

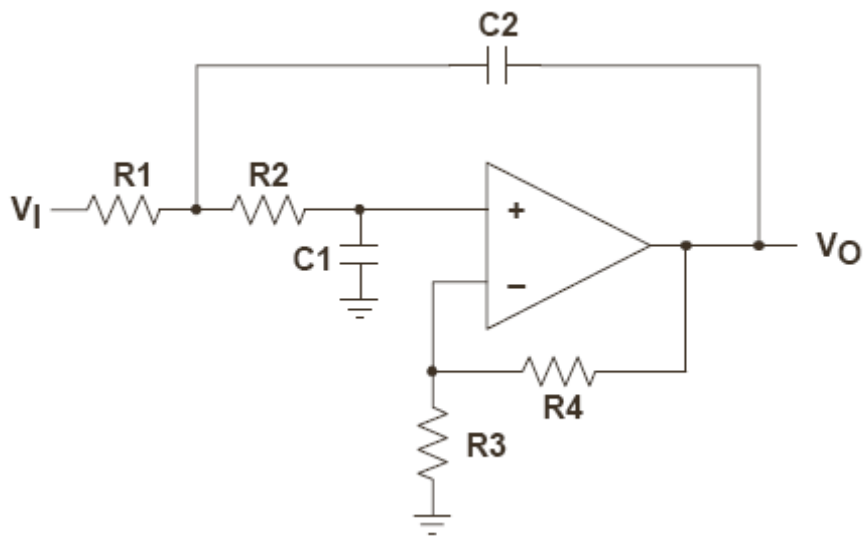
Filtr aktywny Sallen-Key'a

Informacje ogólne.

Właściwości filtru określają:

- charakterystyka częstotliwościowa: amplitudowa i fazowa,
- częstotliwości graniczne, pasmo przenoszenia,
- wzmocnienie (tłumienie) w paśmie przepustowym,
- nachylenie charakterystyki w obszarze przejściowym – rząd filtru,
- odpowiedź na wymuszenie impulsowe: czas narastania, czas opadania, czas ustalania, przerzut.

Filtr dolno-przepustowy.



$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3}, \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_1 C_2 (1 - K)}$$

W celu uproszczenia projektowania wprowadza się pewne ułatwienia:

1. Dla następujących zależności między elementami układu:

$$R_1 = mR, \quad R_2 = R, \quad C_1 = C, \quad C_2 = nC$$

otrzymujemy:

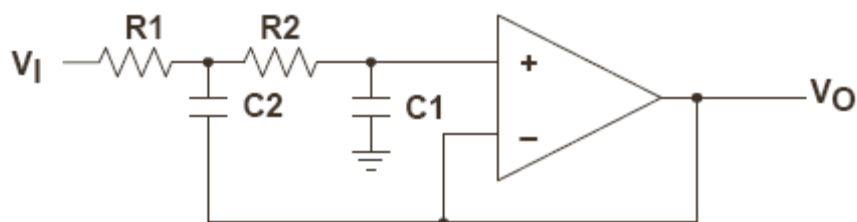
$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{mn}}, \quad Q = \frac{\sqrt{mn}}{m + 1 + mn(1 - K)}$$

2. Dla następujących zależności między elementami układu:

$$R_1 = mR, \quad R_2 = R, \quad C_1 = C, \quad C_2 = nC, \quad K = 1$$

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{mn}}, \quad Q = \frac{\sqrt{mn}}{m + 1}$$



3. Dla następujących zależności między elementami układu:

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

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{m}}, Q = \frac{\sqrt{m}}{1+2m-mK}$$

lub

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

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{n}}, Q = \frac{\sqrt{n}}{2+n(1-K)}$$

4. Dla następujących zależności między elementami układu:

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

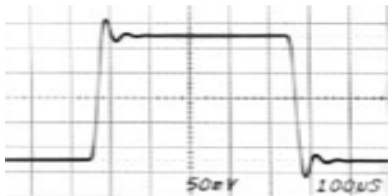
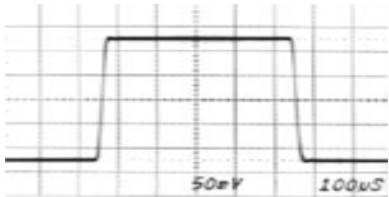
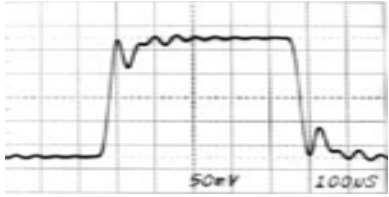
otrzymujemy:

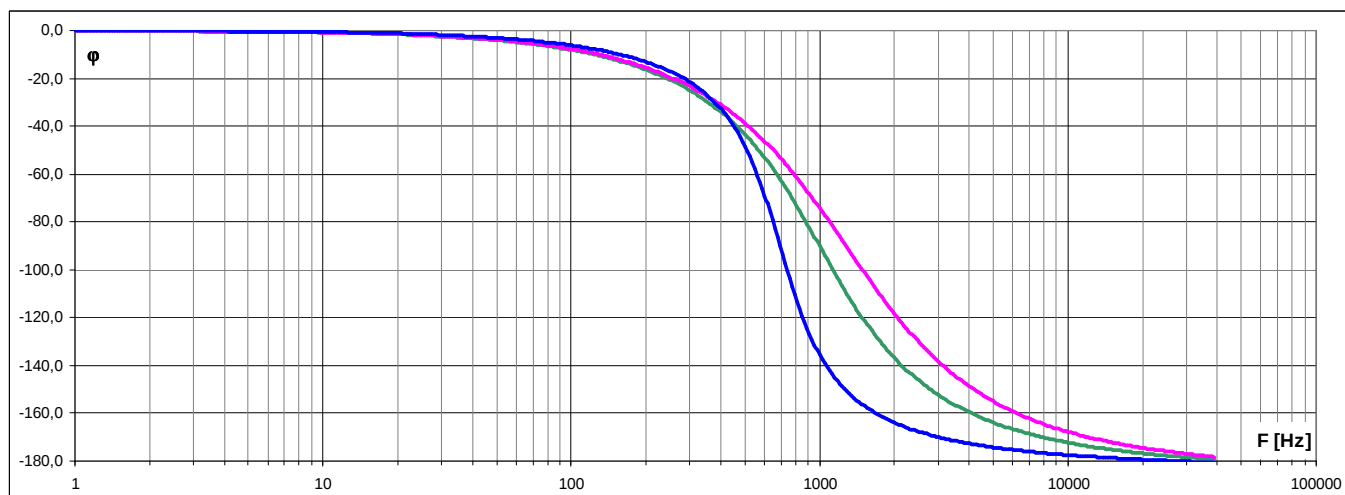
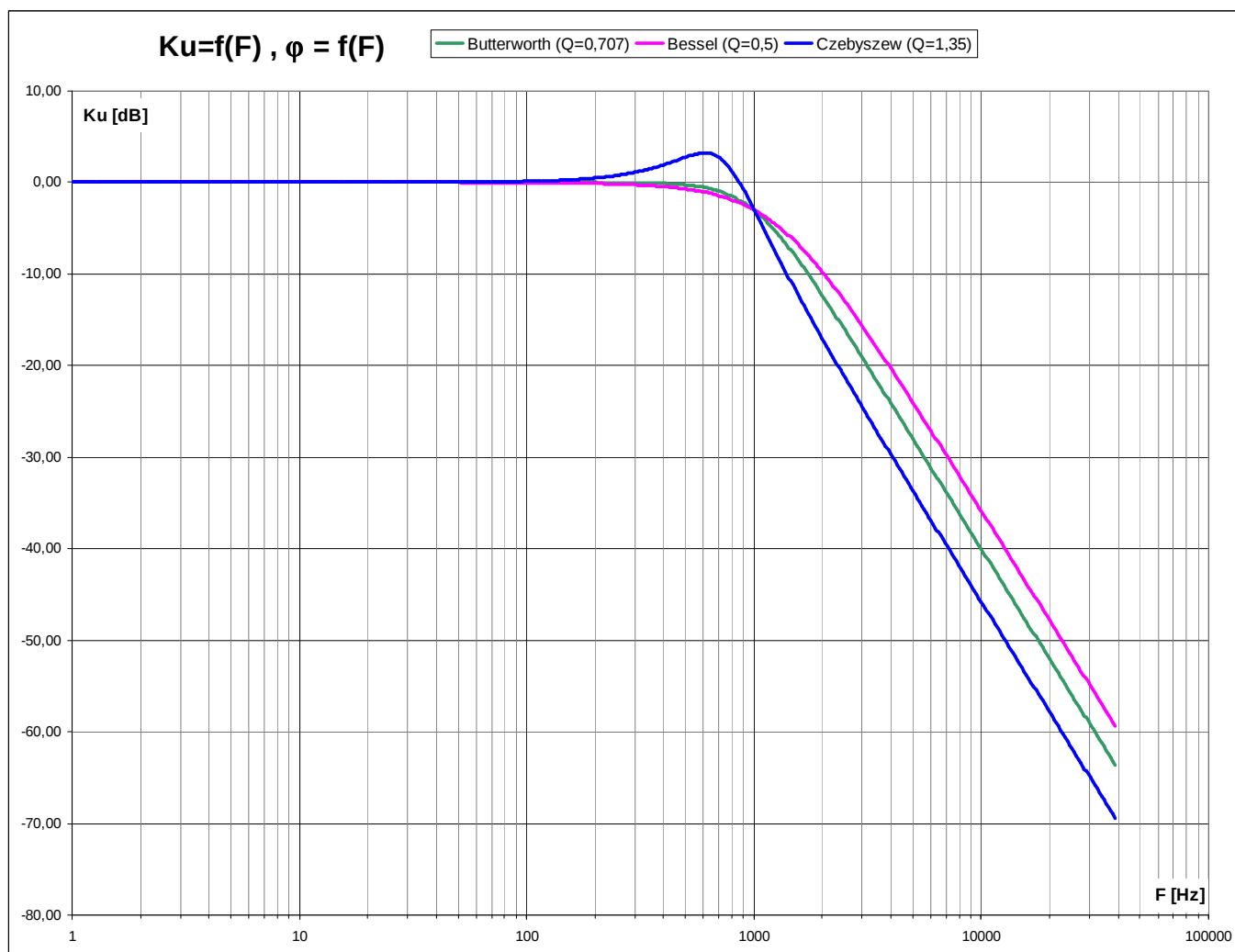
$$f = \frac{1}{2\pi RC}, Q = \frac{1}{3-K}$$

Uwaga dla $K \geq 3$ dobroć $Q = \infty$ lub przyjmuje wartości ujemne – filtr będzie się wzbudzał.

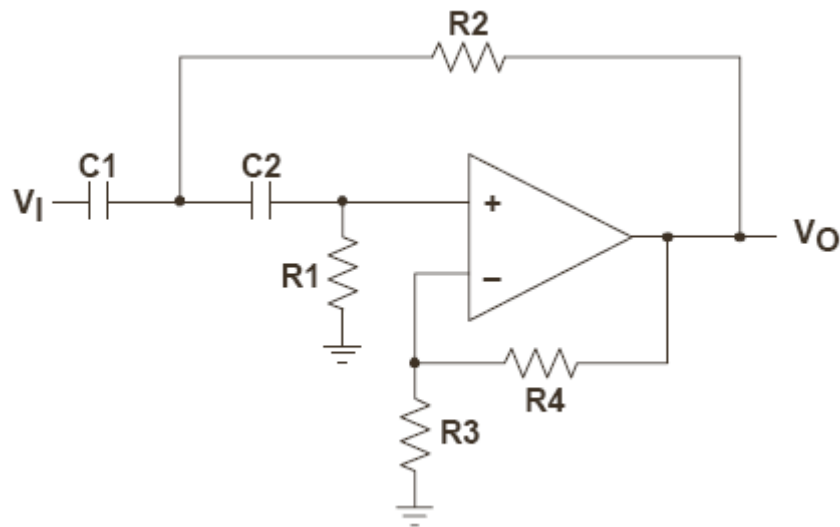
Aby zbudować filtr o charakterystyce	
Bessel'a	Butterworth'a
$R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C, K = 1$ $f = \frac{1}{2\pi RC}, Q = 0,5$	$R_1 = R_2 = R, C_1 = C, C_2 = 2C, K = 1$ $f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2}}, Q = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$

Cechy filtrów

	Zalety	Wady	wymuszenie impulsowe
Butterworth	Maksymalnie płaska charakterystyka w paśmie przepustowym, odpowiedź impulsowa lepsza niż w Czebyszewa (mniejsze dzwonienie)	Niewielkie dzwonienie i przerzut w odpowiedzi impulsowej.	
Bessel	Pozbawiony efektu dzwonienia, brak przerzutu w odpowiedzi na wymuszenie impulsowe.	Najmniejsze tłumienie poza pasmem przepustowym, rozmycie impulsów prostokątnych.	
Czebyszew	Największe tłumienie poza pasmem przepustowym.	Podbicie w paśmie przepustowym, duże oscylacje w odpowiedzi impulsowej (dzwonienie filtru)	



Filtr górno-przepustowy.



$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3}, \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{R_2 C_2 + R_2 C_1 + R_1 C_2 (1 - K)}$$

W celu uproszczenia projektowania wprowadza się pewne ułatwienia:

5. Dla następujących zależności między elementami układu:

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

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{mn}}, \quad Q = \frac{\sqrt{mn}}{n + 1 + mn(1 - K)}$$

6. Dla następujących zależności między elementami układu:

$$R_1 = mR, R_2 = R, C_1 = C, C_2 = nC, K = 1$$

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{mn}}, \quad Q = \frac{\sqrt{mn}}{n + 1}$$

7. Dla następujących zależności między elementami układu:

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

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{m}}, \quad Q = \frac{\sqrt{m}}{2 + m(1 - K)}$$

lub

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

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{n}}, \quad Q = \frac{\sqrt{n}}{1 + 2n - nK}$$

8. Dla następujących zależności między elementami układu:

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

otrzymujemy:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}, \quad Q = \frac{1}{3 - K}$$

Uwaga dla $K \geq 3$ dobroć $Q = \infty$ lub przyjmuje wartości ujemne – filtr będzie się wzbujał.

Aby zbudować filtr o charakterystyce	
Bessel'a	Butterworth'a
$R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C, K = 1$ $f = \frac{1}{2\pi RC}, Q = 0,5$	$R_1 = 2R, R_2 = R, C_1 = C_2 = C, K = 1$ $f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2}}, Q = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$