

SYSTEMY ANALOGOWE I CYFROWE

Filtry aktywne - filtr środkowoprzepustowy

Prowadzący: dr inż. Adam Wąż

Autor: Emilia Szymańska

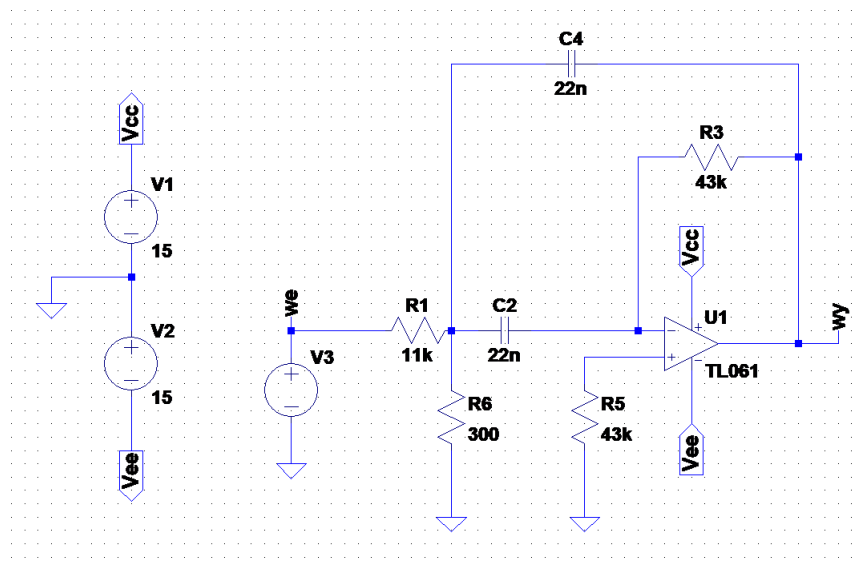
18.06.2020r.

1 Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z działaniem i doбором parametrów aktywnego filtra środkowoprzepustowego i jego podstawowymi zastosowaniami.

2 Zaprojektowany układ

$$K_u(f_0) = -2\frac{V}{V}, f_0 = 2kHz, Q = 6, C_2 = C_4 = 22nF, R_1 = 11k\Omega, R_3 = R_5 = 43k\Omega, R_6 = 300\Omega$$



Rysunek 1: Filtr środkowoprzepustowy - układ

3 Pomiary

$$R_1 = 10.85k\Omega$$

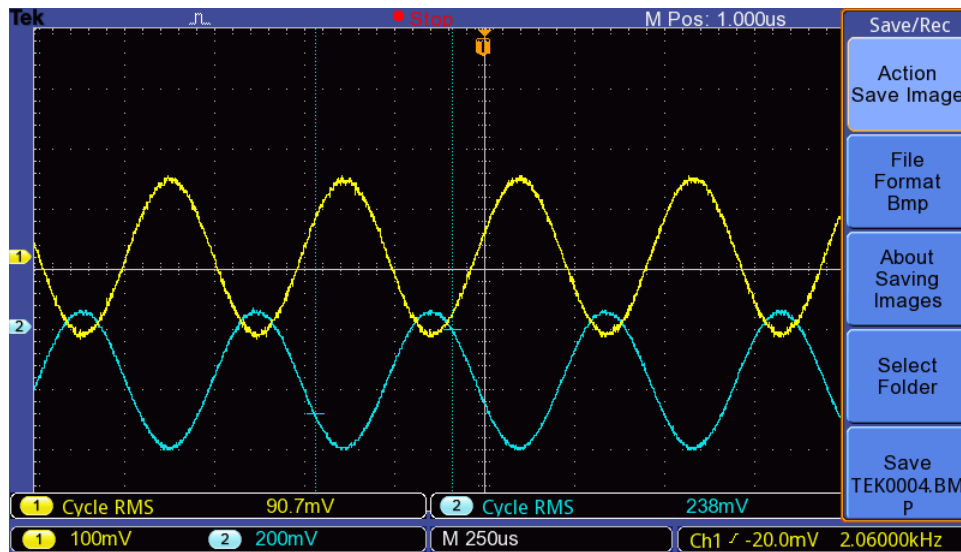
$$R_3 = R_5 = 42.1k\Omega$$

$$R_6 = 291.2\Omega$$

$$C_2 = C_4 = 21.85nF$$

$$U_{zasilania} = \pm 15V \text{ (zasilanie symetryczne)}$$

Na początku odnajduję częstotliwość środkową. Obserwuję przebieg napięć wejściowych i wyjściowych i patrzę, dla której częstotliwości odwraca się faza. Odnalazłam tę wartość na poziomie $f = 2.06 \text{ kHz}$. Wówczas napięcia mają wartości $U_{we} = 91.9mV$, $U_{wy} = 161mV$, co daje wzmacnienie $K_u \approx 1.75 \frac{V}{V}$. Obliczam, jakie wartości wzmacnienia odpowiadają górna i dolna częstotliwość graniczna $0.707 \cdot K_u \approx 1.23 \frac{V}{V}$. Przy pomiarach wynikło, że te częstotliwości to $f_{ggorna} \approx 2.24kHz$ ($U_{we} = 91.8mV$, $U_{wy} = 119mV$), $f_{gdolna} \approx 1.9kHz$ ($U_{we} = 91.9mV$, $U_{wy} = 115mV$)

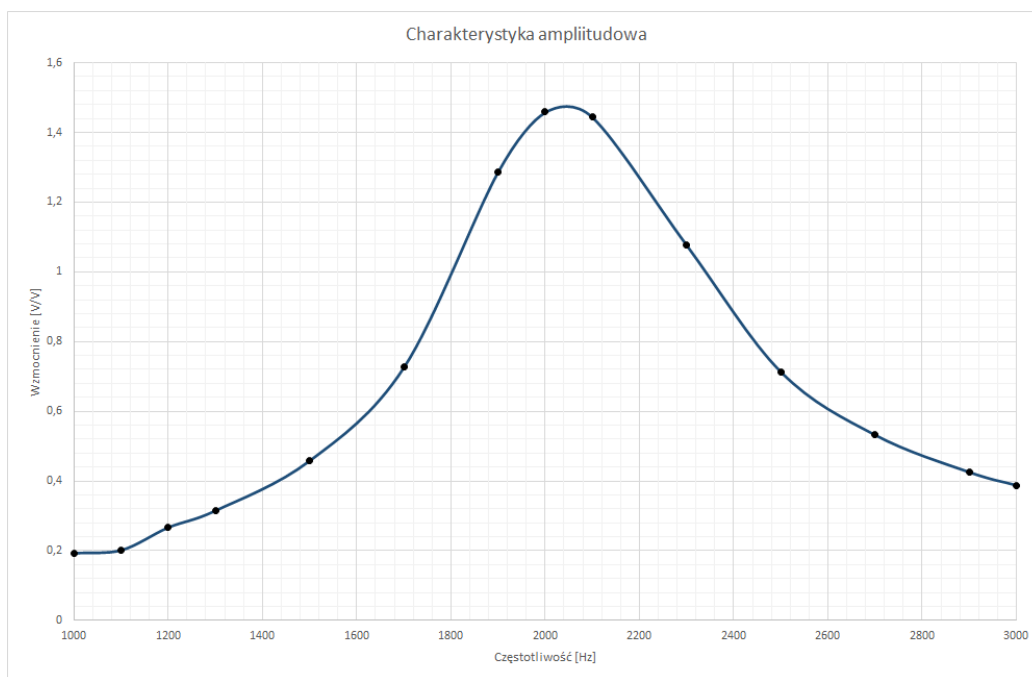


Rysunek 2: Odczyt częstotliwości środkowej f_0

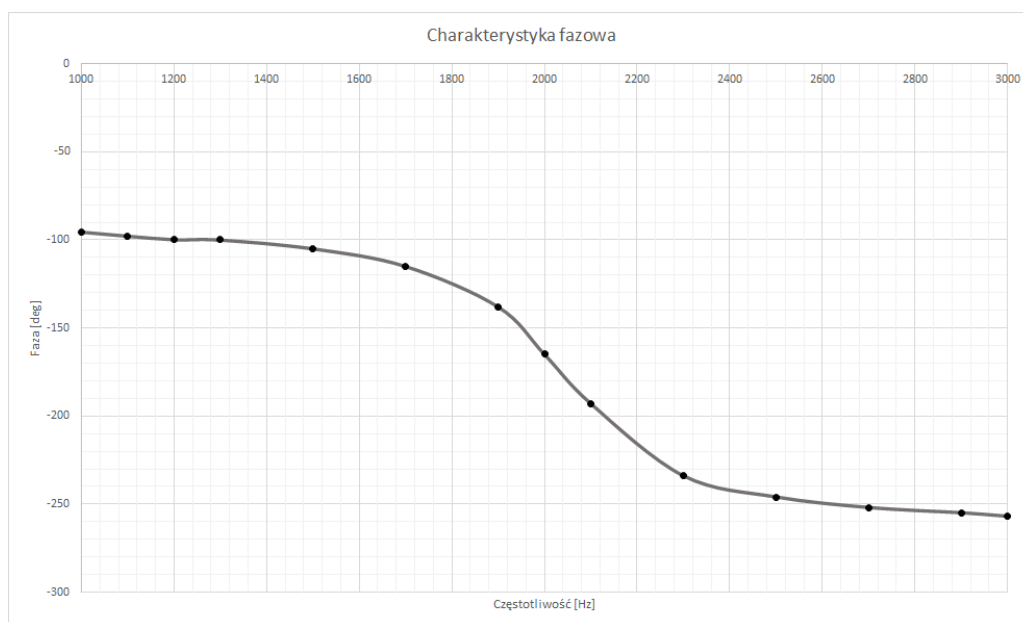
Przy stałej amplitudzie sygnału z generatora z zakresu liniowej pracy zmieniam częstotliwość generowanego sygnału. Odczytuję wartości napięcia wyjściowego i wejściowego oraz przesunięcie fazowe między napięciami wejściowymi a wyjściowymi. Poniżej znajdują się wyniki pomiarów i utworzone na ich podstawie charakterystyki.

f [Hz]	U _{we} [V]	U _{wy} [V]	K _u [V/V]	K _u [dB]	phi [deg]
10	6,96	0,0106	0,0015	-56,35	-82,2
20	7	0,0214	0,0031	-50,29	-87,1
30	7,05	0,0318	0,0045	-46,92	-88,1
50	7,07	0,0536	0,0076	-42,41	-90
70	7,07	0,0753	0,0107	-39,45	-90,7
100	7,06	0,107	0,0152	-36,39	-91,4
200	7,06	0,214	0,0303	-30,37	-91,4
300	7,06	0,323	0,0458	-26,79	-91,9
500	7,06	0,558	0,0790	-22,04	-92,1
700	7,06	0,83	0,1176	-18,59	-94,6
1k	7,05	1,36	0,1929	-14,29	-95,5
1.1k	7,05	1,42	0,2014	-13,92	-97,8
1.2k	7,05	1,88	0,2667	-11,48	-99,8
1.3k	7,05	2,22	0,3149	-10,04	-100
1.5k	7,05	3,23	0,4582	-6,78	-105
1.7k	7,05	5,12	0,7262	-2,78	-115
1.9k	7,13	9,18	1,2875	2,20	-138
2k	7,13	10,4	1,4586	3,28	-165
2.1k	7,13	10,3	1,4446	3,19	-193
2.3k	7,11	7,66	1,0774	0,65	-234
2.5k	7,12	5,08	0,7135	-2,93	-246
2.7k	7,12	3,79	0,5323	-5,48	-252
2.9k	7,12	3,03	0,4256	-7,42	-255
3k	7,12	2,76	0,3876	-8,23	-257
5k	7,11	1,07	0,1505	-16,45	-266,4
7k	5,03	0,497	0,0988	-20,10	-267,8
10k	5,03	0,334	0,0664	-23,56	-270,2
20k	5,02	0,167	0,0333	-29,56	-273,1
50k	4,99	0,0758	0,0152	-36,37	-278
70k	4,99	0,0613	0,0123	-38,21	-283,7
100k	4,94	0,0532	0,0108	-39,36	-285

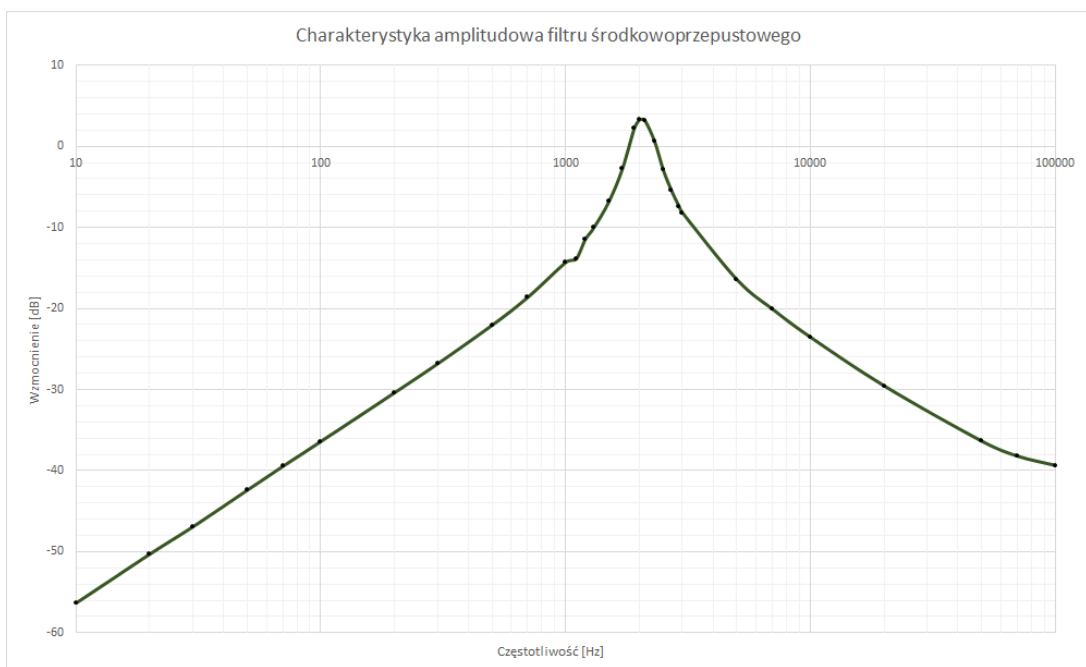
Rysunek 3: Wyniki pomiarów do charakterystyk



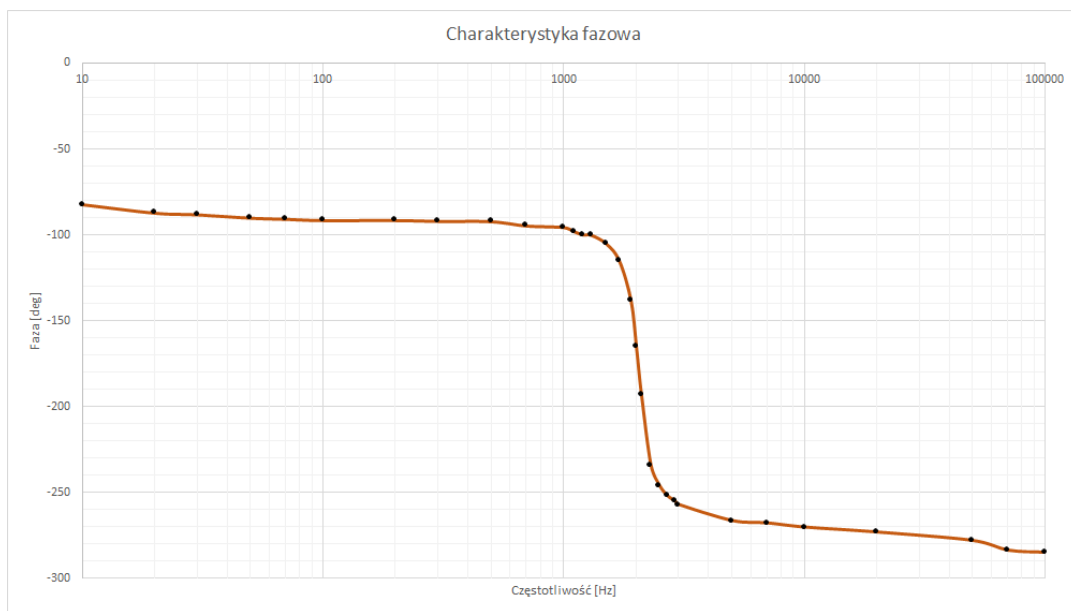
Rysunek 4: Charakterystyka amplitudowa $K_u = f(f)$



Rysunek 5: Charakterystyka fazowa $\varphi = f(f)$

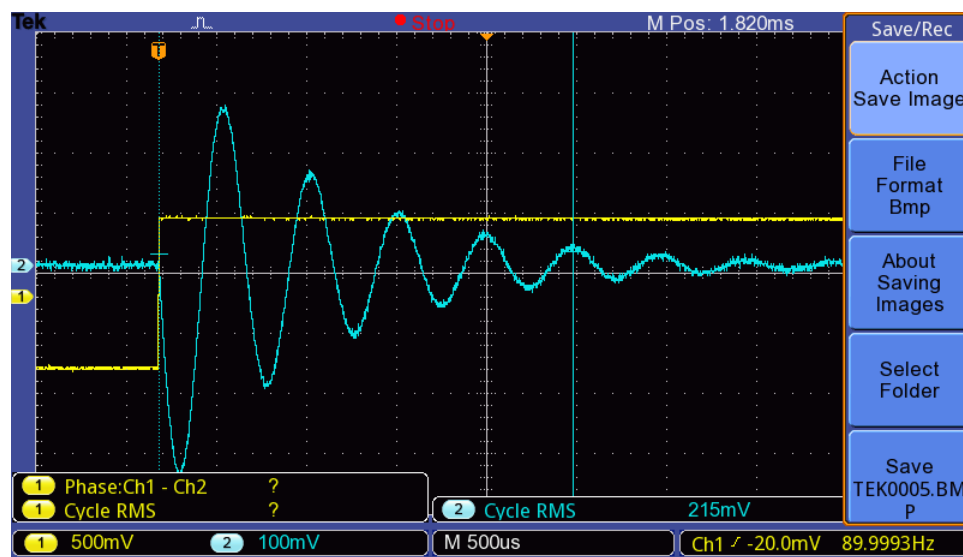


Rysunek 6: Charakterystyka amplitudowa $K_u[dB] = f(\log f)$



Rysunek 7: Charakterystyka fazowa $\varphi = f(\log f)$

W następnym kroku na wejście filtru podaję falę prostokątną o częstotliwości dziesięciokrotnej niższej od dolnej częstotliwości granicznej filtru (ok. 190 Hz). Wynik takiego zabiegu widoczny jest poniżej.



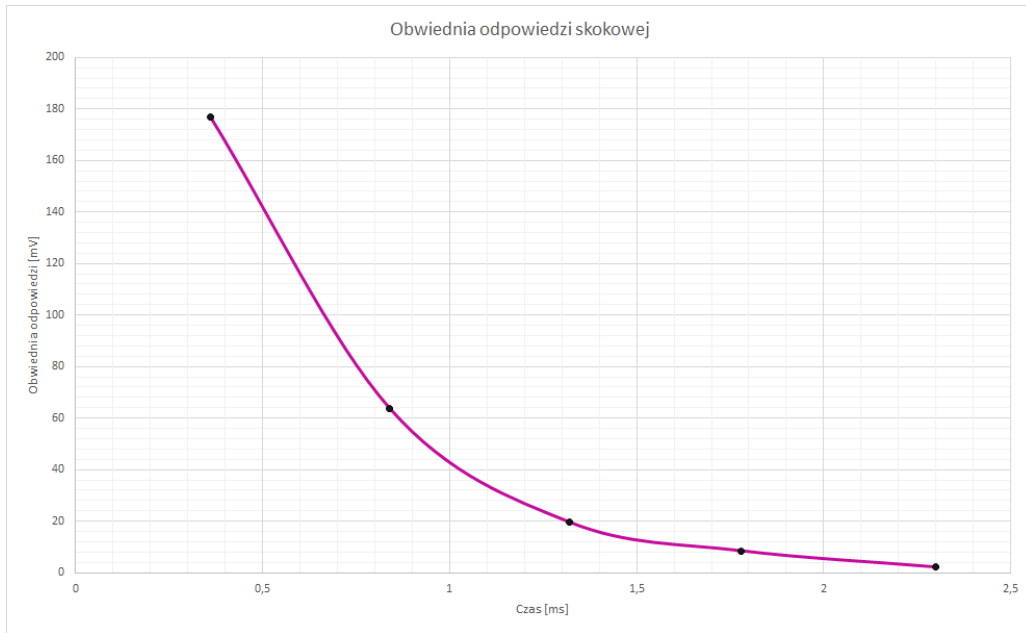
Rysunek 8: Odpowiedź skokowa filtru

Za pomocą kursorów oscyloskopu odczytuję amplitudy i czasy odpowiadające kolejnym (gasnącym) pikom odpowiedzi skokowej.

A [mV]	t [ms]
260	0,36
156	0,84
80	1,32
56	1,78
24	2,3

Rysunek 9: Odpowiedź skokowa filtru - pomiary

Na podstawie tych wyników tworzę wykres obwiedni odpowiedzi skokowej według wzoru $f(t) = Ae^{-t/\tau}$, gdzie $\tau = \pi/\Delta f$.



Rysunek 10: Obwiednia odpowiedzi skokowej

Dobroć układu można wyznaczyć ze wzoru $Q = \frac{\pi}{\tau T}$, gdzie $T = \frac{1}{f_{sr}}$ i τ to współczynnik w równaniu analitycznym odpowiedzi skokowej $x(t) = Ae^{-\tau t} \sin(\omega t + \phi)$. Dokonując odpowiednich przekształceń układu równań:

$$A_1 = Ae^{-\beta T_1}$$

$$A_2 = Ae^{-\beta T_2}$$

gdzie $T_1 = \frac{3}{4}T$ oraz $T_2 = \frac{7}{4}T$, otrzymujemy równanie umożliwiające obliczenie tego parametru $\frac{A_1}{A_2} = e^{\tau T}$ i dalej $\tau = \frac{\ln \frac{A_1}{A_2}}{T}$. Stąd wynika, że $\tau = 1052.3 \frac{1}{s}$, a $Q \approx 6.15$, co daje wartość bardzo bliską założonej.

4 Porównanie obliczonych i uzyskanych wyników

- Wartości obliczone/założone

$$\rightarrow K_u(f_0) = -2 \frac{V}{V}$$

$$\rightarrow f_0 = 2 kHz$$

$$\rightarrow Q = 6$$

$$\rightarrow \Delta f = \frac{f_0}{Q} \approx 333 Hz$$

- Wartości otrzymane

$$\rightarrow K_u(f_0) \approx -1.75 \frac{V}{V}$$

$$\rightarrow f_0 \approx 2.06 kHz$$

$$\rightarrow Q \approx 6.15$$

$$\rightarrow \Delta f \approx 340 Hz$$

5 Wnioski

- Filtr opisany w niniejszym sprawozdaniu ma pasmo przepustowe w zakresie od około 1.90 kHz do 2.24 kHz.
- Różnice pomiędzy parametrami obliczonymi a otrzymanymi wynikają z zaokrągleń wartości dobieranych elementów do wartości wynikających z szeregu oraz niedokładności przyrządów pomiarowych/samych elementów.
- Odpowiedź skokowa filtru jest ograniczona eksponentą zbiegającą do zera. Częstotliwość środkowa jest równocześnie częstotliwością samej odpowiedzi skokowej. Współczynnik τ określa, jak szybko funkcja maleje (jak duże jest tłumienie). Im większa jego wartość, tym odpowiedź szybciej zanika.