

# Technika audio – część 2

Wykład 10


Technologie na urządzenia mobilne

Mgr inż. Łukasz Kirchner

Lukasz.kirchner@cs.put.poznan.pl

<http://www.cs.put.poznan.pl/~lkirchner>

# Plan wykładu

- ▶ Wprowadzenie do filtracji
  - ▶ Filtry analogowe
  - ▶ Filtry cyfrowe
    - Filtry FIR
    - Filtry IIR
  - ▶ Dyskretna Transformata Fouriera
  - ▶ Szybka Transformata Fouriera
- 

# Bibliografia

- ▶ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Filtr\\_o\\_skończonej\\_odpowiedzi\\_impulsowej](http://pl.wikipedia.org/wiki/Filtr_o_sko%C5%9Czonej_odpowiedzi_impulsowej)
- ▶ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Filtr\\_o\\_nieskończonej\\_odpowiedzi\\_impulsowej](http://pl.wikipedia.org/wiki/Filtr_o_niesko%C5%9Czonej_odpowiedzi_impulsowej)
- ▶ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Szybka\\_transformacja\\_Fouriera](http://pl.wikipedia.org/wiki/Szybka_transformacja_Fouriera)
- ▶ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Dyskretna\\_transformacja\\_Fouriera](http://pl.wikipedia.org/wiki/Dyskretna_transformacja_Fouriera)

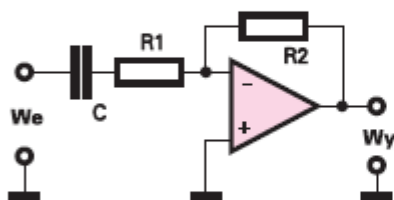
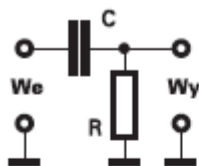
# Wprowadzenie do filtracji analogowej

## ▶ Parametry filtrów:

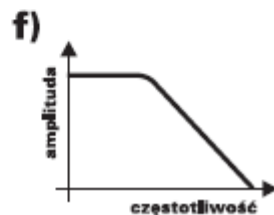
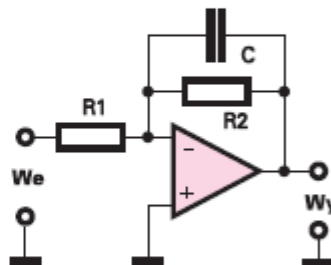
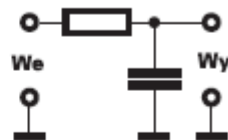
- Rodzaj charakterystyki
- Nachylenia zbocza charakterystyki filtru a rząd filtru
- Pasma przepustowe
- Częstotliwość graniczna

# Rodzaj charakterystyki

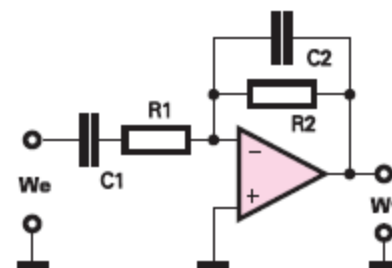
Górnoprzepustowy



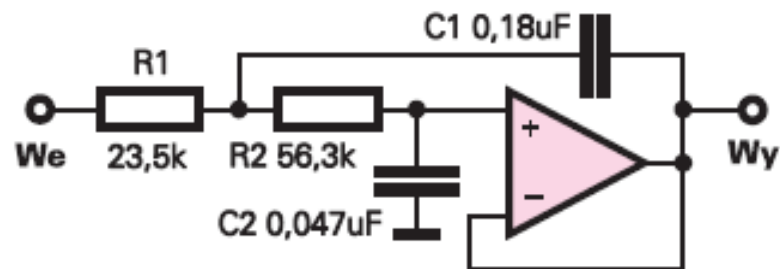
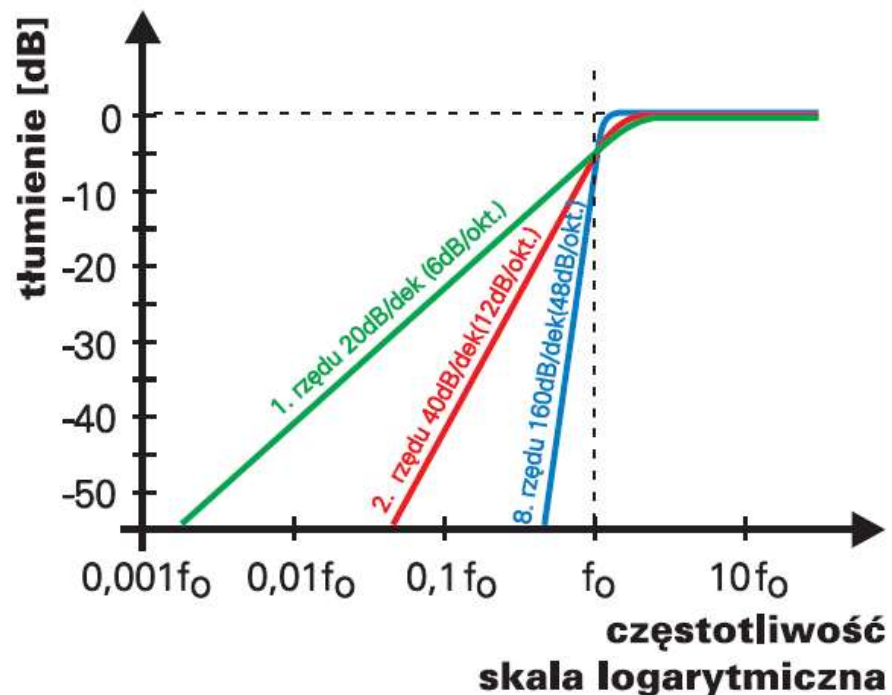
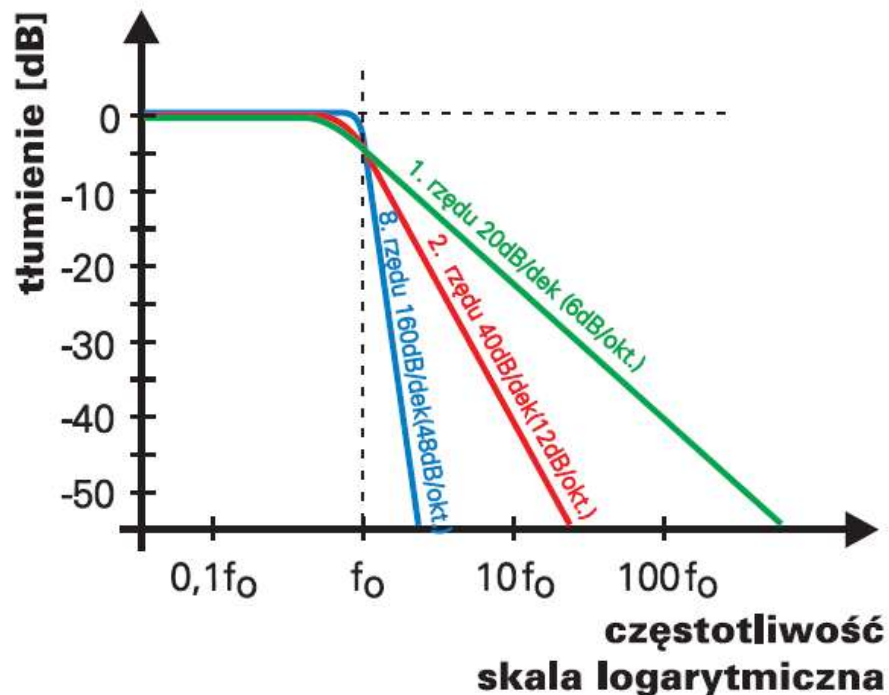
Dolnoprzepustowy



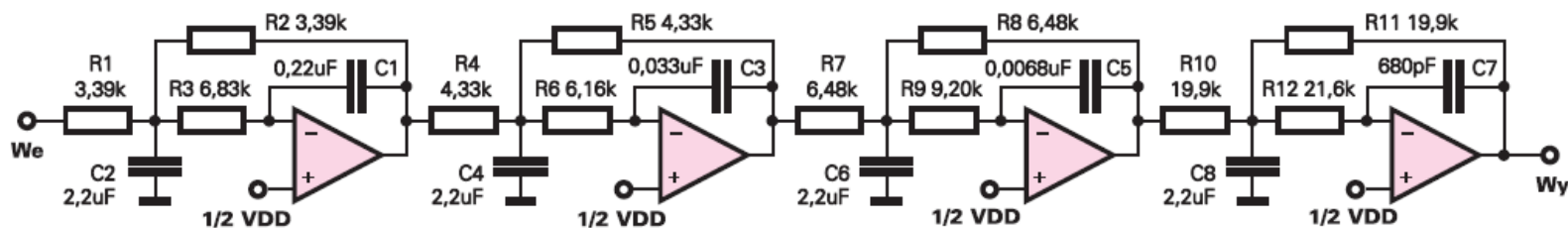
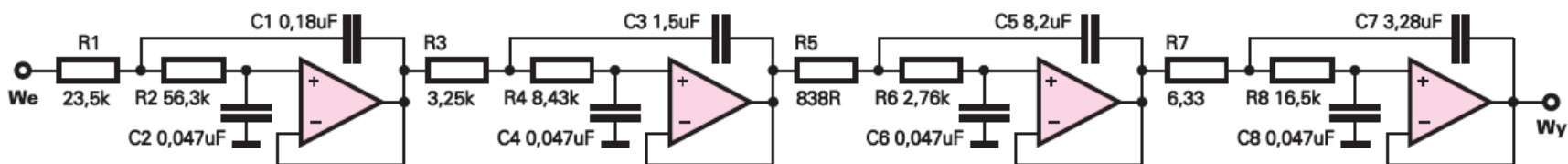
Pasmowo przepustowy



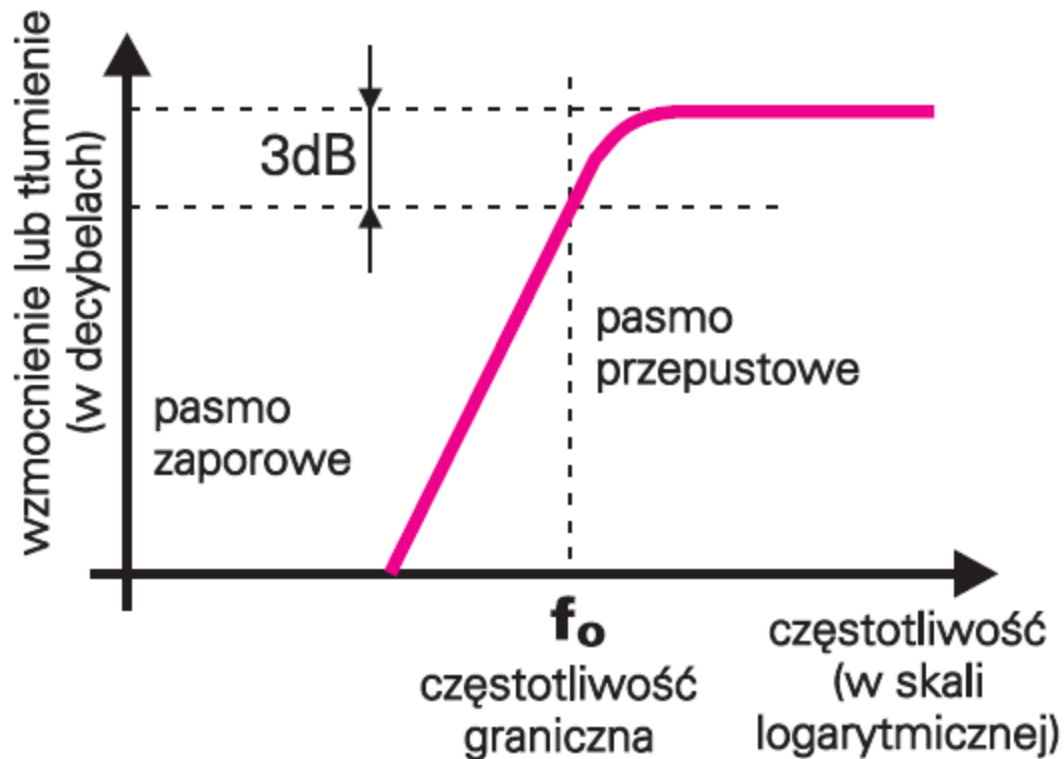
# Nachylenie zbocza charakterystyki a rząd filtru



# Filtry wyższego rzędu

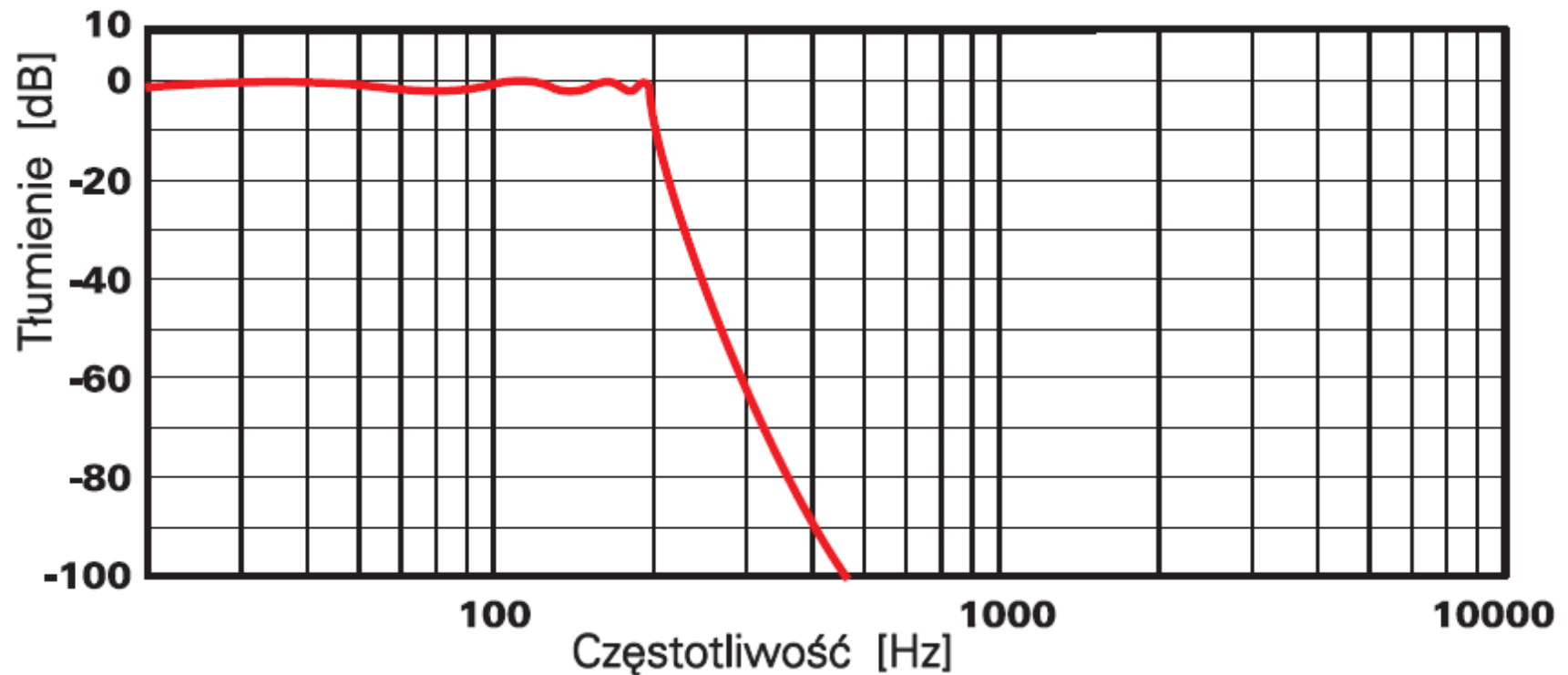


# Pasmo przepustowe i częstotliwość graniczna





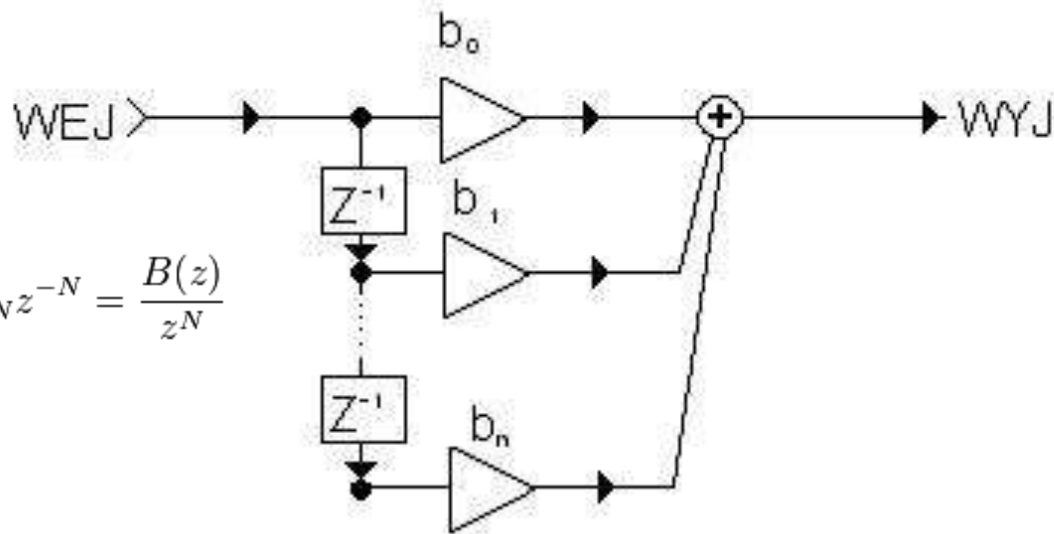
# Przykładowa charakterystyka



# Filtry FIR 1 / 2

- ▶ Filtry o skończonej odpowiedzi impulsowej
- ▶ Reakcja na wyjściu tego układu na pobudzenie o skończonej długości jest również skończona, aby spełnić ten warunek w filtrach tego typu nie występuje sprzężenie zwrotne

$$H(z) = b_0 + b_1z^{-1} + \dots + b_Nz^{-N} = \frac{B(z)}{z^N}$$



# Filtry FIR 2/2

## ► Zalety:

- Implementacja filtrów FIR może być łatwo zrównoleglona, a niektóre procesory wręcz wspomagają operacje sumy iloczynów pozwalając obliczać wynik filtracji w znikomej liczbie cykli zegara
- Projektowanie filtrów FIR jest znacznie łatwiejsze niż filtrów IIR
- Filtry FIR są zawsze stabilne, gdyż w ich funkcji transmitancji występują tylko zera, a nie ma rekursywności mogącej spowodować niestabilność
- W wielu zastosowaniach (przetwarzanie bieżącego sygnału w blokach, przetwarzanie obrazów) skończona odpowiedź impulsowa jest bardzo pożądana
- Łatwo jest uzyskać w tego typu filtrach liniową fazę, filtry z liniową fazą opóźniają wszystkie składowe sygnału w jednakowym stopniu.

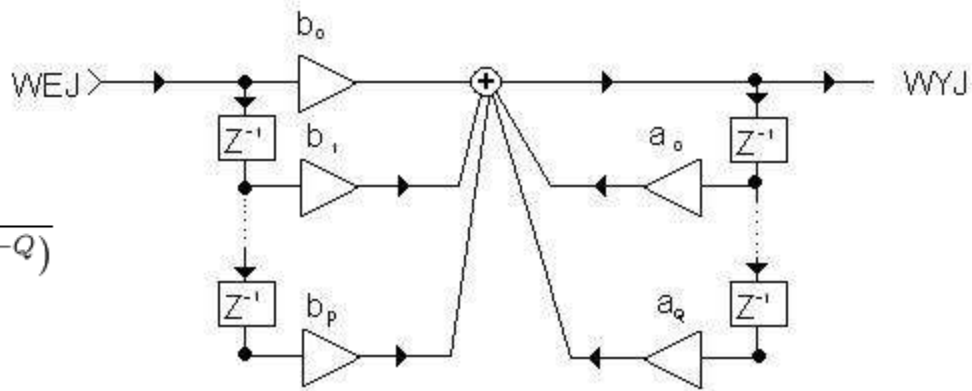
## ► Wady:

- Większa złożoność obliczeniowa
- Większe zapotrzebowania na pamięć operacyjną

# Filtry IIR 1 / 2

- ▶ Filtry o nieskończonej odpowiedzi impulsowej
- ▶ Reakcja na pobudzenie o skończonym czasie trwania jest teoretycznie nieskończenie długa. Jest to efektem występowania pętli sprzężenia zwrotnego widocznej na schemacie blokowym

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_P z^{-P}}{1 - (a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_Q z^{-Q})}$$



# Filtry IIR 2 / 2

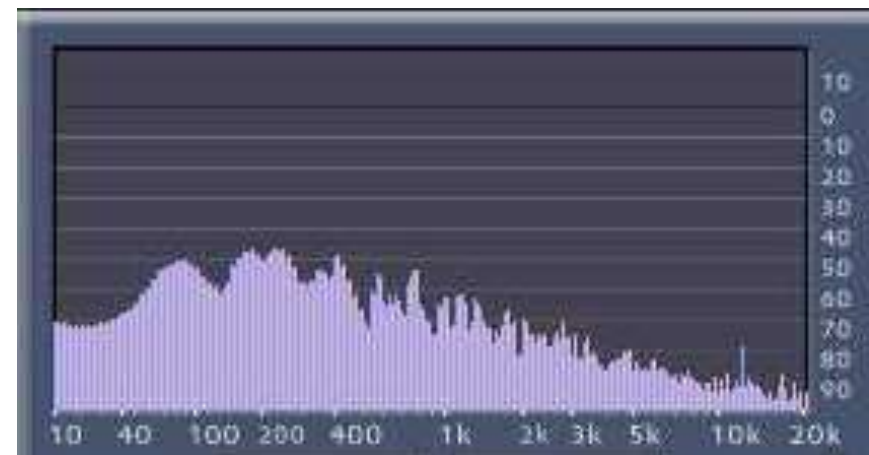
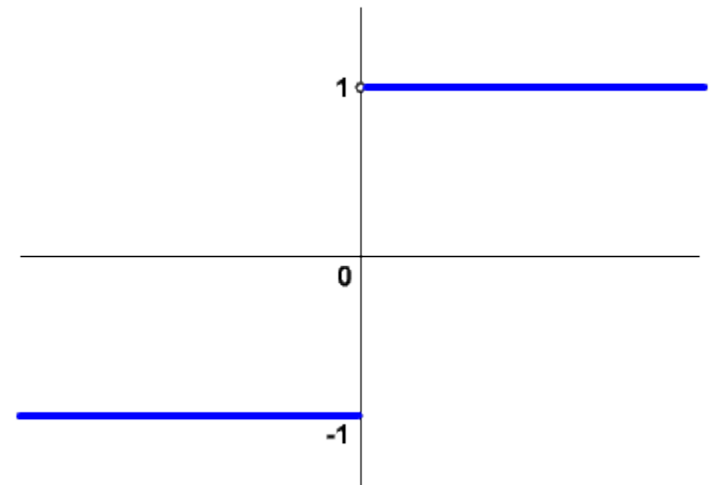
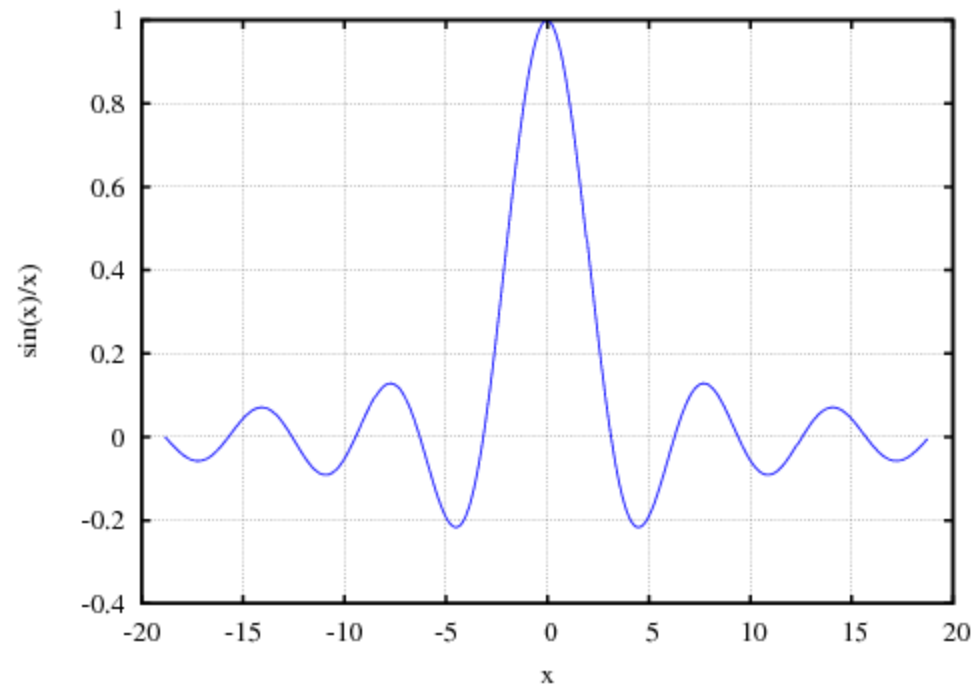
## ▶ Zalety:

- Niska złożoność obliczeniowa
- Niewielkie zapotrzebowanie na pamięć operacyjną.

## ▶ Wady:

- Rekursywność filtru wprowadza potencjalne zagrożenie utraty stabilności (odpowieź filtru w sposób niekontrolowany narasta do nieskończoności);
- Projektowanie filtrów IIR jest znacznie trudniejsze niż w przypadku filtrów FIR (nie tylko ze względu na dodatkowy warunek zapewnienia stabilności)
- Filtry IIR są znacznie bardziej wrażliwe na błędy zaokrągleń: zaokrąglenia wartości współczynników mogą znacząco zmienić charakterystykę, zaokrąglenia wartości sygnału i wyników pośrednich wprowadzają szum, który może się akumulować
- Nie da się ich zaimplementować jako filtrów o liniowej fazie, czyli takich, które wprowadzają takie samo opóźnienie dla wszystkich składowych częstotliwościowych przepuszczanego sygnału.

# Wprowadzenie do analizy widma



# Dyskretna Transformata Fouriera

- ▶ Dyskretna transformata Fouriera – to transformata Fouriera wyznaczona dla sygnału próbkowanego a więc dyskretnego.

$$\hat{f}(\xi) := \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x \xi} dx,$$

$$(a_0, a_1, a_2, \dots, a_{N-1}), a_i \in \mathbb{R} \quad (A_0, A_1, A_2, \dots, A_{N-1}), A_i \in \mathbb{C}$$

$$A_k = \sum_{n=0}^{N-1} a_n w_N^{-kn}, \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad w_N = e^{i \frac{2\pi}{N}}$$

$$a_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} A_k w_N^{kn}, \quad 0 \leq n \leq N-1$$

# Szybka Transformata Fouriera

- ▶ Szybka transformacja Fouriera (ang. FFT od Fast Fourier Transformation) to algorytm liczenia dyskretnej transformaty Fouriera oraz transformaty do niej odwrotnej.

$$w_N = e^{i \frac{2\pi}{N}}$$
$$A_k = \sum_{n=0}^{N-1} a_n w_N^{-kn}, \quad 0 \leq k \leq N-1$$

- ▶ Obliczanie sum zajmie  $O(N \cdot N)$  operacji
- ▶ Algorytm rekurencyjnie dzieli transformatę o wielkości  $N = N_1 N_2$  na transformaty  $N_1$  i  $N_2$  z wykorzystaniem  $O(N)$  operacji mnożenia
- ▶ Złożoność obliczeniowa FFT jest równa  $O(N \log_2 N)$