

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Filtry elektryczne to obwody elektryczne wydzielające z doprowadzonego sygnału przebiegi, których częstotliwości leżą w określonym paśmie. Filtr przenosi tylko te składowe sygnału wejściowego, które mieszczą się w paśmie jego przenoszenia, pozostałe składowe tłumi.



Zasada działania filtra

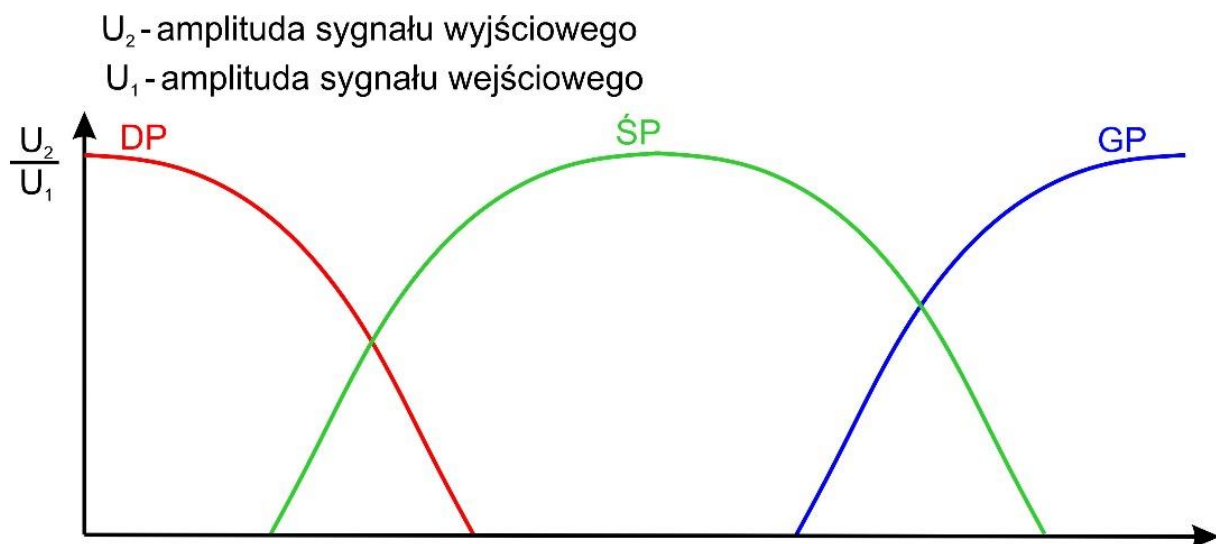
Filtry można podzielić na cztery główne grupy:

- dolnoprzepustowe,
- górnoprzepustowe,
- środkowoprzepustowe (pasmowoprzepustowe),
- środkowozaporowe (pasmowozaporowe).

Ze względu na przetwarzanie sygnałów filtry dzielimy na cyfrowe i analogowe. Filtry cyfrowe wykonuje się jako układy scalone i mają najlepsze parametry. Filtry dzielimy też na aktywne i pasywne. Filtry aktywne zbudowane są na podstawie wzmacniaczy operacyjnych z ujemnym sprzężeniem. Filtry pasywne realizuje się na bazie rezystorów, kondensatorów i cewek.

Filtr dolnoprzepustowy słabo przenosi sygnały o dużych częstotliwościach, a sygnałów o małej częstotliwości nie tłumi. Natomiast filtr górnoprzepustowy działa odwrotnie - słabo przenosi sygnały o małych częstotliwościach, zaś bez tłumienia przenosi sygnały o wysokich częstotliwościach.

Charakterystyki amplitudowe poszczególnych grup filtrów przedstawia poniższy rysunek.



Charakterystyki amplitudowe filtrów

Ważnym parametrem określającym pasmo przenoszenia filtru jest wartość częstotliwości granicznej f_g , dla której zachodzi zależność:

$$f_g = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707,$$

gdzie U_{wy} jest napięciem wyjściowym, a U_1 napięciem wejściowym. Przesunięcie fazowe między tymi napięciami wynosi $\pi/4$. Częstotliwość f_g określa tzw. pasmo przenoszenia.

Dla filtrów RC częstotliwość graniczna wynosi:

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

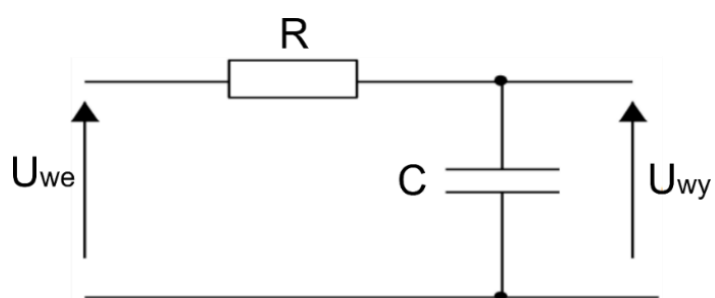
Dla filtrów RL częstotliwość graniczna wynosi:

$$f_g = \frac{R}{2\pi L}$$

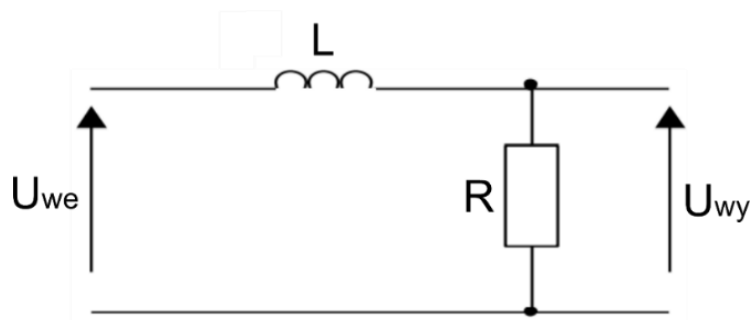
Dla filtrów LC częstotliwość graniczna wynosi:

$$f_g = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

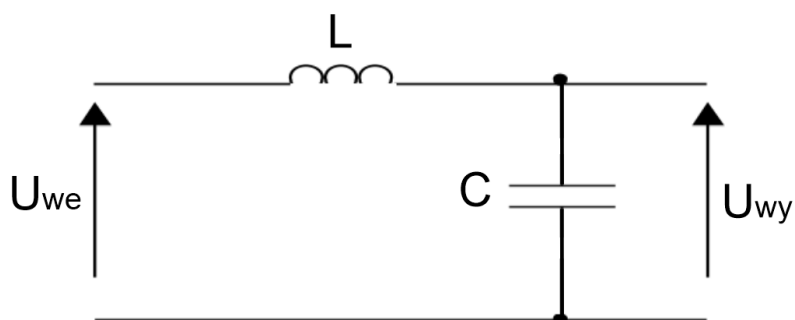
FILTR DOLNOPRZEPUSTOWY



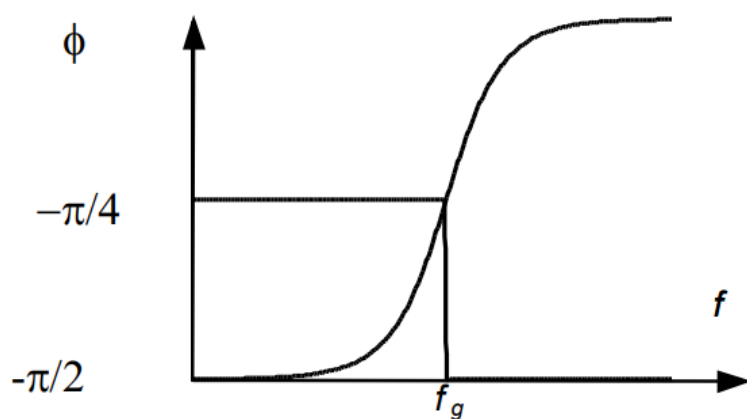
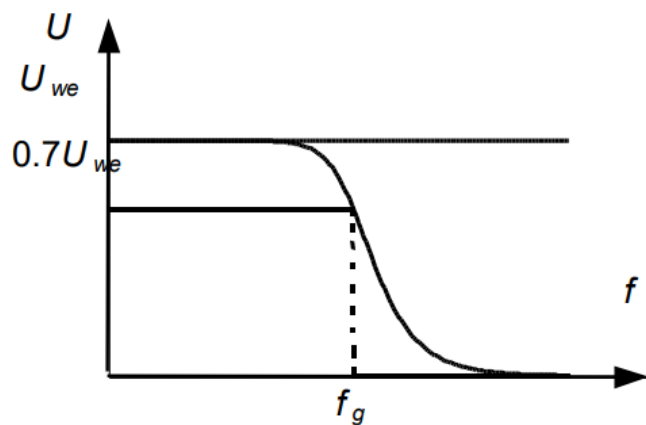
Pasywny filtr RC dolnoprzepustowy 1-rzędu



Pasywny filtr dolnoprzepustowy LR 1-rzędu



Pasywny filtr dolnoprzepustowy LC 1-rzędu



Charakterystyka częstotliwościowa filtru dolnoprzepustowego

Charakterystyka fazowa filtru dolnoprzepustowego

W dalszej części rozważymy przypadek pasywnego dolnoprzepustowego filtru RC 1- rzędu.

Pod wpływem przyłożonego napięcia w obwodzie popłynie prąd, który wywoła spadki napięć na rezystorze i kondensatorze. Napięcia na wyjściu i na kondensatorze są równe. W obwodzie prądu przemiennego kondensator posiada reaktancję pojemnościową, która jest odpowiednikiem oporności dla prądu stałego. Reaktancja kondensatora wyraża się wzorem:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

X_c - reaktancja pojemnościowa kondensatora,
 ω – pulsacja,
 C - pojemność kondensatora,
 f - częstotliwość napięcia.

Zależność napięcia na kondensatorze możemy zapisać jako:

$$U_c = U_{wy} = U_{we} \cdot \frac{X_c}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

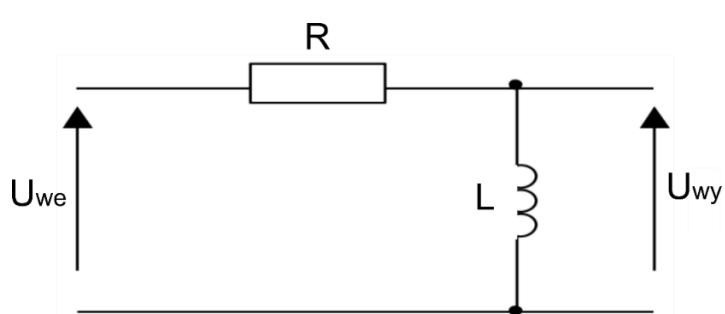
$$U_{wy} = U_{we} \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

ZADANIE

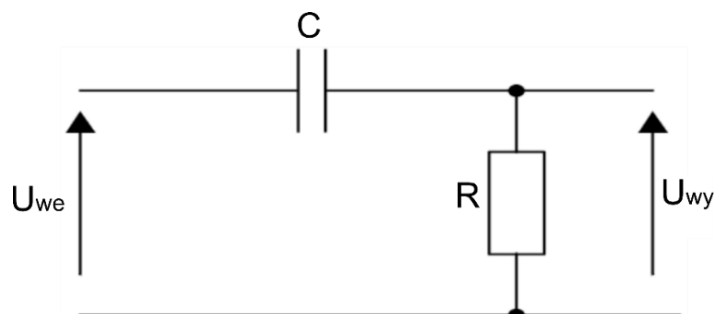
Oblicz impedancję, napięcie na wyjściu filtra oraz częstotliwość graniczną dla pasywnego filtra dolnoprzepustowego RC I rzędu o parametrach:

$R = 100 \text{ k}\Omega$ $C = 470 \text{ pF}$ $U_{we} = 5V$, sinusoidalne bez harmoniczných,
dla częstotliwości: $f = 2 \text{ kHz}$ i $f = 3,39 \text{ kHz}$.

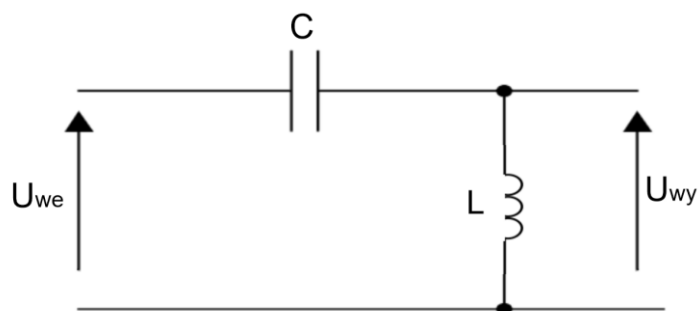
FILTR GÓRNOPRZEPUSTOWY



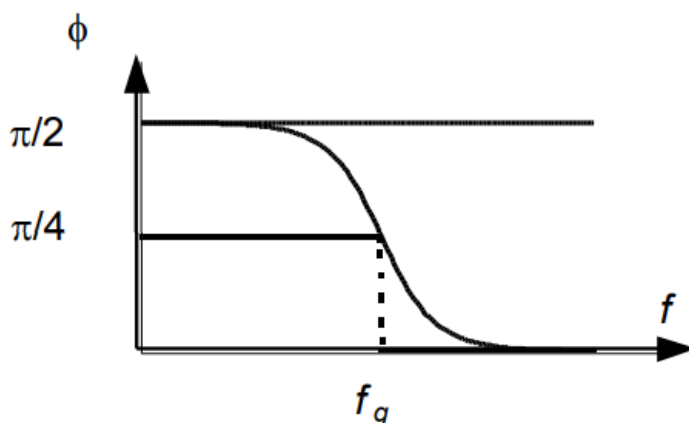
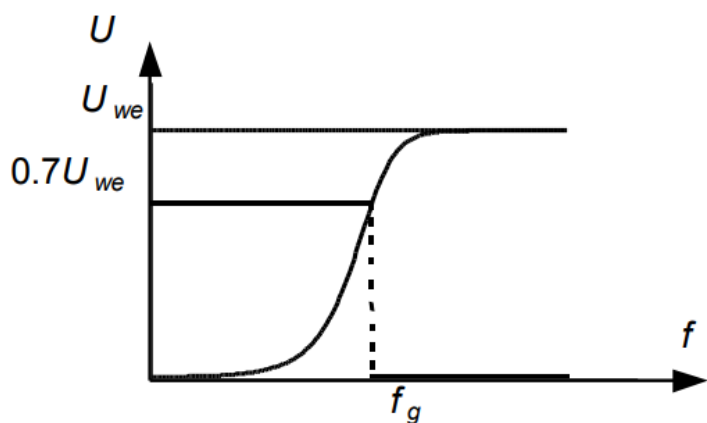
Pasywny filtr górnoprzepustowy RL 1-rzędu



Pasywny filtr górnoprzepustowy CR 1-rzędu



Pasywny filtr górnoprzepustowy CL 1-rzędu



Charakterystyka częstotliwościowa filtru
górnoprzepustowego

Charakterystyka fazowa filtru
górnoprzepustowego

W dalszej części rozważymy przypadek pasywnego górnoprzepustowego filtru CR 1-rzędu.

Zależność napięcia na rezystorze możemy zapisać jako:

$$U_R = U_{wy} = U_{we} \cdot \frac{R}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

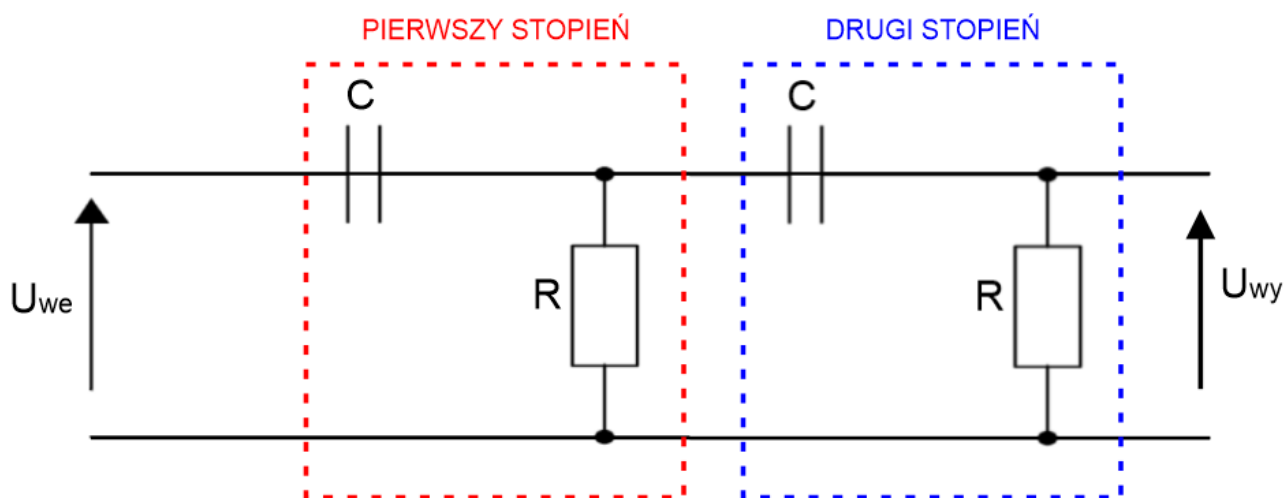
$$U_{wy} = U_{we} \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

ZADANIE

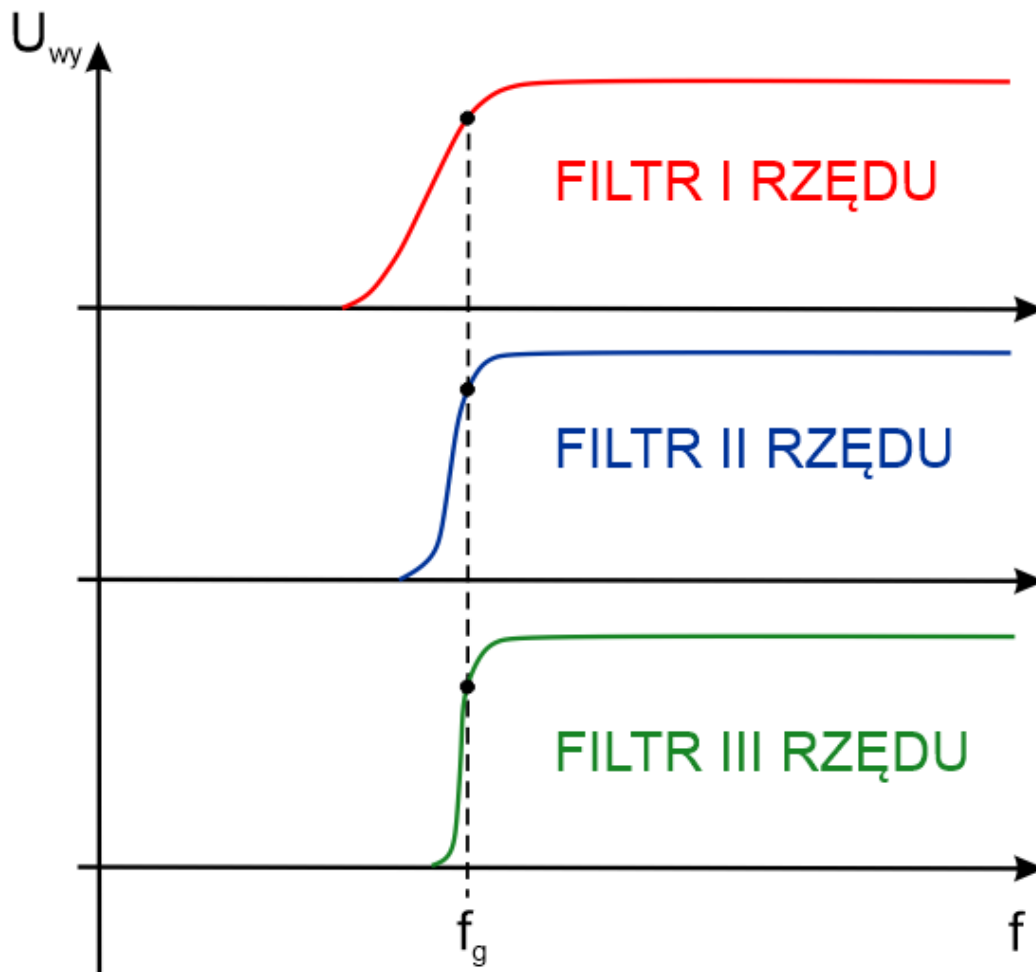
Oblicz impedancję, napięcie na wyjściu filtra oraz częstotliwość graniczną dla pasywnego filtra górnoprzepustowego CR I rzędu o parametrach:

$R = 100 \text{ k}\Omega$ $C = 470 \text{ pF}$ $U_{we} = 5 \text{ V}$, sinusoidalne bez harmoniczných,
dla częstotliwości: $f = 2 \text{ kHz}$ i $f = 3,39 \text{ kHz}$.

Jeśli dwa filtry I rzędu połączymy szeregowo to powstanie filtr drugiego rzędu i analogicznie przy połączeniu trzech filtrów powstanie filtr III rzędu.



Cechą filtrów II i III rzędu są coraz bardziej strome nachylenia zboczy na charakterystykach przenoszenia (amplitudowej). Im nachylenie jest większe tym skuteczniej filtr tłumi niepożądane składowe częstotliwościowe. Filtry 1-rzędu mają nachylenie - 20dB/dekadę, filtry 2-rzędu - 40 dB/dekadę, a filtry 3-rzędu mają nachylenie - 60 dB/dekadę.



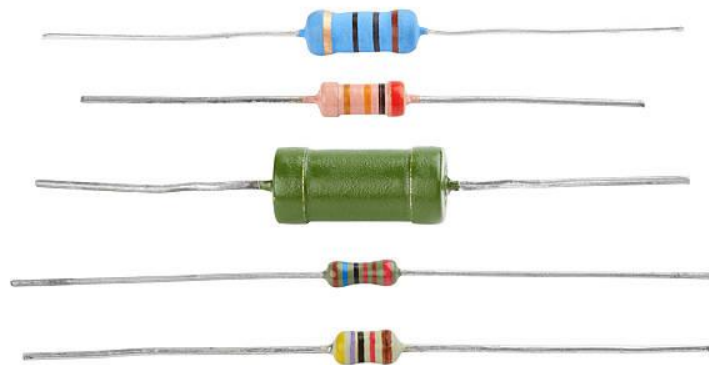
Charakterystyki amplitudowe filtrów I, II i III rzędu

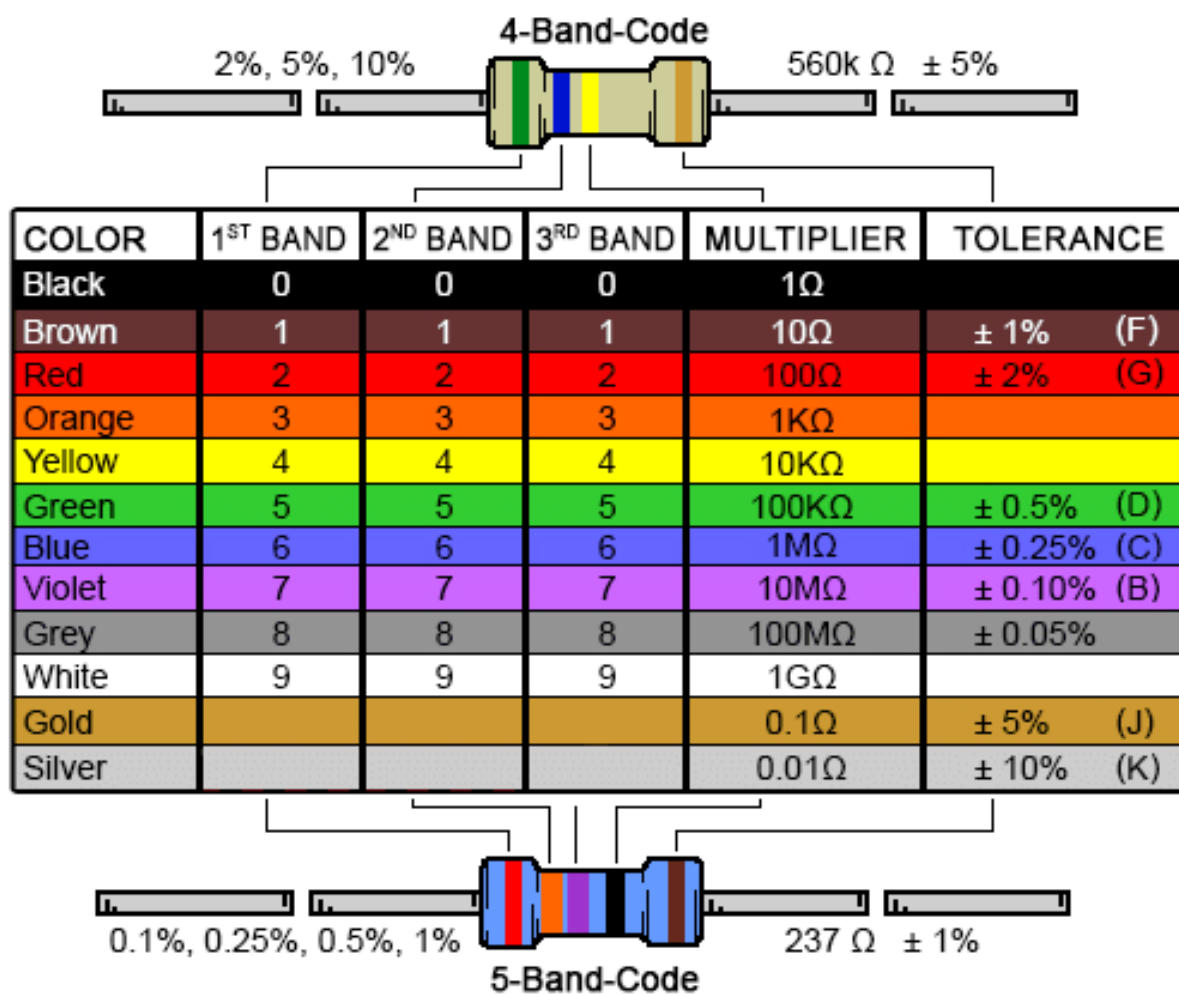
Częstotliwość graniczna pasywnego górnoprzepustowego filtra II rzędu obliczana jest ze wzoru:

$$f_g = \frac{\sqrt{\sqrt{2}-1}}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R1 \cdot C1 \cdot R2 \cdot C2}}$$

DODATEK

Do wykonania ćwiczenia potrzebna będzie znajomość czytania wartości rezystancji oporników. Rezystory o małych mocach są oznaczone kodem składającym się z kolorowych pasków. Paski te służą do odczytywania rezystancji oraz jej tolerancji. Poniżej znajduje się zdjęcie przykładowych rezystorów. Pierwsze trzy paski oznaczają wartość rezystancji, czwarty pasek oznacza mnożnik, a ostatni pasek (srebrny lub złoty) tolerancję.





Oznaczenia wartości rezystancji na oporniku