

**Politechnika  Białostocka**

**Wydział Elektryczny**

**Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

**Przetwarzanie Sygnałów**

Kod: TS1A400027

Temat ćwiczenia:

**Badanie podstawowych charakterystyk i właściwości filtrów  
o skończonej odpowiedzi impulsowej**

Opracował: dr inż. Dariusz Jańczak

Białystok 2014

**Temat: Badanie podstawowych charakterystyk i właściwości filtrów  
o skończonej odpowiedzi impulsowej**

**1. Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest poszerzenie wiedzy studentów oraz nabycie przez nich umiejętności z zakresu syntezy i analizy filtrów cyfrowych o skończonej odpowiedzi impulsowej (SOI). W ramach zajęć studenci ugruntowują umiejętność sformułowania specyfikacji filtrów cyfrowych oraz nabywają podstawowe umiejętności z zakresu syntezy filtrów SOI metodą okien czasowych oraz jej weryfikacji przy wykorzystaniu narzędzi komputerowego wspomagania projektowania. Studenci zdobywają umiejętność realizacji sprzętowej filtrów cyfrowych oraz zapoznają się z praktycznymi aspektami ich realizacji. Studenci utrwalają umiejętność wykonania pomiarów ich charakterystyk. Prowadząc porównanie właściwości filtrów SOI z filtrami o nieskończonej odpowiedzi impulsowej, studenci doskonalą umiejętność prowadzenia analizy porównawczej. Studenci doskonalą również umiejętność opracowania dokumentacji dotyczącej realizacji zadania inżynierskiego.

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

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

- podstawowe właściwości filtrów cyfrowych typu SOI: struktura, opis transmitancyjny, odpowiedzi czasowe, charakterystyki częstotliwościowe;
- projektowanie dolnoprzepustowych filtrów SOI metodą okien czasowych;
- metody projektowania środkowo i górnoprzepustowych filtrów SOI metodą okien czasowych.

**3. Program ćwiczeń**

- 3.1. Wykorzystując podane funkcje programu Matlab przeprowadzić obserwacje i porównanie kształtu okien czasowych: prostokątnego (boxcar.m), trójkątnego (triang.m), bartletta (bartlett.m), blackmana (blackman.m), hamminga (hamming.m), hanninga (hanning.m).
- 3.2. Zaprojektować dolnoprzepustowy filtr SOI o zadanych przez prowadzącego

parametrach.

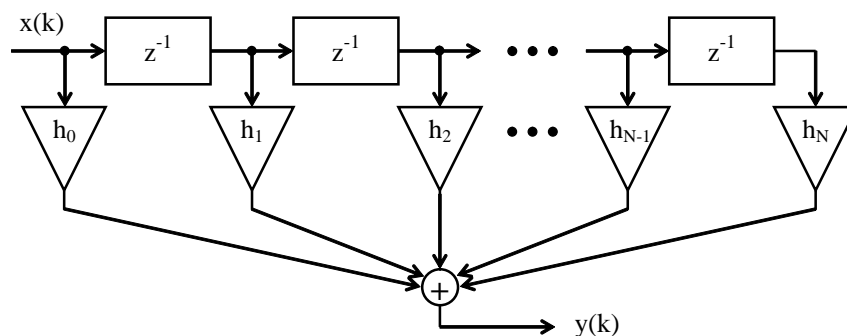
- 3.3. Zbadać wpływ długości okna na charakterystyki czasowe i częstotliwościowe filtra.
- 3.4. Zbadać wpływ różnych kształtów okien na charakterystyki czasowe i częstotliwościowe filtra.
- 3.5. Korzystając z filtra otrzymanego w punkcie 3.2 zaprojektować środkowoprzepustowy filtr o częstotliwości środkowej podanej przez prowadzącego. Należy wykorzystać metodę przekształcenia dolnoprzepustowego filtra SOI.
- 3.6. Zbadać charakterystyki czasowe zaprojektowanych filtrów cyfrowych.
- 3.7. Zaprojektować filtr SOI na podstawie charakterystyki czasowej dolnoprzepustowego filtra NOI. Przy projektowaniu skorzystać z funkcji fir2.m. Zbadać zbieżność charakterystyk częstotliwościowych filtrów w zależności od rzędu filtra SOI.
- 3.8. Zaimplementować na procesorze DSP wybrany przez prowadzącego filtr SOI. Zdjąć charakterystykę amplitudową. Porównać otrzymaną charakterystykę amplitudową z charakterystyką zakładaną i wyznaczoną symulacyjnie.

#### 4. Realizacja ćwiczeń

Filtry SOI należy zrealizować w formie filtrów transwersalnych opisanych transmitancją:

$$H(z) = h_0 + h_1z^{-1} + h_2z^{-2} + \dots + h_Nz^{-N}$$

gdzie  $h_i$  - stałe współczynniki.



Rys. 1. Struktura filtra transwersalnego rzędu N

Badania symulacyjne należy przeprowadzić w środowisku Matlab.

Wymagane charakterystyki można uzyskać przy pomocy następujących funkcji:

- `freqz(L,M,Pf,Fd)` - charakterystyki częstotliwościowe filtra cyfrowego

gdzie L, M - licznik, mianownik transmitancji

Pf - wektor punktów w których liczona jest odpowiedź

Fd - częstotliwość próbkowania w Hz

np. `freqz([1], [1, -0.2], 100:10:1000, 5000)`

- `dimpulse(L,M,ts)` - odpowiedź impulsowa dyskretnego układu liniowego

- `dstep(L,M,ts)` - odpowiedź skokowa dyskretnego układu liniowego

- `conv(L1,L2)` - spłot, mnożenie wielomianów

np. `conv([1, -1], [1, -1])`

- `[hn]=fir2(N,F,M,okno(N+1))` - projektowanie filtra SOI metodą okien czasowych

gdzie: hn - współczynniki filtra SOI

N - rząd filtra SOI

F, M - opis idealnej wymaganej charakterystyki częstotliwościowej (F - wektor unormowanych względem  $f_d/2$  częstotliwości, M - wartości charakterystyki amplitudowej dla częstotliwości F)

okno - rodzaj funkcji okna czasowego jak w p.3.1. np. `bartlett(N+1)`

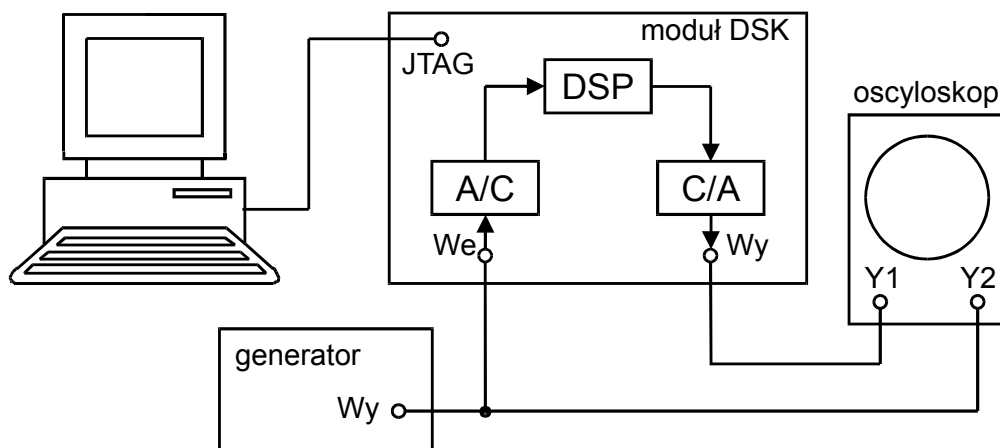
- funkcje okien wymienione w p. 3.1.

- `round(x)` - zaokrąglenie wartości liczby x do najbliższej całkowitej

- `ifft(X)` - odwrotna transformata Fouriera

- `real(z)` - część rzeczywista liczby z

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

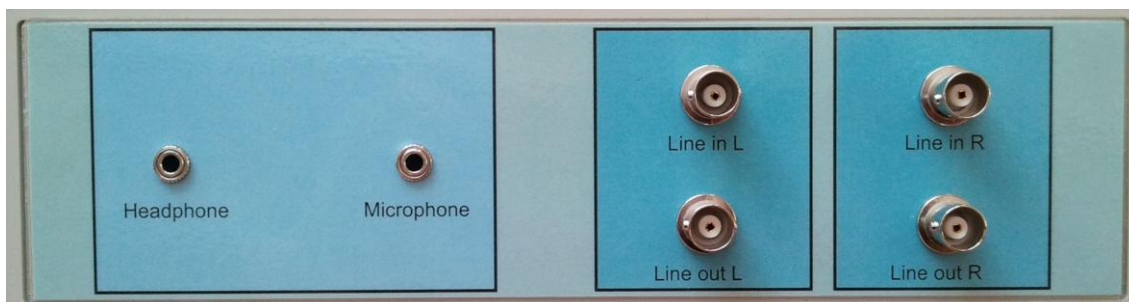


Rys. 2. Schemat połączeń stanowiska laboratoryjnego DSP

### Uwaga!

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

W ćwiczeniu należy wykorzystać kanał lewy (patrz rys. 3 : "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.plt* (środowisko uruchomieniowe: Code Composer Studio). Po połączeniu układu pomiarowego, należy wygenerować plik *dane.dat* zawierający współczynniki filtra. Można posłużyć się programem *filtr\_SOI.m* napisanym w środowisku Matlab. Program ten znajduje się w katalogu *d:\PS* 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.

Kolejnym krokiem jest uruchomienie środowiska Code Composer Studio i otwarcie projektu *PS\_lab6.plt* (znajdującego się w katalogu *d:\PS\PS\_lab6*). Projekt należy poddać kompilacji i linkowaniu oraz należy załadować do modułu DSP (czynności te realizuje polecenie *REBUILD ALL*). Jeśli nie zostały zgłoszone błędy można uruchomić program (polecenie *RUN*). Każdorazowa zmiana parametrów filtrów poprzez program *filtr\_SOI.m* wymaga powtórzenia poleceń: *REBUILD* oraz *RUN*.

Odpowiedzi czasowe filtrów należy zaobserwować na oscyloskopie, po czym można je przenieść do komputera PC za korzystając z programu *freecapture*.

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

- procedurę projektową filtrów SOI,
- odpowiedzi czasowe,
- charakterystyki amplitudowe i fazowe filtrów,
- analizę wpływu szerokości i rodzajów okien na charakterystyki filtrów,
- porównanie z filtrami NOI,
- 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