

# PROCESORY SYGNAŁOWE

## LABOLATORIUM #4-5 Filtracja FIR

Mateusz Kłosiński

July 6, 2025

### 1 Splot

Przetwarzanie sygnałów to analiza i modyfikacja sygnałów (np. dźwięku), przekształcanych cyfrowo na sekwencje liczb do obróbki na mikrokontrolerach, jak STM32. Klucowym pojęciem jest splot, który modeluje wpływ filtru na sygnał. Matematycznie, splot sygnału wejściowego  $x[n]$  i odpowiedzi impulsowej filtru  $h[n]$  to:

$$y[n] = (x * h)[n] = \sum_k x[k] \cdot h[n - k] \quad (1)$$

Splot "przesuwa" filtr wzdłuż sygnału, mnożąc i sumując próbki, tworząc zmodyfikowany sygnał wyjściowy  $y[n]$ . Używany w filtracji (np. usuwanie szumów).

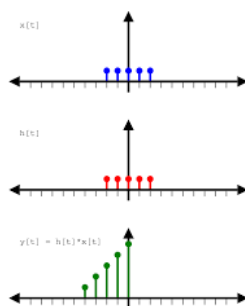


Figure 1: splot

## 2 Filtr FIR (Finite Impulse Response)

Filtry FIR (Finite Impulse Response) charakteryzują się skończoną odpowiedzią impulsową i są projektowane jako liniowe, niezespólone układy. Ich zaletą jest stabilność oraz liniowa faza, co zapewnia brak zniekształceń fazowych. Przykładowy dyskretny wzór dla filtru FIR:

$$y[n] = \sum_{k=0}^{M-1} h[k]x[n-k] \quad (2)$$

gdzie  $h[k]$  to współczynniki filtru (odpowiedź impulsowa),  $M$  to liczba współczynników (długość filtru), a  $x[n-k]$  to opóźnione próbki sygnału wejściowego. Współczynniki  $h[k]$  są często projektowane za pomocą technik opartych na oknach, które kształtują charakterystykę filtru.

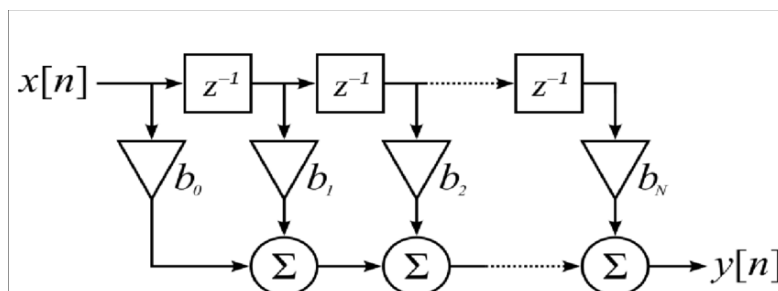


Figure 2: FIR

### 2.1 Charakterystyka i projektowanie z oknami

Filtry FIR są projektowane poprzez określenie idealnej odpowiedzi impulsowej, a następnie jej przycięcie i wygładzenie za pomocą okna. Technika ta pozwala kontrolować kompromis między szerokością pasma przejściowego a poziomem bocznych płatów w odpowiedzi częstotliwościowej. Biblioteki takie jak CMSIS-DSP na STM32 ułatwiają implementację tych filtrów.

### 2.2 Rodzaje okien w filtrach FIR

Różne typy okien wpływają na właściwości filtru. Poniżej przedstawiono najpopularniejsze rodzaje:

- **Okno prostokątne (Rectangular):** Najprostsze okno, przycinające odpowiedź impulsową bez wygładzania. Zapewnia wąskie pasmo przejściowe, ale generuje wysokie boczne płaty (około -13 dB), co zwiększa zniekształcenia.

- **Okno Hamminga:** Wygładza krawędzie, redukując boczne płaty do około -43 dB, ale poszerza pasmo przejściowe. Często stosowane w aplikacjach audio.
- **Okno Hanninga:** Podobne do Hamminga, z nieco lepszym tłumieniem bocznych płatów (-44 dB), oferując kompromis między pasmem a zniekształceniami.
- **Okno Blackmana:** Zapewnia silne tłumienie bocznych płatów (około -58 dB), ale znacząco poszerza pasmo przejściowe, idealne do precyzyjnych aplikacji.
- **Okno Kaiser:** Parametryczne okno, gdzie parametr  $\beta$  pozwala dostosować kompromis między pasmem przejściowym a tłumieniem bocznych płatów, oferując dużą elastyczność.

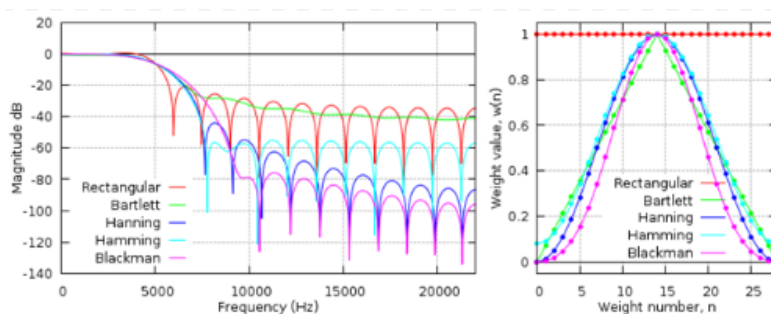


Figure 3: Okna do filtracji

Wybór okna zależy od wymagań aplikacji, np. tłumienia szumów czy szerokości pasma.

---

## 2.3 Schemat Postepowania

---

**Algorithm 1** Proste projektowanie filtru FIR na STM32

---

- 1: **Input:**  $f_c = 10\text{ kHz}$ ,  $f_s = 48\text{ kHz}$ ,  $M = \text{dlugosc}$
  - 2: {Generowanie współczynników w MATLAB-ie}
  - 3: Wygeneruj współczynniki np w Matlabie dla twojego filtru
  - 4: {Ustawienie filtru na STM32}
  - 5: Utwórz tablice  $q15\_th[M]$  z współczynnikami z matlaba (pamiętaj o formacie q15)
  - 6: Użyj  $arm\_fir\_init\_q15$  do inicjalizacji filtru
  - 7: {Filtracja}
  - 8: Pobierz dane do  $input$
  - 9: Użyj  $arm\_fir\_q15$  do filtracji
  - 10: Wyślij  $output$  do tablicy/kodeka
  - 11: **repeat** dla nowych danych
  - 12: **return** Przetworzony sygnał
-



---

### 3 DO ZAPAMIETANIA

- Zasada działania filtru FIR (wzor)
- Czym jest Splot (wzor)
- Jak projektuje sie filtr FIR

### 4 Zadania Labolatoryjne

1. Napisz własna implementacje filtru FIR, i porownaj jej czas dzialania z gotowa implementacja CMSIS DSP
2. Przetestuj na sygnale wysylanym komputera na wejscie plytki jak dziala filtracja CMSIS oraz twoja implementacja FIR (np sine generator) od-komentuj define REC\_IN
3. Wyświetla na oscyloskopie sygnal wyjsciowy i uzywajac opcji mtem-atycznej FFT zobacz widmo sygnalu
4. Sporzadz z zajec raport

### 5 Przydatnie Linki

Filtracja FIR

<https://www.youtube.com/watch?v=lDskXTR6psYlist=PLXSyc11qLa1ZCn0JCnaaXOWN6Z46>

<https://www.youtube.com/watch?v=uNNNj9AZisM>