

**Politechnika  Białostocka**

**Wydział Elektryczny**

**Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

**Przetwarzanie Sygnałów**

Kod: TS1C400027

Temat ćwiczenia:

**Badanie filtrów cyfrowych o liniowych  
charakterystykach fazowych**

Opracował: dr inż. Dariusz Jańczak

Białystok 2018

**Temat: Badanie filtrów cyfrowych o liniowych charakterystykach fazowych.**

**1. Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest poszerzenie wiedzy studentów oraz nabycie przez nich umiejętności z zakresu syntezy i analizy filtrów cyfrowych o liniowych charakterystykach fazowych. Studenci zdobywają umiejętność realizacji sprzętowej filtrów cyfrowych o liniowych charakterystykach fazowych. Studenci doskonają umiejętność wykonania pomiarów charakterystyk fazowych oraz opóźnień grupowych. Studenci ugruntowują również umiejętność opracowania dokumentacji dotyczącej realizacji zadania inżynierskiego.

**2. Zagadnienie do opracowania przed przystąpieniem do zajęć**

Przed przystąpieniem do zajęć należy opracować (na podstawie materiałów z wykładu "Przetwarzanie Sygnałów 1") następujące zagadnienia:

- znaczenie charakterystyki fazowej filtra (wpływ na obwiednię przetwarzanego sygnału); porównać wpływ charakterystyk liniowych i nieliniowych;
- możliwości realizacji filtrów o liniowych charakterystykach fazowych;
- opóźnienie grupowe - definicja, znaczenie, metody wyznaczania;
- zależność wartości opóźnienia grupowego od rzędu filtra SOI;
- zastosowanie filtrów o liniowych charakterystykach fazowych w elektronice i telekomunikacji.

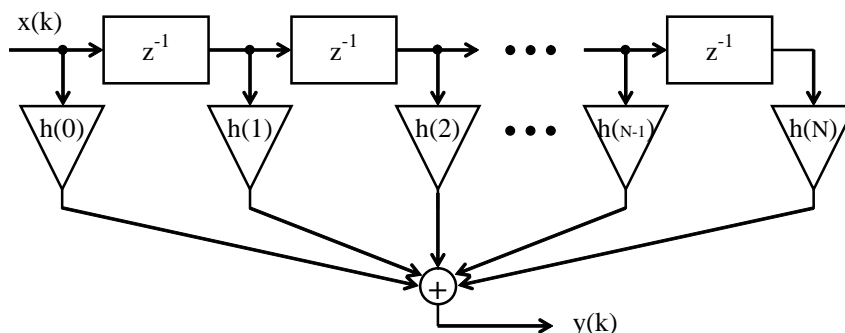
**3. Plan ćwiczeń**

- 3.1. Wyznaczyć opóźnienie grupowe wprowadzane przez filtr i układ przetworników A/C i C/A modułu DSP.
- 3.2. Wyznaczyć charakterystyki fazowe filtrów SOI o symetrycznym układzie współczynników.
- 3.3. Zbadać wpływ rzędu filtra SOI na wprowadzane opóźnienie grupowe. Przyjąć  $50 \leq N_1 \leq 100$ ,  $500 \leq N_2 \leq 1000$ .

3.4. Zbadać zniekształcenia obwiedni sygnału wprowadzane przez filtry o takich samych charakterystykach amplitudowych oraz o liniowych i nieliniowych charakterystykach fazowych. Na wstępie wyznaczyć charakterystyki częstotliwościowe badanych filtrów.

#### 4. Przebieg ćwiczenia

Struktura filtrów



Rys. 1. Struktura filtra transwersalnego rzędu N

Filtry SOI o liniowych charakterystykach fazowych należy zrealizować w formie filtrów transwersalnych opisanych transmitancją:

$$H(z) = h(0) + h(1)z^{-1} + h(2)z^{-2} + \dots + h(N)z^{-N}$$

gdzie  $h(i)$  - stałe współczynniki,

przy czym należy pamiętać, że charakterystyka fazowa filtra SOI będzie liniowa jeśli układ współczynników  $h_i$  będzie symetryczny.

Tab. 1. Symetria współczynników filtra SOI o liniowych charakterystykach fazowych

	N parzyste ( $N=2M$ )	N nieparzyste ( $N=2M+1$ )
symetria parzysta	$N=2M$ $h(M-k)=h(M-1+k)$	$N=2M+1$ $h(M-k)=h(M+k)$
symetria. nieparzysta	$N=2M$ $h(M-k)= -h(M-1+k)$	$N=2M+1$ $h(M-k)= -h(M+k), h(M)=0$

W powyższych przypadkach opóźnienie grupowe wynosi:  $\tau = \alpha = \frac{N-1}{2}$

Niezbędne obliczenia oraz badania symulacyjne należy wykonać w środowisku programu Matlab. Można skorzystać z następujących funkcji:

-  $\text{freqz}(L,M,Pf,Fs)$  - charakterystyk częstotliwościowe filtra cyfrowego

gdzie  $L, M$  - licznik, mianownik transmitancji

$Pf$  - wektor punktów w których liczona jest odpowiedź

$Fs$  - częstotliwość próbkowania w Hz

np.:  $\text{freqz}([1], [1, -0.2], 100:10:1000, 5000)$

-  $[\text{hn}] = \text{fir2}(N,F,M,\text{okno}(N+1))$  - projektowanie filtra SOI metodą okien czasowych

gdzie:  $\text{hn}$  - współczynniki filtra SOI

$N$  - rząd filtra SOI

$F, M$  - opis idealnej wymaganej charakterystyki częstotliwościowej

( $F$  - wektor częstotliwości unormowanych względem  $f_s/2$ ,

$M$  - wartości charakterystyki amplitudowej dla częstotliwości  $F$ )

$\text{okno}$  - rodzaj funkcji okna czasowego jak w p.3.1. np.  $\text{bartlett}(N+1)$

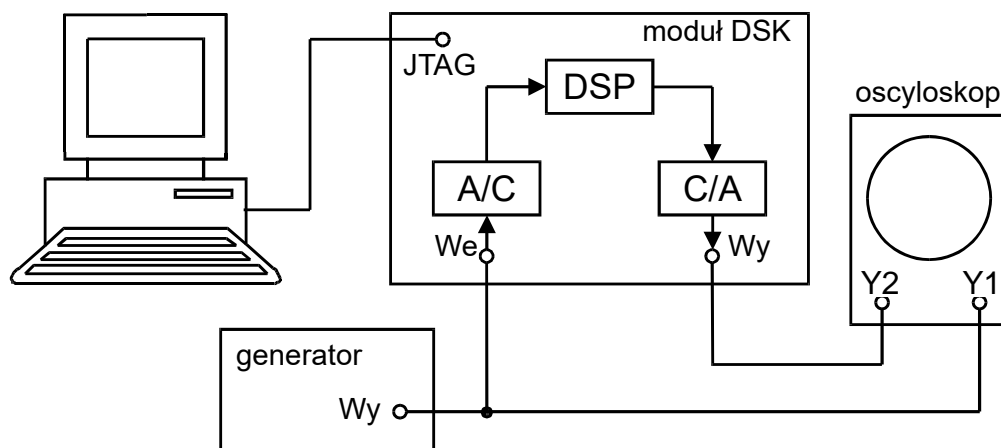
- funkcje okien wymienione w p. 3.1.

-  $\text{round}(x)$  - zaokrąglenie wartości liczby  $x$  do najbliższej całkowitej

-  $\text{ifft}(X)$  - odwrotna transformata Fouriera

-  $\text{real}(z)$  - część rzeczywista liczby  $z$

Badania eksperymentalne należy przeprowadzić w układzie połączonym według schematu przedstawionego na rys. 2..

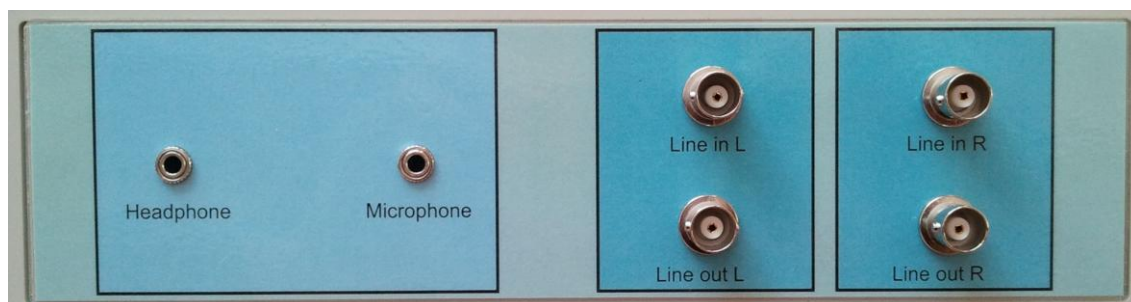


Rys. 2. Schemat połączeń stanowiska laboratoryjnego DSP

### **Uwaga!**

**Przed dołączeniem generatora do układu DSK upewnić się, że amplituda sygnału nie przekracza 1V.**

W ćwiczeniu należy wykorzystać kanał lewy (patrz rys.2.: "Line in L" - wejście, "Line out L" - wyjście).



Rys. 3. Widok płyty czołowej modułu

Filtr cyfrowy SOI w postaci filtra transwersalnego realizowany jest przy wykorzystaniu procesora DSP, którego oprogramowanie zostało przygotowane jako projekt *PS\_lab6* (środowisko uruchomieniowe: Code Composer Studio). Po połączeniu układu pomiarowego, należy wygenerować plik *dane.dat* zawierający współczynniki filtra realizowanego na DSP. Można to zrealizować wykorzystując program *filtr\_SOI.m* uruchamiany w środowisku Matlab. Program *filtr\_SOI.m* znajduje się w katalogu *D:\DSP\_C6x* i wywoływany jest w następujący sposób:

$$\text{filtr\_SOI}(L)$$

gdzie  $L$  - współczynniki transmitancji filtra transwersalnego (elementy odpowiedzi impulsowej).

Program *filtr\_SOI.m* automatycznie generuje plik konfiguracyjny *dane.dat* i zapisuje go w odpowiednim katalogu projektu DSP.

Częstotliwość próbkowania ustawiona jest na  $fs = 48 \text{ kHz}$ .

Kolejnym krokiem jest uruchomienie środowiska Code Composer Studio i otwarcie projektu *PS\_lab6* znajdującego się w katalogu *D:\DSP\_C6x\PS\_lab6*. lub jeśli projekt ten jest widoczny w oknie *Project Explorer* to wystarczy ustawić jego status jako aktywny (*Active*). Projekt należy poddać kompilacji i linkowaniu (*Build / Ctrl+B*), po czym należy załadować program do modułu DSP (*Debug / F11*) (jednocześnie nastąpi przejście do trybu uruchamiania *Debug*). Jeśli nie zostały zgłoszone błędy można uruchomić program (polecenie *Resume/Run* lub *F8*). Każdorazowa zmiana parametrów filtrów w pliku *dane.dat* wymaga powtórzenia poleceń: *Build* oraz *Resume/Run*.

Odpowiedzi czasowe filtrów należy zaobserwować na oscyloskopie, po czym można je przenieść do komputera PC i zapisać w pliku korzystając z programu *freecapture* lub *FreeView*.

#### **5. Sprawozdanie powinno zawierać:**

- charakterystyki fazowe filtrów SOI;
- wyznaczone opóźnienia grupowe wprowadzane przez badane filtry oraz opis metody badań;
- porównanie zniekształcenia obwiedni sygnału wprowadzane przez badane filtry;
- analizę wpływu rzędu filtra SOI na wartość opóźnienia grupowego;
- uwagi i wnioski nasuwające się w trakcie wykonywania ćwiczenia.

#### **6. 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.

#### **7. Literatura**

1. Lyons R., *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, WKŁ, Warszawa, 2010.
2. Zieliński T., *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: od teorii do zastosowań*, WKŁ, Warszawa, 2009.
3. Smith S. W., *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców*, Wydawnictwo BTC, Warszawa, 2007.
4. Stranneby D., *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: metody, algorytmy, zastosowania*, BTC, Warszawa, 2004.