

Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Wstęp do Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów - Laboratorium

Filtry FIR
(FIR ang. Finite Impulse Response)

Wymagana wiedza i dodatkowe materiały

- Zagadnienia związane z transformacją Z (lab 3)
- Analiza częstotliwościowa układów LSI (transmitancja, odpowiedź impulsowa, charakterystyka amplitudowa i fazowa, znajomość równań różniczkowych układu)
- Znajomość metod projektowania filtrów cyfrowych typu FIR: metoda okien i metoda aproksymacji

Przydatne źródła:

- Literatura z prezentacji wstępnej
- Wstęp teoretyczny – patrz eKursy
- Materiały dotyczące metod dostępne w Internecie – UWAGA NA ŹRÓDŁA !

1. Ćwiczenie

Projektowanie Metodą Okna

1. Uruchom plik CPS_FIR_met_ok.m i odczytaj (z Workspace) wymiar macierzy b oraz rząd filtru n, zaprojektowanego metodą okna. (1pkt)

Wymiar macierzy b: 1x70

Rząd filtru: 69

✓ 1 pkt

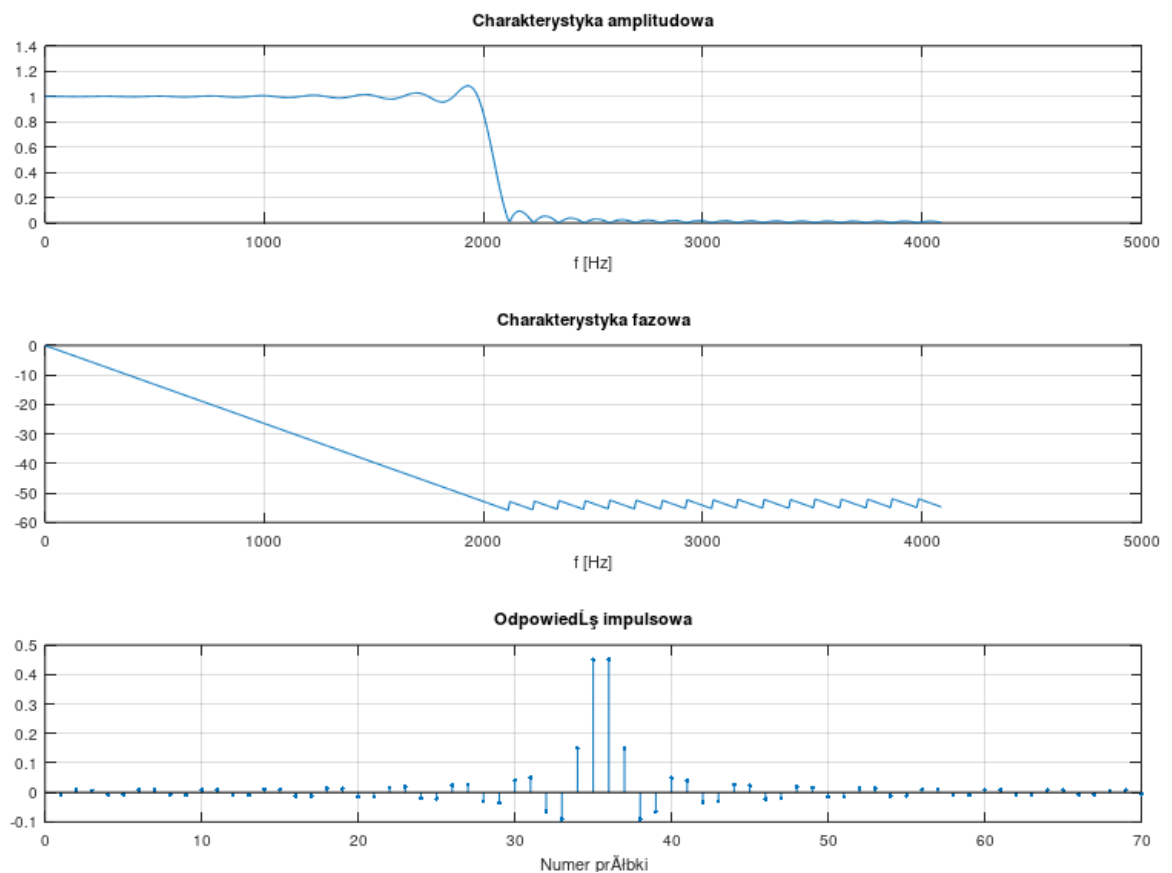
2. Przeanalizuj wykres z charakterystyką amplitudową, fazową oraz odpowiedzią impulsową (4 pkt)

Jest to filtr dolnoprzepustowy, zatem zauważamy że charakterystyka amplitudowa, opada powyżej częstotliwości granicznej przepustowej (2000 Hz) i wyższe częstotliwości są tłumione. Zafalowania narastają w paśmie przepustowym, aż osiągną maksimum, odwrotnie w paśmie zaporowym, tam zaczynają się od maksimum i stopniowo słabną.

4 pkt

Zauważamy, że charakterystyka fazowa opada liniowo w paśmie przepustowym, od 0 Hz, aż nieco powyżej granicznych 2000 Hz, w paśmie zaporowym, przypomina ona natomiast coś na kształt sygnału piłokształtnego.

Widmo odpowiedzi impulsowej, przypomina funkcję Sa, ale jest przesunięte w próbkach w prawo, ponieważ filtr musi być przyczynowy, zgodnie z nazwą filtru, jest ona skończona, wygasa po pewnej ilości próbek, dzieje się tak ze względu na zastosowanie okna, w tym przypadku Kaisera



✓

3. Sprawdź parametry zaprojektowanego filtra: (2 pkt)

- pasmo przenoszenia od 0 do 2000 Hz
- pasmo zaporowe 2100 Hz do 4096 Hz
- zafalowanie w paśmie przenoszenia, 0.1
- zafalowanie w paśmie zaporowym, 0.1
- liczbę próbek odpowiedzi impulsowej, 70

✓ 2pkt!
 ← dokładnie?

4. Sprawdź zależność rzędu filtru od zafalowań wypełniając tabele. Skomentuj wyniki, jak zmieniają się zafalowania na wykresach ? (6 pkt)

5 pkt

Zafalowania w paśmie przenoszenia (zafalowanie w paśmie zaporowy = 0.1)	Rząd filtru (n)
0.00001	525
0.0001	411
0.001	297
0.01	183
0.1	69
0.3	69
0.5	69

Zafalowania w paśmie zaporowym (zafalowania w paśmie przenoszenia = 0.01)	Rząd filtru (n)
0.0001	411
0.001	297
0.01	183
0.1	183
0.3	183
0.5	183
0.6	183

✓
Zauważamy, że ustawiając stałe zafalowania w paśmie zaporowym = 0.1, powodujemy, że minimalny rząd filtru wynosi 69. Ustawiając mniejsze zafalowania w paśmie przenoszenia, zwiększymy rząd filtru, ustawiając większe nie zmienimy nic bo jesteśmy blokowani, stałymi zafalowaniami w paśmie zaporowym. ✓

Zauważamy również, że ustawiając stałe zafalowania w paśmie przenoszenia = 0.01, ✓
powodujemy, że minimalny rząd filtru wynosi 183. Ustawiając mniejsze zafalowania w paśmie zaporowym, zwiększymy rząd filtru, ustawiając większe nie zmienimy nic bo jesteśmy blokowani, stałymi zafalowaniami w paśmie przenoszenia. ✓

A jak szybko się zmniejsza / zwiększa nad?

Projektowanie Metodą Aproksymacji

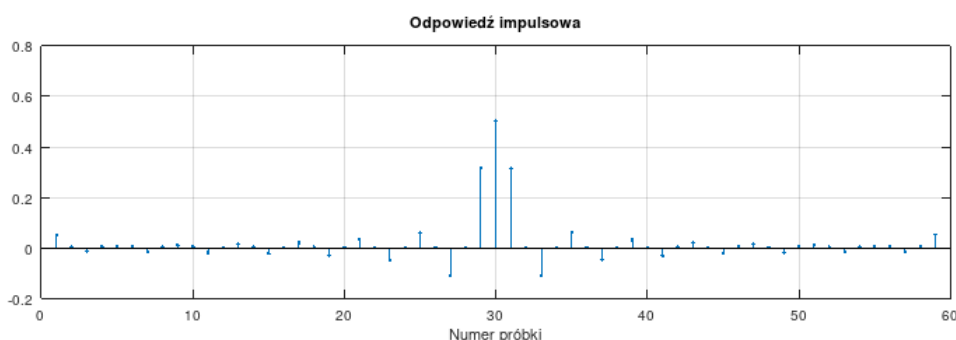
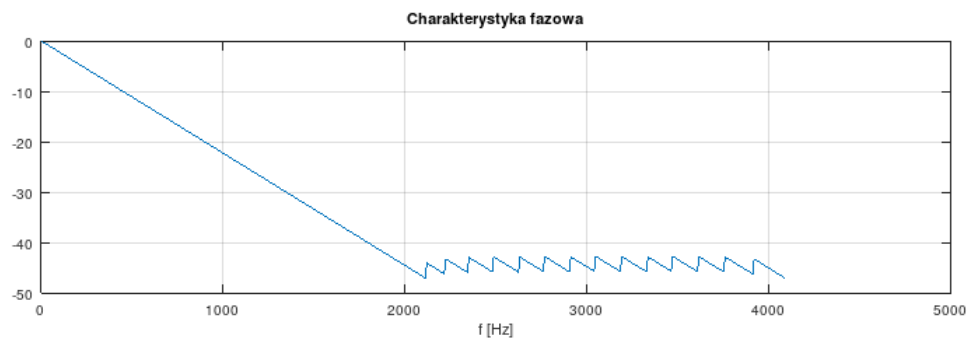
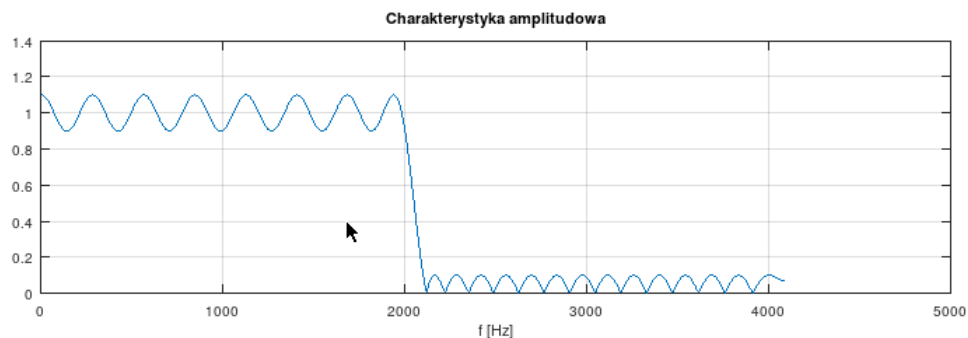
- Uruchom plik CPS_FIR_met_ap.m i odczytaj (z Workspace) wymiar macierzy b oraz rząd filtru n , zaprojektowanego metodą aproksymacji równomiernie falistej. (**1pkt**)
Wymiar macierzy: $b = 59 \times 1$
Rząd filtru: $n = 58$
- Przeanalizuj wykres z charakterystyką amplitudową, fazową oraz odpowiedzią impulsową (**4pkt**)

W charakterystyce amplitudowej zauważamy, że zafalowania są równomierne i pojawiają się od samego początku pasma przepustowego, aż do częstotliwości granicznej. Podobnie zafalowania w paśmie zaporowym, od początku do końca są równomierne.

Charakterystyka fazowa wygląda w zasadzie identycznie, jak w poprzedniej metodzie.

Odpowiedź impulsowa, wygląda nieco inaczej niż w pierwszym przypadku. Prążki są nieco inaczej ustawione.

4 pkt



7. Sprawdź parametry zaprojektowanego filtra: (2 pkt)

- pasmo przenoszenia, 0-2000 Hz
- pasmo zaporowe, 2100-4096Hz
- zafalowanie w paśmie przenoszenia, 0.1
- zafalowanie w paśmie zaporowym, 0.1
- liczbę próbek odpowiedzi impulsowej, 59 ✓

określenie portu?

8. Porównaj obie metody projektowania filtra FIR, a w szczególności zależność rzędu filtra od zafalowań dla obu metod, jeżeli tabele dla aproksymacji równomiernie falistej są następujące (3pkt)

Zafalowania w paśmie przenoszenia (zafalowanie w paśmie zaporowy = 0.1)	Rząd filtra (n)
0.00001	261
0.0001	212
0.001	162
0.01	111
0.1	58
0.3	33
0.5	21

Zafalowania w paśmie zaporowym (zafalowania w paśmie przenoszenia = 0.01)	Rząd filtra (n)
0.0001	257
0.001	209
0.01	160
0.1	111
0.3	87
0.5	77
0.6	73

Zafalowania w paśmie zaporowym

A/B – ile razy większy filtr w

A - metoda okien	B - metoda aproksymacji	metodzie okien
525	261	2.01149425287356
411	212	1.93867924528302
297	162	1.83333333333333
183	111	1.64864864864865
69	58	1.18965517241379
69	33	2.09090909090909
69	21	3.28571428571429
	Suma:	13.9984340291757
	Ilość:	7
	Średnia:	1.99977628988225



Zafalowania w paśmie przepustowym

A/B – ile razy

A - metoda okien	B - metoda aproksymacji	większy filtr w metodzie okien
411	257	1.59922178988327
297	209	1.42105263157895
183	160	1.14375
183	111	1.64864864864865
183	87	2.10344827586207
183	77	2.37662337662338
183	73	2.50684931506849
	Suma:	12.7995940376648
	Ilość:	7
	Średnia:	1.82851343395211



Zauważamy, że otrzymujemy średnio 2 razy niższy rząd filtru korzystając z metody aproksymacji, metoda ta nie ogranicza nas także, ze względu na stałe wartości zafalowań w paśmie przenoszenia lub zaporowym, odpowiednio manipulując wartościami zmiennymi, możemy uzyskać niższy rząd filtru niż w przypadku metody okien.



3_{pk}

Wnioski – porównanie metod i cechy charakterystyczne (4 pkt)

- Zauważamy, że w metodzie okien, zafalowania pojawiają się dopiero, gdy zbliżamy się do częstotliwości granicznej, narastają one w paśmie przepustowym zwiększając swoją amplitudę, tymczasem dla metody aproksymacji zauważamy, że zafalowania występują na całym paśmie przepustowym i są one stałe od samego początku do końca. ✓
 - Zafalowania w paśmie zaporowym odpowiednio dla metody okien, zmniejszają się w paśmie zaporowym, aż do całkowitego wygaśnięcia, a dla metody aproksymacji również są stałe. ✓
 - Zauważamy, że metoda aproksymacji zwraca w obu przypadkach mniejsze rzędy filtrów, dla każdej wartości zafalowania, zarówno jeżeli jako stałe ustawimy te w paśmie zaporowym i zmieniać będziemy te w paśmie przepustowym jak i na odwrót. ✓
 - Filtry tego typu, wszystkie bieguny mają w punkcie (0,0) zespolonego układu współrzędnych, zatem będą one zawsze stabilne. ✓
- + to co w zadaniach

4 pkt za wnioski tutaj i w spr.

26/27

96/100

2. Wzór sprawozdania

Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów – laboratorium		
Temat: Filtry FIR (FIR ang. Finite Impulse Response)		
Imię i nazwisko: Marcel Garczyk		
Data ćwiczenia: 28.04.22r.	Data oddania sprawozdania: 28.04.22r.	Ocena:

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Wykresy otrzymanych przebiegów,
- Odpowiedzi na pytania,
- Tabele,
- Wnioski.

CPS_FIR_met_ok.m

% Metoda okien FIR

```
clear; clc;
Fs=8192;
[n,Wn,beta,ftype]=kaiserord([2000 2100],[1 0],[0.1 0.1],Fs);
b=fir1(n,Wn,ftype,kaiser(n+1,beta),'noscale');

[H,f]=freqz(b,1,512,Fs);

subplot(3,1,1); plot(f,abs(H)); grid; title('Charakterystyka amplitudowa');
xlabel('f [Hz]');

subplot(3,1,2); plot(f,unwrap(angle(H))); grid; title('Charakterystyka fazowa');
xlabel('f [Hz]');

subplot(3,1,3); stem(impz(b),'.'); grid; title('Odpowiedź impulsowa');
xlabel('Numer próbek');
```

```
%
%1. Odczytaj (z Matlab-Workspace) wymiar macierzy b oraz rząd filtru n

%2. Sprawdź parametry zaprojektowanego filtru:
%pasmo przenoszenia, pasmo zaporowe,
%zafalowanie w paśmie przenoszenia, zafalowanie w paśmie zaporowym,
%liczbę próbek odpowiedzi impulsowej.

%3. Sprawdź zależność rzędu filtru od zafalowań wypełniając tabelę

% 3.1. Zafalowania w paśmie przenoszenia                                Rząd filtru (n)
```

```

%      (zafalowanie w paśmie zaporowy = 0.1)
%
%      0.00001
%      0.0001
%      0.001
%      0.01      183
%      0.1
%      0.3
%      0.5
%
%
% 3.2. Zafalowania w paśmie zaporowym      Rząd filtru (n)
%      (zafalowania w paśmie przenoszenia = 0.01)
%
%      0.0001
%      0.001
%      0.01
%      0.1      183
%      0.3
%      0.5
%      0.6
%
%
```

CPS_FIR_met_ap.m

```

% Metoda aproksymacji równomiernie falistej  FIR

%clear; clc;
Fs=8192;
%[n,f0,m0,w]=firpmord([2000 2100],[1 0],[0.1 0.1],Fs); %dla osób
korzystających z Matlab'a
%w Octavie funkcja teoretycznie istnieje w pakiecie signal, ale jest
niezaimplementowana
%firpmord([2000 2100],[1 0],[0.01 0.1],Fs)
n=58; f0=[0;0.488281250000000;0.512695312500000;1]; m0=[1;1;0;0]; w=[1;1];
b=remez(n,f0,m0,w); %alternatywnie firpm dla Matlab'a

[H,f]=freqz(b,1,512,Fs);

subplot(3,1,1); plot(f,abs(H)); grid; title('Charakterystyka amplitudowa');
xlabel('f [Hz]');

subplot(3,1,2); plot(f,unwrap(angle(H))); grid; title('Charakterystyka
fazowa');
xlabel('f [Hz]');

subplot(3,1,3); stem(impz(b),'.'); grid; title('Odpowiedź impulsowa');
xlabel('Numer próbki');

% fvtool(b,1);

%
%1. Odczytaj (z Matlab-Workspace) wymiar macierzy b oraz rząd filtru n
```

%2. Sprawdź parametry zaprojektowanego filtra:
%pasmo przenoszenia, pasmo zaporowe,
%zafalowanie w paśmie przenoszenia, zafalowanie w paśmie zaporowym,
%liczbę próbek odpowiedzi impulsowej