

Projektowanie filtrów FIR

1 Cel ćwiczenia

1. wyznaczenie odpowiedzi impulsowych idealnych filtrów dolno- i górnoprzepustowych,
2. projektowanie filtrów dolno- i górnoprzepustowych metodą okien.

2 Wprowadzenie

Projektowanie filtrów FIR metodą okien składa się z następujących etapów:

1. wybór rodzaju filtra: dolno- (LP) lub górnoprzepustowy (HP), rodzaju okna $w[n]$ oraz znormalizowanej częstotliwości odcięcia $\bar{f}_c = \frac{f_c}{f_s}$, gdzie f_s [Hz] to częstotliwość próbkowania sygnału, natomiast f_c [Hz] to częstotliwość odcięcia (patrz Rysunek 1).
2. analityczne wyznaczenie odpowiedzi impulsowej $h[n]$ idealnego filtra,
3. wymnożenie odpowiedzi impulsowej $h[n]$ przez wybrane okno $w[n]$ o nośniku zwartym ($2M+1$ próbek):

$$h_w[n] = h[n]w[n]$$

4. przesunięcie odpowiedzi impulsowej $h_w[n]$ o M próbek:

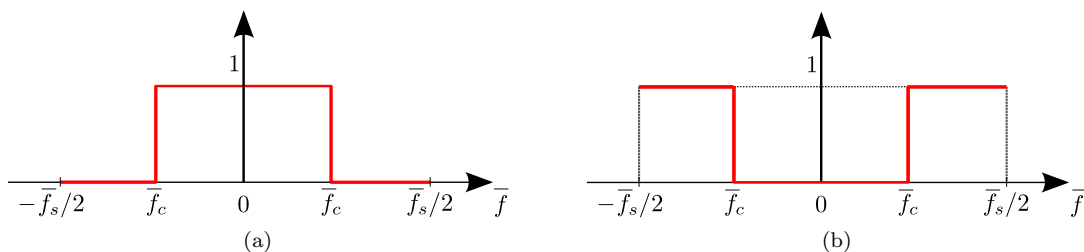
$$\tilde{h}_w[n] = h_w[n - M]$$

Przykładowe **okna parametryczne** wykorzystywane podczas projektowania filtrów FIR metodą okien:

- okno prostokątne: $w[n] = 1 \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$
- okno Bartletta: $w[n] = 1 - \frac{2|n - \frac{N-1}{2}|}{N-1} \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$
- okno Hamminga: $w[n] = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$
- okno Blackmana: $w[n] = 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right) \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$

3 Ćwiczenie rachunkowe

1. Wyznacz odpowiedzi impulsowe dla idealnych filtrów dolno- i górnoprzepustowych.

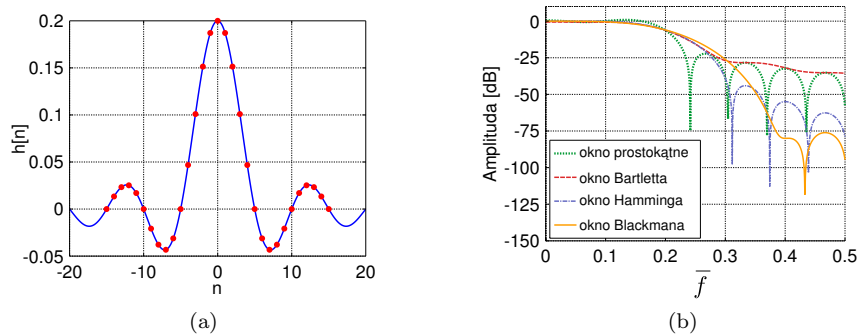


Rysunek 1: (a) Idealna charakterystyka filtra dolnoprzepustowego oraz (b) filtra górnoprzepustowego

4 Ćwiczenie komputerowe

1. Zdefiniuj parametry filtra¹: znormalizowaną częstotliwość odcięcia \bar{f}_c ($0 < \bar{f}_c < \frac{\bar{f}_s}{2}$) dla $f_s = 100 \text{ Hz}$ i $f_c = 30 \text{ Hz}$ oraz nieparzystą liczbę współczynników filtra $N = 2M + 1$.
2. Wyświetl odpowiedź impulsową dla idealnego filtra dolnoprzepustowego. W tym celu wygeneruj wektor czasu poleceniem `linspace` dla przedziału $[-20; 20]$. Do imitacji ciągłego czasu wygeneruj wektor o odpowiednio dużej liczbie próbek (np. 10000).
3. Dokonaj próbkowania odpowiedzi impulsowej dla wektora od $-M$ do M (patrz Rysunek 2a). Uwzględnij szczególny przypadek dla $M = 0$. **Podpowiedź:** spróbuj odpowiedź impulsową dla $-M$ do -1 , $M = 0$, oraz 1 do M . Całość połącz w jeden wektor i wyświetl na wspólnym wykresie z punktem (2).
4. Wygeneruj przedstawione we wprowadzeniu okna o długości N i porównaj na wspólnym wykresie (polecenie `subplot`).
5. Przemnóż odpowiedź impulsową z punktu (3) przez każde z okien parametrycznych, a następnie wyznacz odpowiedzi częstotliwościowe dla każdego filtra (polecenie `freqz`).
Podpowiedź: transmitancja filtra zawiera tylko licznik.
6. Wyświetl na wykresach charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe i amplitudowo-fazowe kolejnych filtrów. Co możesz powiedzieć o fazie filtrów? Jakie konsekwencje ma taki charakter fazy?
7. Przedstaw odpowiedzi częstotliwościowe zaprojektowanych filtrów na jednym wspólnym wykresie (patrz Rysunek 2b). Który z filtrów zaprojektowanych przez Ciebie ma najlepszą charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową?
8. Opracuj funkcję `myfilterdesign(typ_filtra, fs, fc, M, typ_okna)`, która jako parametry będzie przyjmować typ filtra (1 – dolnoprzepustowy lub 2 – górnoprzepustowy), częstotliwość próbkowania sygnału, częstotliwość odcięcia filtra, liczbę próbek M oraz typ okna. Funkcja `myfilterdesign` powinna zwracać jedynie wektor współczynników filtra h_w .

Podpowiedź: w funkcji `myfilterdesign` nie powinny znajdować się żadne elementy odpowiedzialne za wyświetlanie sygnałów. Wyodrębnij części wspólne funkcji oraz fragmenty w których projektowanie filtrów dolno- i górnoprzepustowych różni się (odpowiedź impulsowe oraz dobór okna).



Rysunek 2: (a) Odpowiedź impulsowa idealnego filtra dolnoprzepustowego oraz (b) charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe dla dolnoprzepustowych filtrów FIR w zależności od wybranego okna

¹Podczas laboratorium przedstawiony zostanie filtr o symetrycznej odpowiedzi impulsowej i nieparzystej liczbie współczynników.