



Instrukcja

Analiza Sygnału  
w Dziedzinie  
Czasu i Częstości  
dr Teodor Buchner

POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
WYDZIAŁ FIZYKI  
PRACOWNIA FIZYKI UKŁADU KRAŻENIA CZŁOWIEKA  
[efizyka.if.pw.edu.pl/twiki/bin/view/ACC/](http://efizyka.if.pw.edu.pl/twiki/bin/view/ACC/)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



PRZYGOTOWANIE I REALIZACJA SPECJALNOŚCI WSPÓLFINANSOWANE ZE ŚRODKÓW UNII EUROPEJSKIEJ W RAMACH EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO

## Ćwiczenie 4 Filtry

### Wprowadzenie

Filtry częstotliwości to układy modyfikujące widmo częstotliwościowe przechodzących przez nie sygnałów, tzn. usuwające z sygnału pewne składowe. W dziedzinie czasu operacja filtracji odpowiada splotowi sygnału z funkcją odpowiedzi impulsowej, zaś w dziedzinie częstości przemnożeniu każdej składowej przez pewną liczbę zespoloną. Przykłady filtracji w analizie sygnału EKG:

- Usunięcie zakłóceń sieci elektrycznej z sygnału EKG (50 Hz w Polsce, 60 Hz w USA).
- Usunięcie szumu wysokoczęstotliwościowego z sygnału EKG, spowodowanego drganiem mięśniowym.
- Usunięcie niskoczęstotliwościowej linii bazowej z sygnału EKG, spowodowanej ruchami oddechowymi oraz ruchem ciała. Tętno człowieka może spaść do 40 BPM, czyli 0.67 Hz, dlatego można przyjąć częstotliwość odcięcia 0.5 Hz.

Pod względem sposobu przetwarzania sygnału filtry cyfrowe można podzielić na:

- Filtr o skończonej odpowiedzi impulsowej - FIR (inaczej średnia ruchoma)
- Filtr o nieskończonej odpowiedzi impulsowej - IIR (inaczej filtr autoregresyjny): filtr Butterwortha, filtr Czebyszewa typu I, filtr Czebyszewa typu II, filtr eliptyczny.
- Filtr o nieskończonej odpowiedzi impulsowej - ARMA (inaczej autoregresyjna średnia ruchoma)

#### Charakterystyka filtrów

Każdy filtr jest charakteryzowany poprzez transmitancję (funkcję przenoszenia), która dla filtra FIR wynosi:

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M}$$

Funkcja przenoszenia filtra IIR:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}}$$

gdzie  $a$  i  $b$  to współczynniki filtra.

Mnożenie składowych sygnału przez liczbę zespoloną skutkuje zmianą fazy, co powoduje pojawienie się danej częstości na wyjściu filtra z pewnym opóźnieniem (opóźnieniem fazowym). Filtry FIR mają liniową charakterystykę fazy w paśmie przenoszenia, dzięki czemu opóźnienie grupowe jest stałe. Dla filtrów IIR zależność jest nieliniowa.

# Wykonanie ćwiczenia

Środowisko sugerowane: *Matlab, Python*.

Przygotuj skrypty dla poniższych zadań:

- Wygeneruj zaszumiony sygnał, np:

```
N=2000; A=5; f=5; fs=1000;
dt=1/fs; % okres próbkowania
t=dt*(0:N-1); % wektor chwil próbkowania
x=A*sin(2*pi*f*t) + A*randn(1, N); % zaszumiony sygnał
plot(t,x); grid; title("Sygnał x(t)"); xlabel("Czas [s]");
```

Przefiltruj sygnał filtrami FIR i IIR górno-, dolno- i pasmowoprzepustowymi. Przedstaw sygnały i ich widma przed i po filtracji oraz wyznacz SNR (Signal-to-Noise ratio).

- Wygeneruj złożenie dwóch sinusów, np:

```
N=2000; A=5; f1=5; f2=50; fs=1000;
dt=1/fs; % okres próbkowania
t=dt*(0:N-1); % wektor chwil próbkowania
y=A*sin(2*pi*f1*t) + 2*sin(10*pi*f2*t); % sygnał
plot(t,y); grid; title("Sygnał x(t)"); xlabel("Czas [s]");
```

Przefiltruj sygnał tak, aby otrzymać po każdej filtracji po jednym sinusie. Przedstaw sygnały i ich widma przed i po filtracji.

- Wczytaj sygnał z pliku *ecg.mat*. Dobierz rodzaj filtracji tak, aby uzyskać jak najlepszy sygnał, tzn. pozbądź się falowania linii bazowej oraz zakłóceń sieci elektrycznej. Swój wybór uzasadnij. Częstotliwość próbkowania sygnału wynosi 500Hz.

Wszystkie otrzymane wyniki skomentować.