

Zajęcia 5

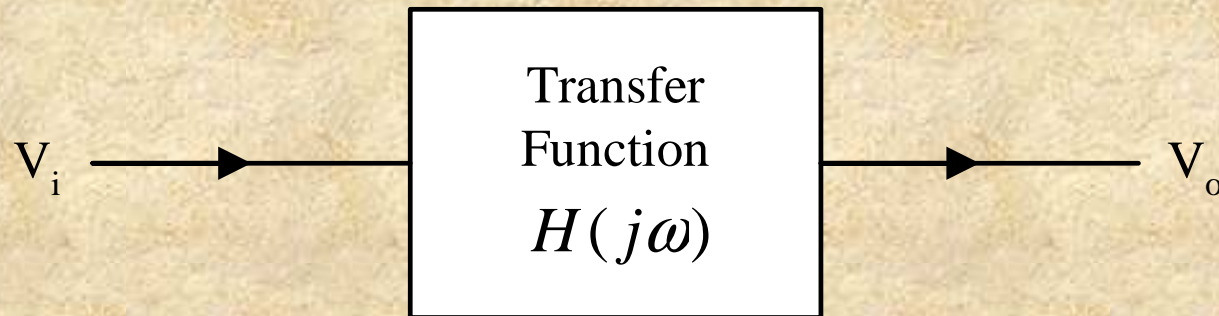
Program SapWin

Rozwiązywanie

liniowych obwodów elektrycznych

Analiza prostych filtrów aktywnych

Funkcja transmitancji $H(j\omega)$



$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} = H(s) \Big|_{s=j\omega}$$

Charakterystyka amplitudowa filtrów idealnych $|H(j\omega)|$

(I) Filtr dolnoprzepustowy - LP Filter

$$|H(j\omega)| = 1 \quad f < f_o$$

$$|H(j\omega)| = 0 \quad f > f_o$$

(II) Filtr górnoprzepustowy - HP Filter

$$|H(j\omega)| = 0 \quad f < f_o$$

$$|H(j\omega)| = 1 \quad f > f_o$$

(III) Filtr pasmowy - BP Filter

$$|H(j\omega)| = 1 \quad f_L < f < f_H$$

$$|H(j\omega)| = 0 \quad f < f_L \text{ and } f > f_H$$

(IV) Filtr zaporowy BS (Notch) Filter

$$|H(j\omega)| = 0 \quad f_L < f < f_H$$

$$|H(j\omega)| = 1 \quad f < f_L \text{ and } f > f_H$$

(V) Filtr wszechprzepustowy All-Pass Filter

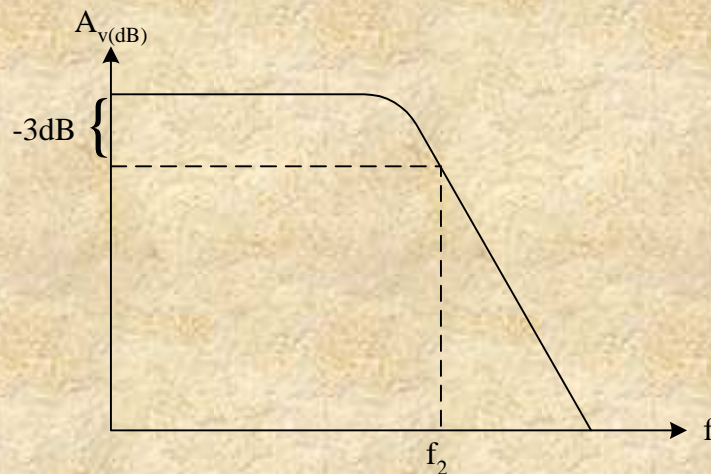
$$|H(j\omega)| = 1 \quad \text{for all } f$$

korekcja charakterystyki fazowej

Rodzaje filtrów

Filtr dolnoprzepustowy

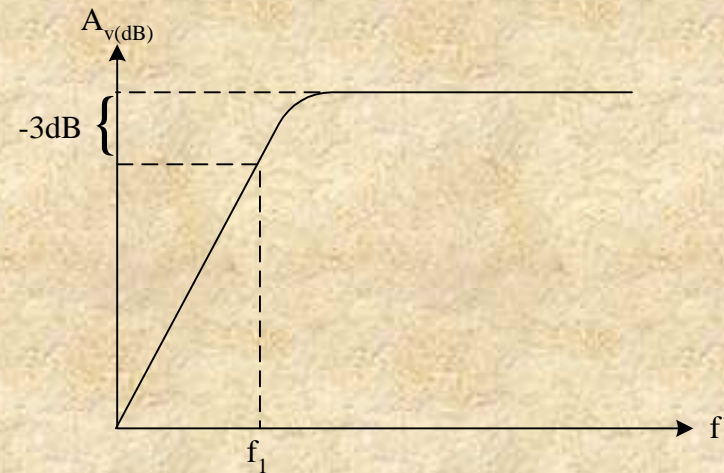
Filtr przepuszcza wszystkie częstotliwości od DC aż do częstotliwości granicznej .



Charakterystyka amplitudowa
Low-pass response

Filtr górnoprzepustowy

Filtr przepuszcza wszystkie częstotliwości powyżej częstotliwości granicznej

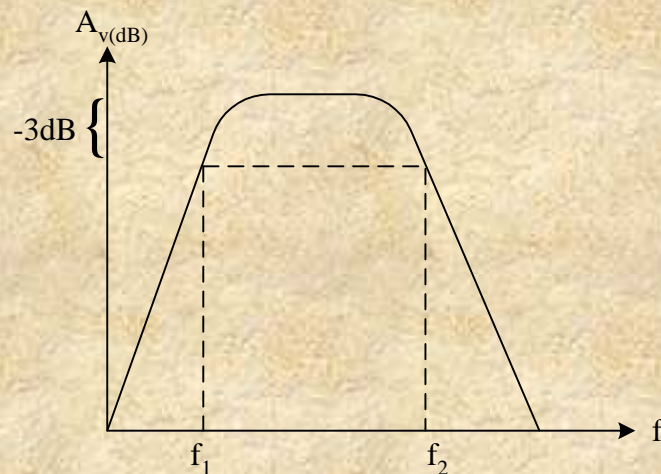


Charakterystyka amplitudowa
High-pass response

Rodzaje filtrów

Filtr pasmowo przepustowy

Filtr przepuszcza wszystkie częstotliwości między dwoma częstotliwościami granicznymi



Band Pass Response

Filtr pasmowo zaporowy

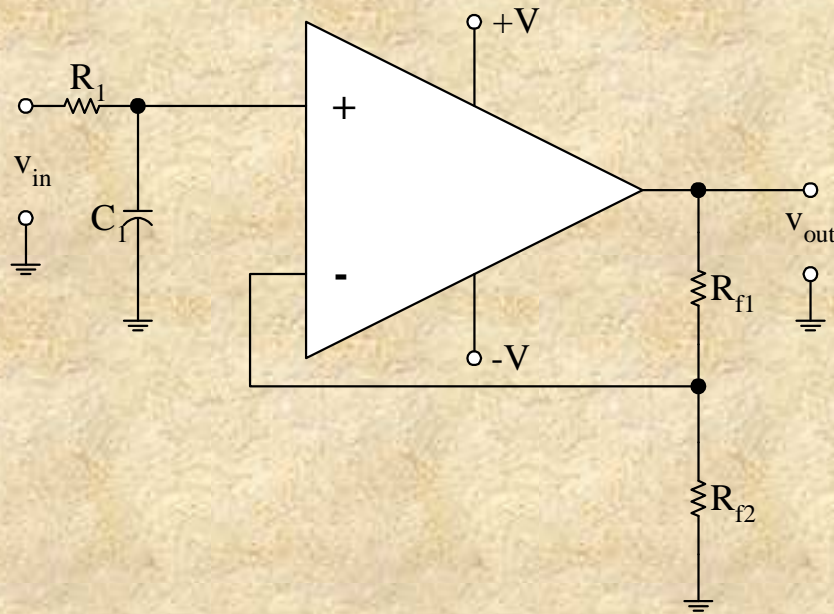
Filtr eliminuje wszystkie sygnały wewnątrz przedziału określonego przez częstotliwości graniczne.



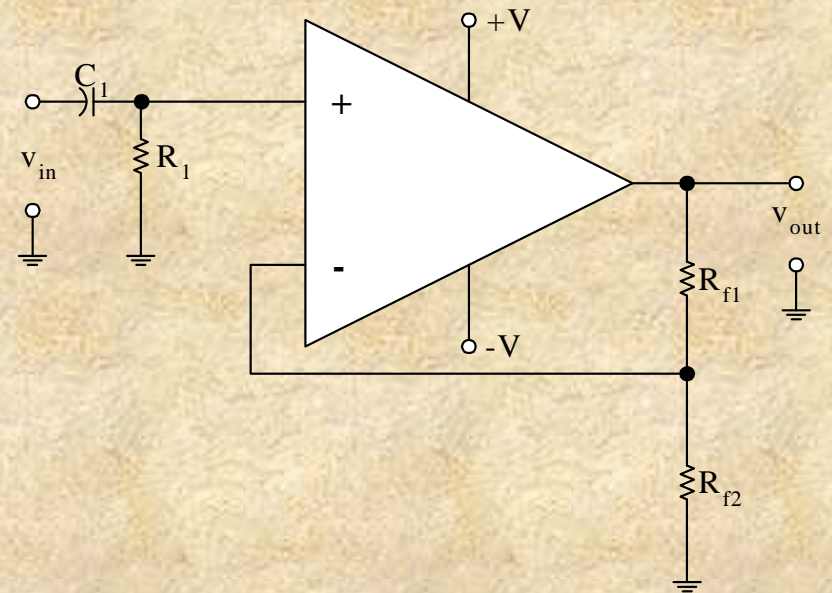
Band Stop (**Notch**) Response

Przykłady

Filtr I-rzędu



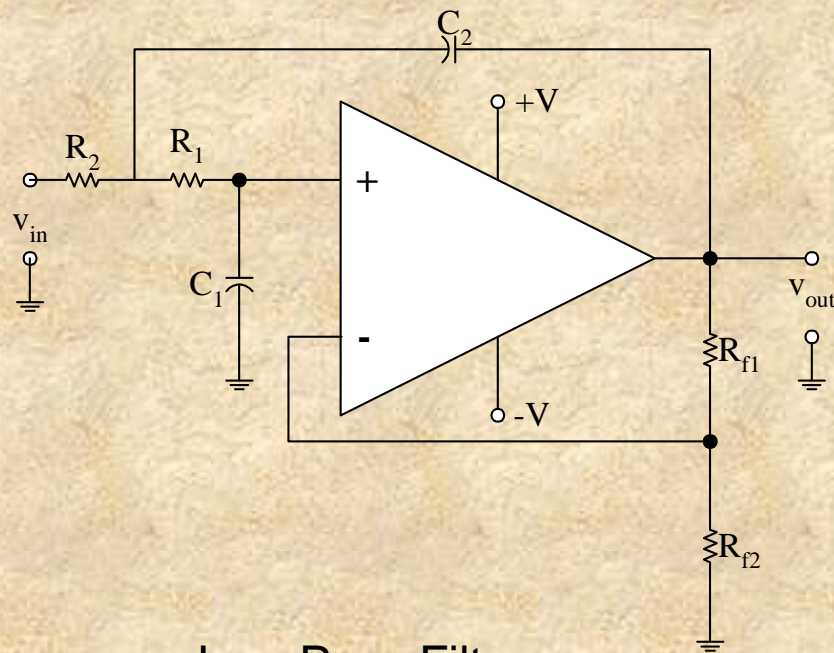
Low Pass Filter



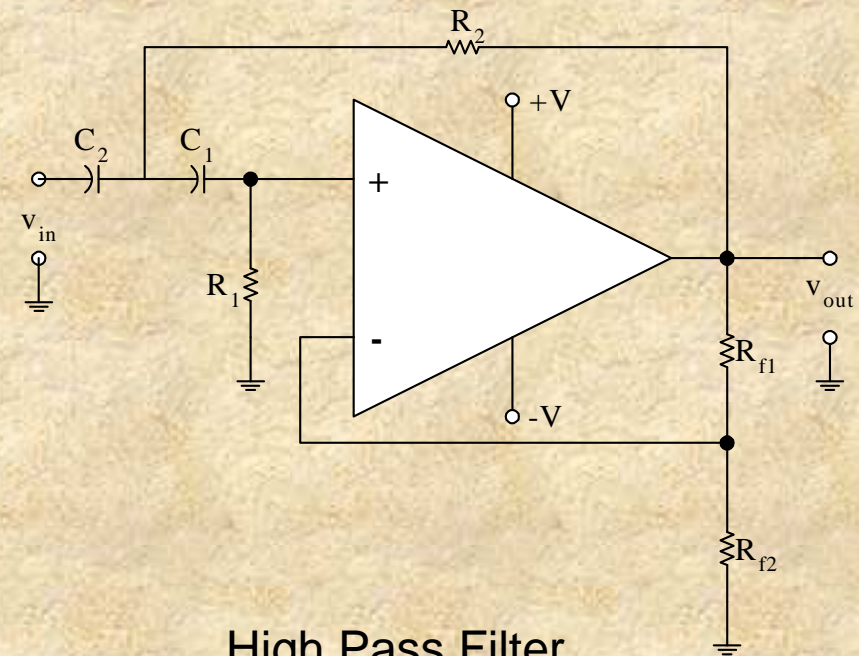
High Pass Filter

Przykłady

Filtr II-rzędu (Sallen-Key)



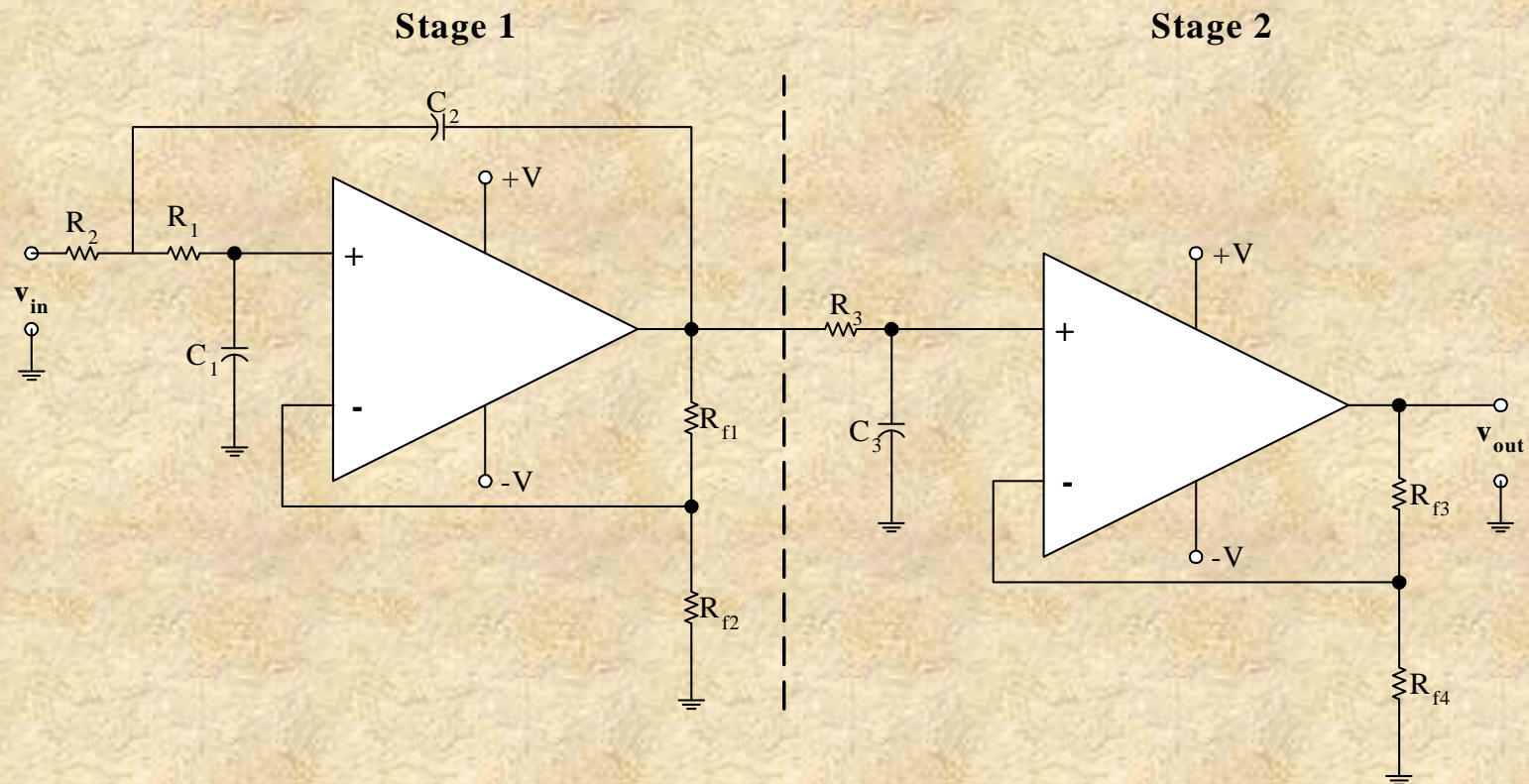
Low Pass Filter



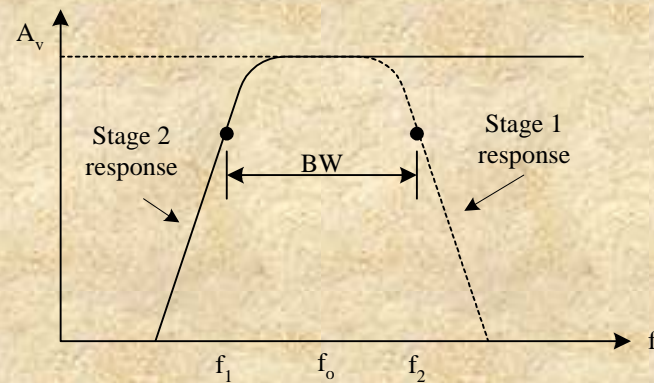
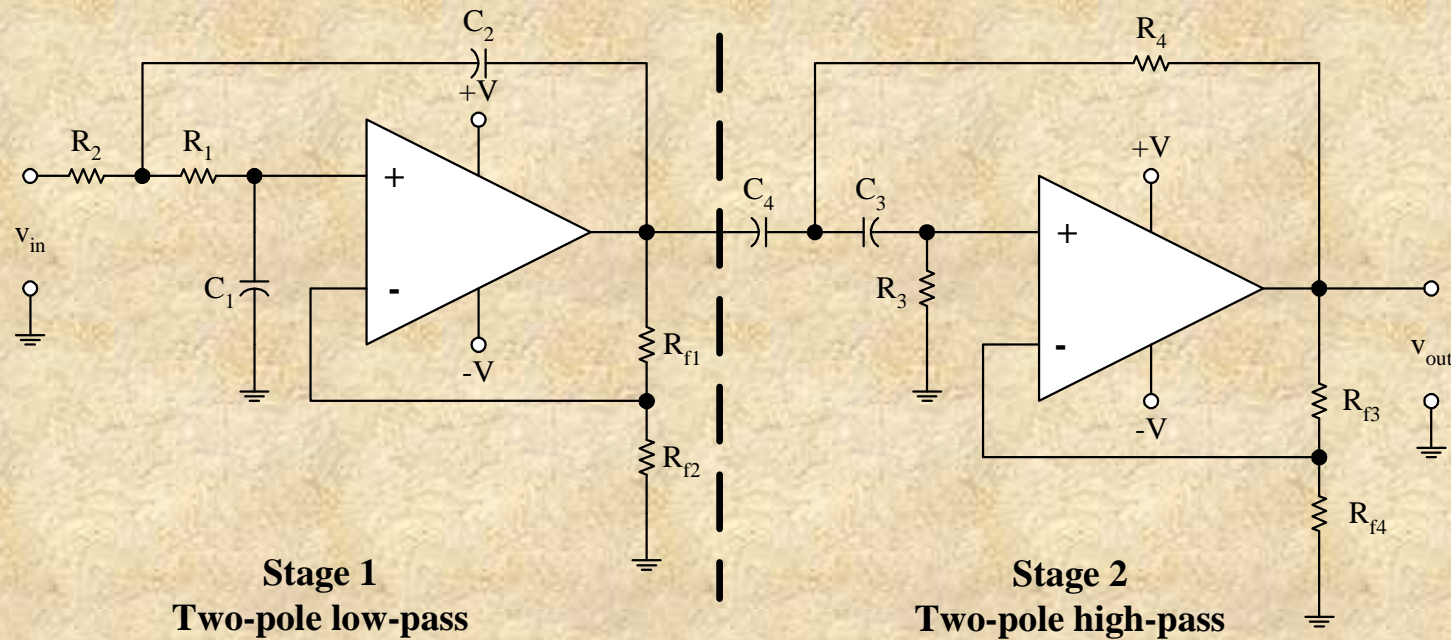
High Pass Filter

Przykłady

Filtr III-rzędu Low-Pass



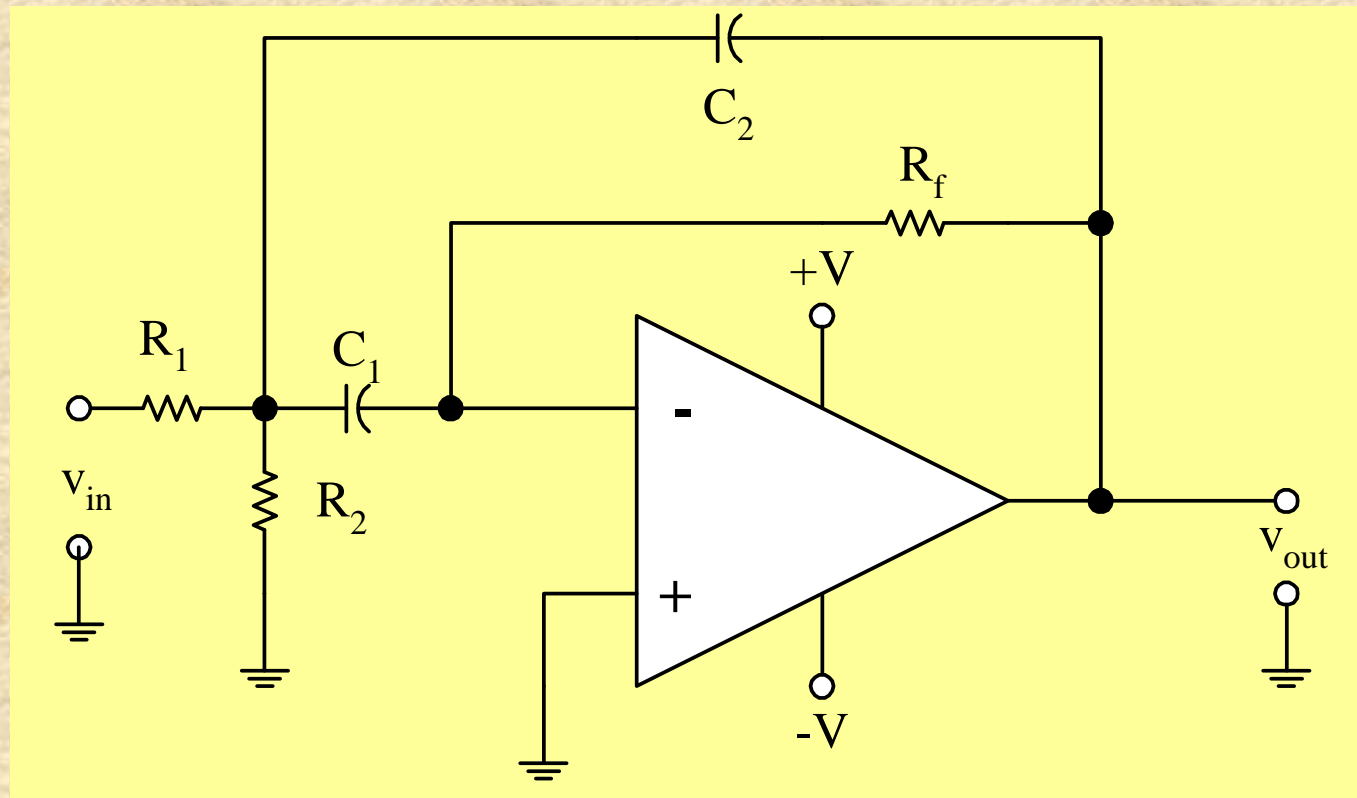
Dwu sekcyjny filtr pasmowy



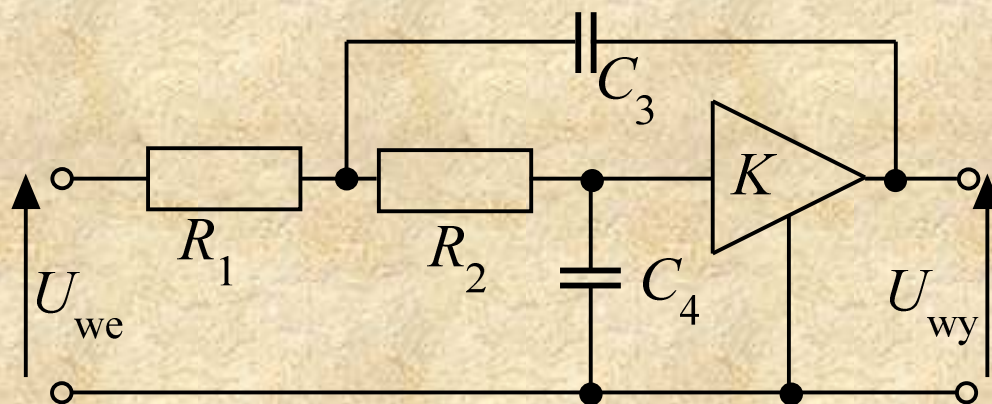
$$BW = f_2 - f_1$$

$$Q = f_0 / BW$$

Filtr pasmowy wielopętlowy



VCVS Low Pass Filter



$$H(s) = K \frac{1}{s^2 + as + b}$$

Funkcja transmitancji

$$H(s) = \frac{K}{1 + s[C_4(R_1 + R_2) + R_1C_3(1 - K)] + s^2R_1R_2C_3C_4} = \frac{K'}{s^2 + \frac{\omega_P}{Q_P}s + \omega_P^2} \quad (*)$$

VCVS Low Pass Filter (c.d)

$$H(s) = \frac{K \frac{1}{R_1 R_2 C_3 C_4}}{s^2 + s \left[\frac{C_4 (R_1 + R_2) + R_1 C_3 (1 - K)}{R_1 R_2 C_3 C_4} \right] + \frac{1}{R_1 R_2 C_3 C_4}}$$

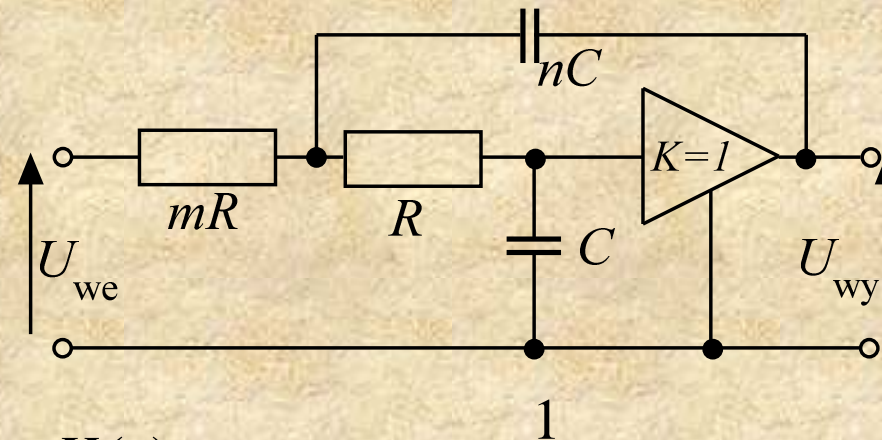
Przyrównując odpowiednie współczynniki otrzymujemy:

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_3 C_4}} = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_3}} \frac{1}{\sqrt{R_2 C_4}} \quad Q_p = \frac{1}{\sqrt{\frac{R_1 C_4}{R_2 C_3}} + \sqrt{\frac{R_2 C_4}{R_1 C_3}} + (1 - K) \sqrt{\frac{R_1 C_3}{R_2 C_4}}}$$

Niech, $K=1$, równanie (*) upraszcza się do

$$H(s) = \frac{1}{s^2 R_1 R_2 C_3 C_4 + s C_4 (R_1 + R_2) + 1}$$

Dalsze uproszczenie (VCVS filter)



$$H(s) = \frac{1}{1 + sRC(m+1) + s^2 nmR^2 C^2}$$

Powyższy wzór porównując z wzorem:

$$H(s) = K \frac{1}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} s + \omega_p^2}$$

Otrzymujemy zależności:

$$\omega_p = \frac{1}{RC\sqrt{nm}} \quad Q_p = \frac{\sqrt{mn}}{m+1}$$

Przykład (VCVS low pass filter)

Należy zaprojektować filtr $f_o = 512\text{Hz}$ and $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$

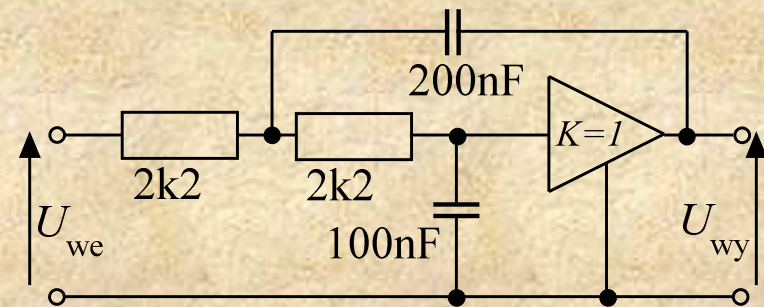
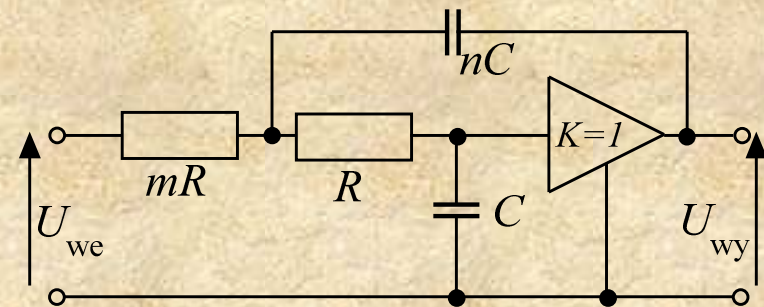
Niech $m = 1$, $n = 2$

$$Q_p = \frac{\sqrt{mn}}{m+1} = \frac{\sqrt{1 \times n}}{1+1} = \frac{\sqrt{n}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

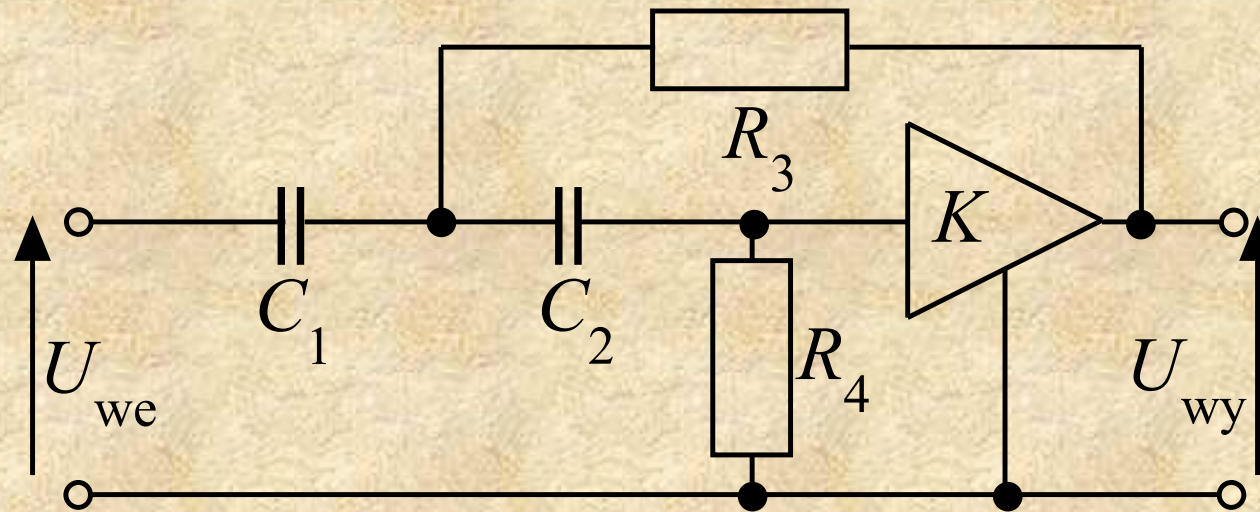
$$\omega_p = \frac{1}{RC\sqrt{mn}} = \frac{1}{RC\sqrt{1 \times 2}} = \frac{1}{RC\sqrt{2}} = 2\pi(512\text{Hz})$$

Wybierając $C = 100\text{nF}$

wówczas $R = 2,198\Omega \sim 2.2\text{k}\Omega$

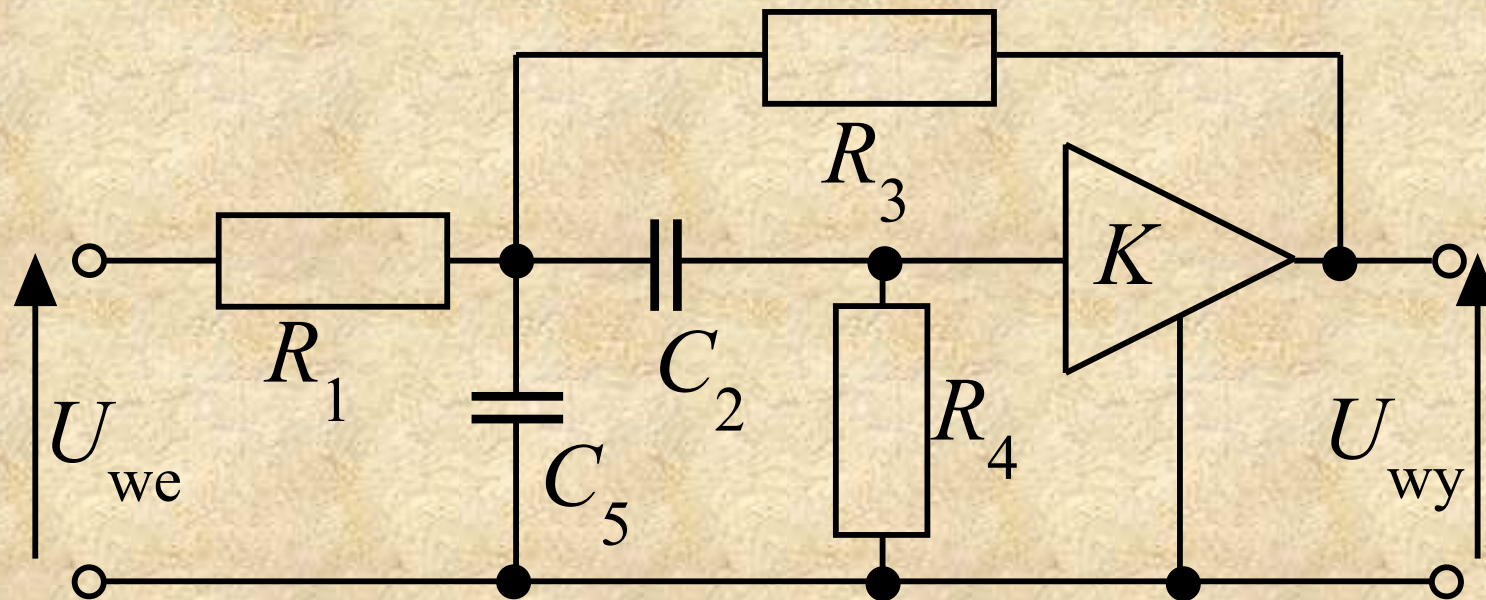


VCVS High Pass Filter



$$H(s) = \frac{Ks^2}{s^2 + s\left(\frac{1}{R_4C_1} + \frac{1}{R_4C_2} + \frac{1}{R_3C_1}(1-K)\right) + \frac{1}{R_3R_4C_1C_2}} = \frac{K's^2}{s^2 + \frac{\omega_P}{Q_P}s + \omega_P^2}$$

VCVS Band Pass Filter



$$H(s) = \frac{K \frac{s}{R_1 C_5}}{s^2 + \frac{s}{C_5} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} (1 - K) + \frac{C_5}{R_4 C_2} \right) + \frac{R_1 + R_3}{R_1 R_3 R_4 C_2 C_5}} = \frac{K' s}{s^2 + \frac{\omega_P}{Q_P} s + \omega_P^2}$$

