PLL).

5. Transmisja strumienia danych modulowanych metodą FSK, za pomocą modułów SDR.

Ćwiczenie wymaga dwóch stanowisk komputerowych: na pierwszym zbudowany zostanie nadajnik, a na drugim odbiornik. Częstotliwości pracy powinna zawierać się w przedziale od 433,05 MHz do 434,79 MHz - jest to jeden z przedziałów pasma **ISM** (ang. *Industrial, Scientific, Medical* – "przemysłowe, naukowe, medyczne").

5.1 Nadajnik.

- Przygotuj plik tekstowy.
- Zbuduj diagram według poniższego schematu:

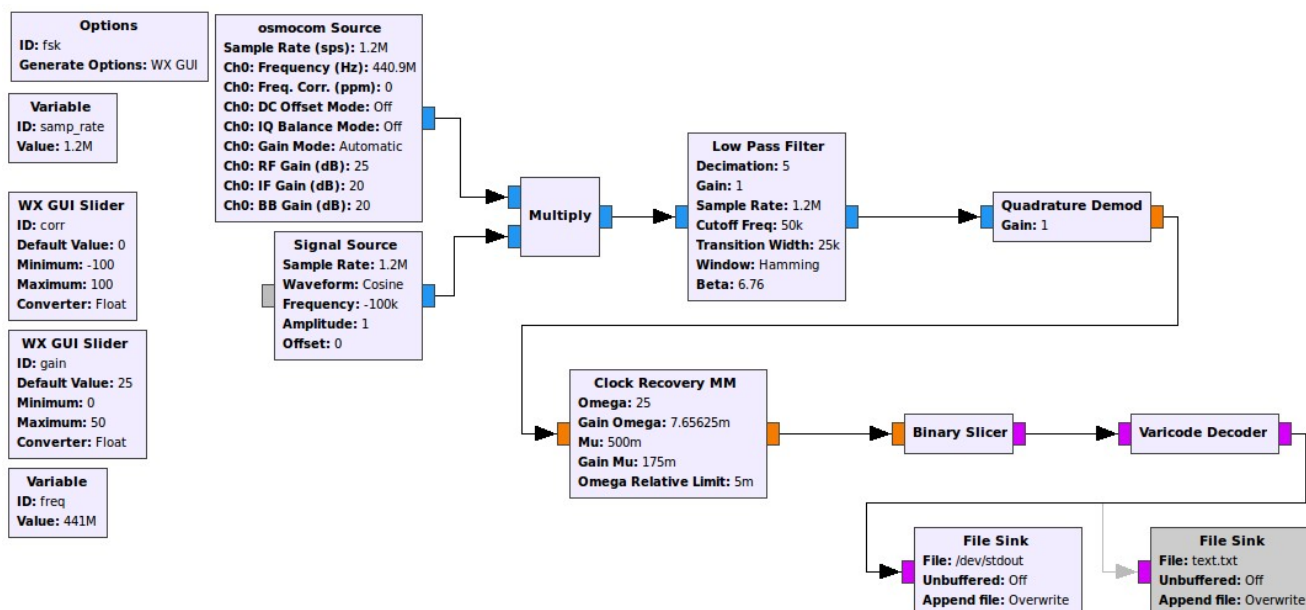


Rys. 9: Schemat blokowy nadajnika FSK

- *Varicode encoder* – blok służący do kompresji strumienia tekstu oraz konwersji do postaci strumienia bitów [0 and 1].
- *Unpacker to packet* – blok formułuje pakiet danych.
- *Rational Resampler* – blok zmieniający .
- *GFSK Mod* – Modulator FSK (z zachowaniem ciągłości fazy).

5.2 Odbiornik:

Zbuduj odbiornik według poniższego diagramu:



Rys. 10: Schemat blokowy odbiornika FSK

- *Quadrature demod* – demodulator kwadraturowy. Służy do demodulacji sygnałów modulowanych częstotliwościowo (FM, FSK, MSK etc).
- *Clock Recovery* – blok służący do “odzyskiwania” symboli. (musi znać czas trwania pojedynczego symbolu): w polu “Omega” wpisz “ $\text{samp_rate}/5/9600$ ”. Pozostałe pola zostaw niezmienione.
- *Binary Slice* – Zmienia sygnał na postać binarną
- *Varicode decoder* – dekoduje strumień bitów na tekst (ASCII code)
- Zdefiniuj plik wyjściowy (poniższe ustawienie pozwoli wyświetlać odebrany tekst bezpośrednio na konsoli programu GnuRadio)

`/dev/stdout`

5.3 Dokonaj transmisji pliku.

Na jaką odległość można przesłać dane ?