

Filtry aktywne

(2. rzędu)

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2\zeta\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + 1}$$

Filtr dolnoprzepustowy
2. rzędu

$$T(s) = \frac{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2\zeta\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + 1}$$

Filtr górnoprzepustowy
2. rzędu

Zmieniając współczynniki wielomianu w mianowniku zmieniamy charakter filtra

$$j\omega \rightarrow s$$

Filtry aktywne

(2. rzędu)

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + 1}$$

Filtr o tłumieniu
krytycznym

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + \sqrt{2}\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + 1}$$

Filtr Butterworth'a

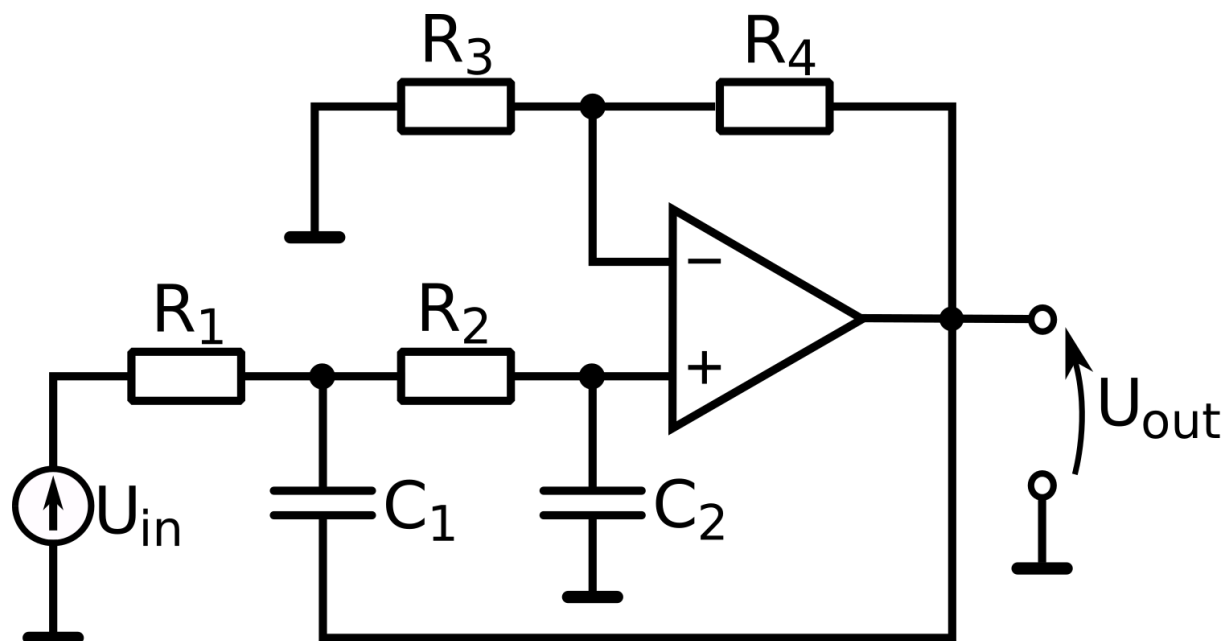
$$T(s) = \frac{1}{\sqrt{2} \left(\left(\frac{s}{0,8409\omega_c} \right)^2 + 0,7654 \left(\frac{s}{0,8409\omega_c} \right) + 1 \right)}$$

Filtr Chebyshev'a

$$j\omega \rightarrow s$$

Filtry aktywne

(konfiguracja Sallen'a-Key'a)



$$U_{out} = U_{in} \frac{k}{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 + s(C_1 R_1 + C_2 R_2 + C_2 R_1 - k C_1 R_1) + 1}$$

$$k = \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

Filtry aktywne

(konfiguracja Sallen'a-Key'a)

$$U_{\text{out}} = U_{\text{in}} \frac{k}{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 + s(C_1 R_1 + C_2 R_2 + C_2 R_1 - k C_1 R_1) + 1}$$

Metody uproszczenia analizy:

- metoda jednakowych elementów

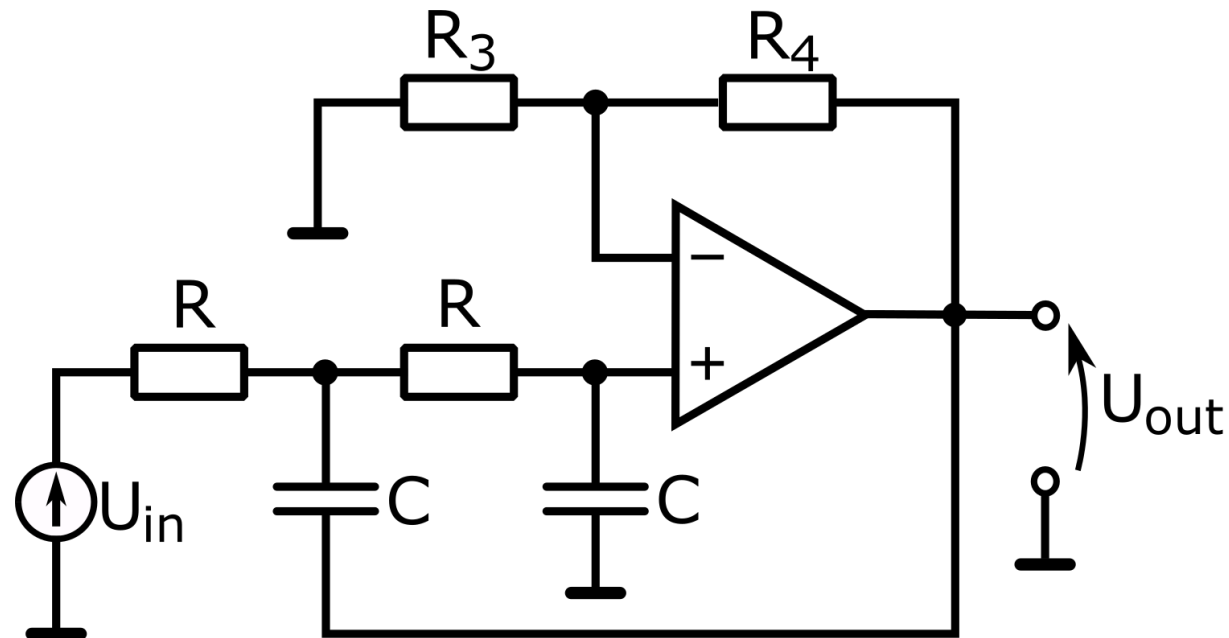
$$R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C$$

- metoda jednostkowego wzmocnienia

$$k = 1$$

Filtry aktywne

(konfiguracja Sallen'a-Key'a, jednakowe elementy)

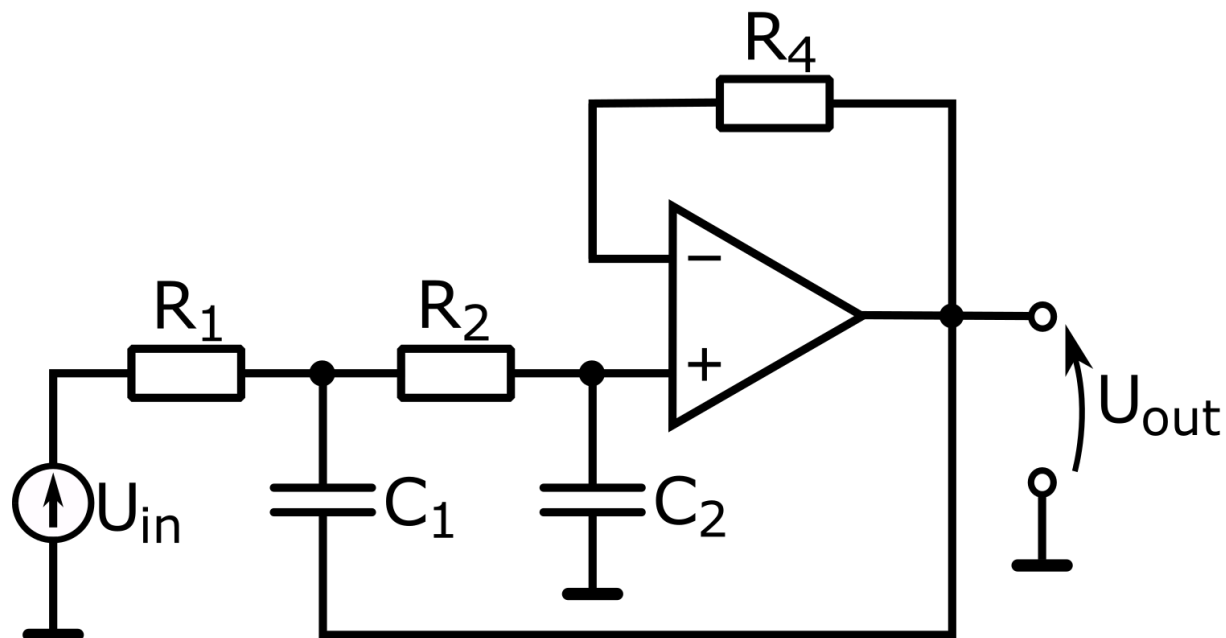


$$U_{out} = U_{in} \frac{k}{(sCR)^2 + sCR(3 - k) + 1}$$

$$k < 3$$

Filtry aktywne

(uproszczona konfiguracja Sallen'a-Key'a, $k = 1$)



$$U_{out} = U_{in} \frac{1}{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 + s(C_2 R_1 + C_2 R_2) + 1}$$

$$k = 1$$

Filtry aktywne

(konfiguracja Sallen'a-Key'a, jednakowe elementy)

$$\begin{matrix} R_1 = R_2 = R \\ C_1 = C_2 = C \end{matrix} \rightarrow U_{\text{out}} = U_{\text{in}} \frac{k}{(sCR)^2 + sCR(3 - k) + 1}$$

Filtr o tłumieniu
krytycznym

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_C}\right)^2 + 2\left(\frac{s}{\omega_C}\right) + 1} \rightarrow \omega_C = \frac{1}{CR}, k = 1$$

Filtr
Butterworth'a

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_C}\right)^2 + \sqrt{2}\left(\frac{s}{\omega_C}\right) + 1} \rightarrow \omega_C = \frac{1}{CR}, k = 3 - \sqrt{2}$$

$$T(s) = \frac{3 - \sqrt{2}}{\left(\frac{s}{\omega_C}\right)^2 + \sqrt{2}\left(\frac{s}{\omega_C}\right) + 1}$$

Filtry aktywne

(uproszczona konfiguracja Sallen'a-Key'a, $k = 1$)

$$k = 1 \quad \rightarrow \quad U_{\text{out}} = U_{\text{in}} \frac{1}{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 + s(C_2 R_1 + C_2 R_2) + 1}$$

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2\zeta\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + 1}$$

$$\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2} = \frac{1}{\omega_c} \quad C_2 R_1 + C_2 R_2 = \frac{2\zeta}{\omega_c}$$

$$R_1 = R_2 = R$$

$$R\sqrt{C_1 C_2} = \frac{1}{\omega_c} \quad \zeta = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

Filtry aktywne

(uproszczona konfiguracja Sallen'a-Key'a, $k = 1$)

Filtr
Butterworth'a

$$T(s) = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_C}\right)^2 + \sqrt{2}\left(\frac{s}{\omega_C}\right) + 1}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \quad 2\zeta = \sqrt{2} \quad \rightarrow \quad \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \rightarrow \quad C_1 = 2C_2$$

$$R\sqrt{C_1 C_2} = \frac{1}{\omega_C} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{\omega_C} = RC_2\sqrt{2}$$