

Ćwiczenie 5.

Cel ćwiczenia:

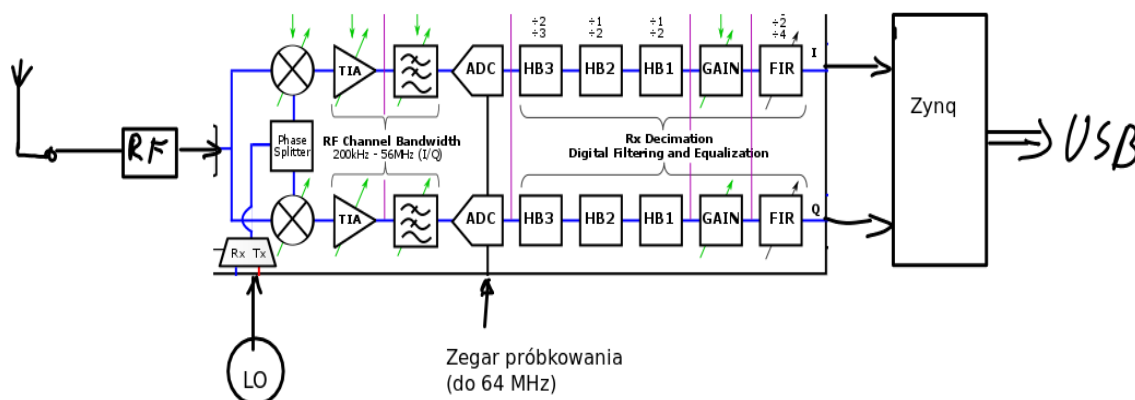
- praktyczne wykorzystanie informacji dotyczących cyfrowego przetwarzania sygnałów w kontekście odbioru sygnału naziemnej telewizji cyfrowej.
- zapoznanie się z warstwą „sygnałową” systemu przesyłania informacji opartego o standard OFDM na przykładzie sygnału naziemnej telewizji cyfrowej.

Uwaga: modulacja OFDM ma bardzo wiele aspektów, w tym ćwiczeniu będziemy się zajmować wyłącznie zagadnieniem wyodrębnienia sygnału z szerszego widma radiowego oraz wstępną synchronizacją ramek.

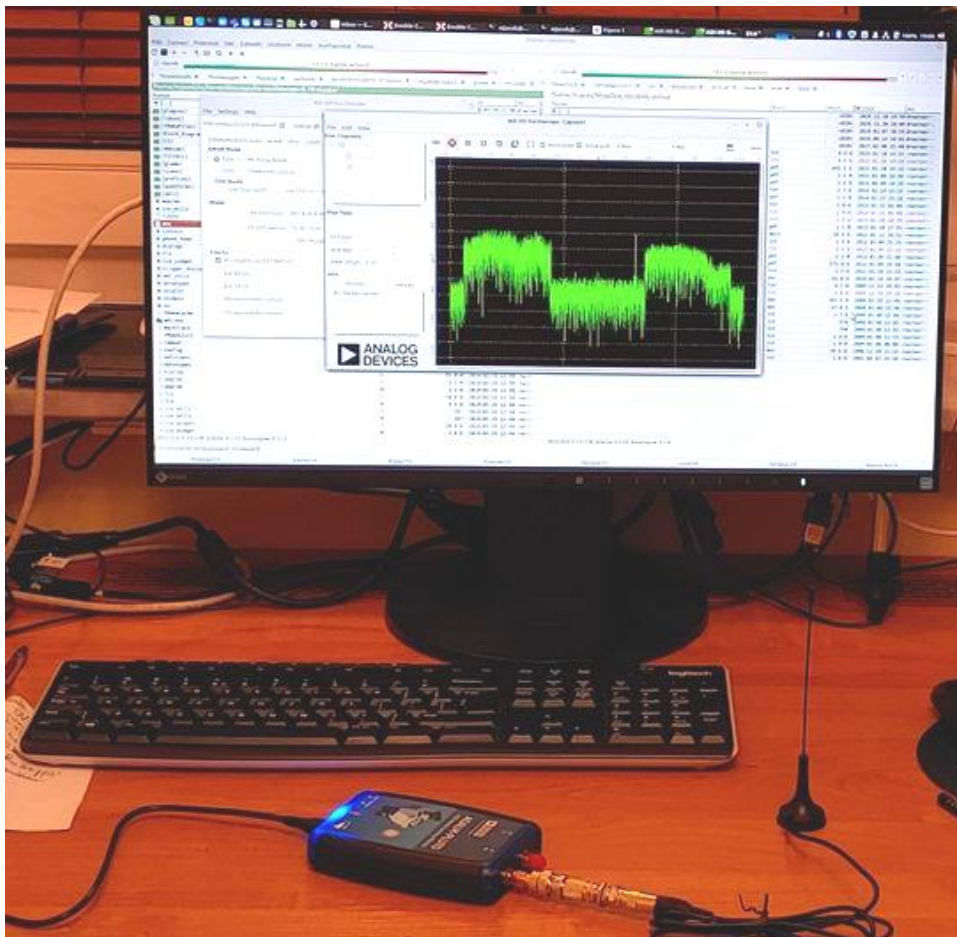
Studenci pracują z udostępnionymi w katalogu “Pliki/ [General/](#) Materiały do zajęć lab-miniprojekt/ nagrania_do_lab5” sygnałami zarejestrowanymi przy pomocy modułu radia programowalnego ADALM-PLUTO.

Moduł ADALM-PLUTO działa jak typowe radio SDR - udostępnia użytkownikowi strumień próbek zespolonych (kanał “I”=InPhase oraz “Q”=Quadrature) pochodzących z demodulatora kwadraturowego mieszającego sygnał odebrany RF z cosinusoidą i sinusoidą z generatora (LO=Local Oscillator) dostrojonego do środkowej częstotliwości rejestrowanego pasma. Moduł składa się z układu [AD9363](#)--Highly Integrated RF Agile Transceiver oraz układu SoC Xilinx® Zynq Z-7010 zawierającego FPGA i procesor ARM Cortex® -A9 z Linuxem.

RF w przypadku ADALM-PLUTO to po prostu symetryzator (normalnie mógłby tu być filtr, wzmacniacz itd.)

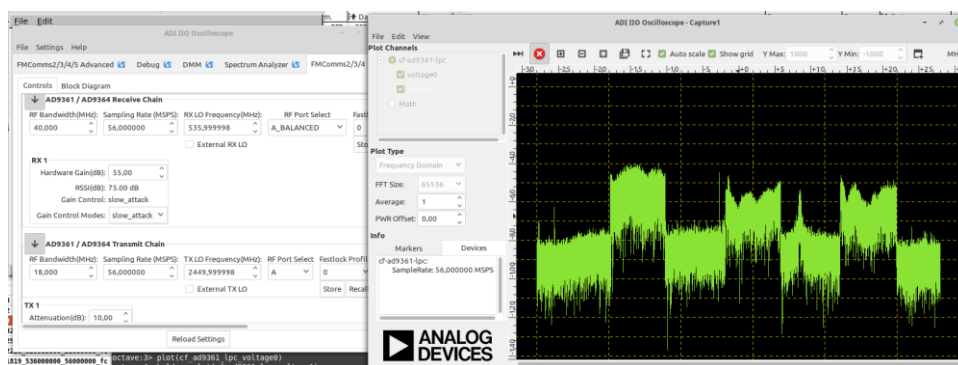


Wycinek schematu (tor odbiorczy) układu AD9363.



Stanowisko do rejestracji sygnałów

W katalogu znajdują się pliki "iio*.mat" -- rejestracje robione programem oscyloskopu AnalogDevices opartym na bibliotece **libiio**, oczywiście z ADALM_PLUTO jako front-endem RF.



Ekran komputera z uruchomionym oscyloskopem AD iio (tak rejestrowano sygnały)

Pierwsza liczba w nazwie pliku to częstotliwość środkowa (f_{LO}), druga - częstotliwość próbkowania. Kanał voltage0 to faktycznie kanał "I", voltage1 - kanał "Q". Pliki mają zawsze 2^{20} próbek - taki mamy po prostu bufor.

```
octave:12> load iio_536M_56M_1848.mat
octave:13> whos
Variables in the current scope:
```

Attr Name	Size	Bytes	Class
====	====	=====	=====
cf_ad9361_lpc_voltage0	1048576x1	4194304	single
cf_ad9361_lpc_voltage1	1048576x1	4194304	single

Total is 2097152 elements using 8388608 bytes

```
octave:14> x=cf_ad9361_lpc_voltage0+j*cf_ad9361_lpc_voltage1;
octave:15> plot(20*log10(fftshift(abs(fft(x)))))
```

Zwróć uwagę, że pracujemy z sygnałami zespolonymi!

UWAGA: studenci zasadniczo powinni korzystać z plików próbkowanych z częstotliwością 56M; trzy dodatkowe pliki (42M, 26M – z pasma DVB-T oraz 4M – z pasma FM) są do własnych eksperymentów studenta lub na wypadek, gdyby z sygnałami szerokopasmowymi nie udało się pracować.

Zadania do wykonania dla studentów

5 a) Wczytaj do Matlaba dane z serwera (z wybranego pliku) zawierające rzeczywiste sygnały naziemnej telewizji cyfrowej. Wyświetl widmo tego sygnału. Zauważ na widmie strukturę (kolejne kanały DVB-T) i zdecyduj, który z kanałów chcesz wyodrębnić i dalej przetwarzać.

5 b) Przemoduluj wczytany sygnał, tak aby częstotliwość środkowa wybranego kanału pokrywała się z zerową częstotliwością unormowaną (dzięki temu dalsze przetwarzanie będzie się odbywać dla sygnału dolnopasmowego). Wyświetl widmo przemodulowanego sygnału.

5 c) Zaprojektuj filtr SOI tak, by wyciąć z sygnału niepożądane fragmenty widma. Wyświetl widmo przefiltrowanego sygnału.

5 d) Zdecyduj przefiltrowany sygnał tak, aby obniżyć częstotliwość próbkowania sygnału. Pamiętaj, aby dobrać odpowiedni współczynnik decymacji. Współczynnik decymacji ustaw jako zmienną. Późniejsze etapy przetwarzania można będzie przetestować dla różnych wartości tego parametru.

Przeczytaj informacje teoretyczne na następnej stronie.

5 e) Wykorzystując strukturę sygnału wyznacz długość pojedynczej ramki dla kanału wybranego w ćwiczeniu 5a). Użyj funkcji autokorelacji. Spróbuj znaleźć lokalne maksimum tej funkcji odpowiadające jednej z długości ramki dopuszczonych przez standard (patrz informacje na następnej stronie).

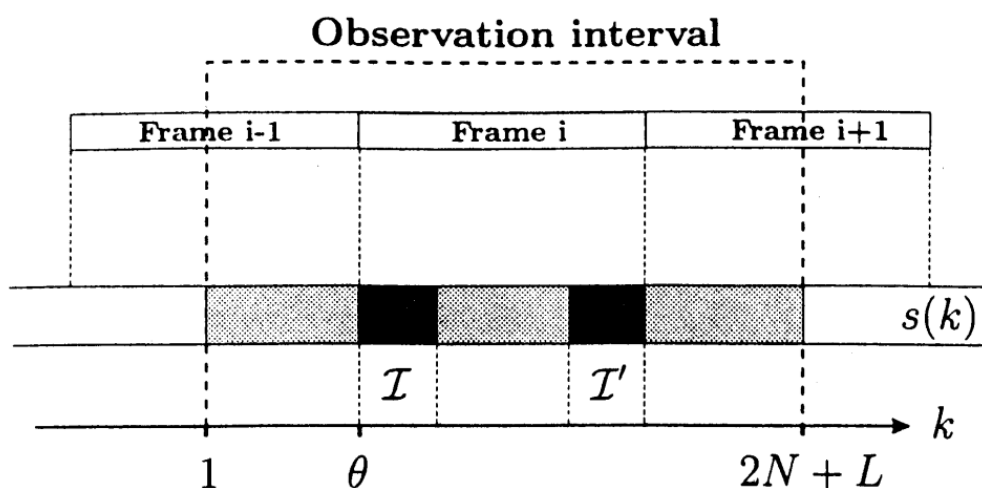
5 f) Korzystając z funkcji LM_estimator wyznacz początki poszczególnych symboli. Dobierz eksperymentalnie parametr długości prefiksu cyklicznego i parametru ρ . Wartość parametru ρ zależna jest od poziomu szumów w sygnale. Parametr przyjmuje wartości od 0 do 1.

5 g) Jeżeli starczy czasu spróbuj przetworzyć pozostałe kanały w pliku. Sprawdź, czy wyniki są porównywalne.

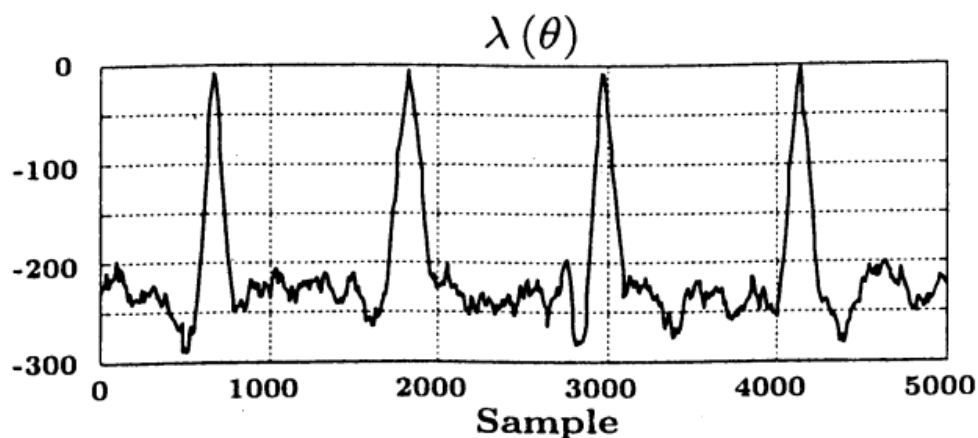
Podstawowe informacje o sygnale naziemnej telewizji cyfrowej.

Na poniższym rysunku¹ przedstawiono „sygnałową” warstwę typowego sygnału OFDM. W transmisji OFDM stosuje się prefiks cykliczny. Prefiks cykliczny jest skopiowanym na początek symbolu fragmentem sygnału z końca danego symbolu. Na rysunku fragment I jest kopią fragmentu I' . Kopia ta pełni dwójaką funkcję - umożliwia zmniejszenie interferencji między symbolami w warunkach wielodrogowości ale także jest przydatna do synchronizacji czasowej w celu wyodrębnienia poszczególnych ramek (frame) sygnału. W ćwiczeniu zajmujemy się odnalezieniem tej synchronizacji wykorzystując techniki korelacyjne.

Aby wyznaczyć początki poszczególnych ramek (w celu dalszego przetwarzania sygnałów) należy w pierwszej kolejności wyznaczyć długość pojedynczego symbolu. Standard naziemnej telewizji cyfrowej definiuje trzy dopuszczalne długości ramek wyrażone w ilości próbek sygnału – 2048, 4096 oraz 8192. Uwaga: nadajnik próbkuje sygnał z częstotliwością $\frac{64}{7}$ MHz (mega próbek na sekundę). Zwróć uwagę, że odebrany i wstępnie przetworzony sygnał ma inną częstotliwość próbkowania, uwzględnij ten fakt w obliczeniach. W standardzie naziemnej telewizji cyfrowej dozwolone są cztery długości prefiksu wyrażone jako stosunek do zastosowanej długości ramki – $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ oraz $\frac{1}{32}$.



Po zastosowaniu algorytmu detekcji początków symboli powinniśmy zaobserwować funkcję podobną do poniższej¹ :



¹ Źródło. Magnus Sandell, Jan-Jaap van de Beek and Per Ola Börjesson: "Timing and Frequency Synchronization in OFDM Systems Using the Cyclic Prefix"