

CWICZENIE 4.

FILTR AKTYWNY WZMACNIACZA 1101

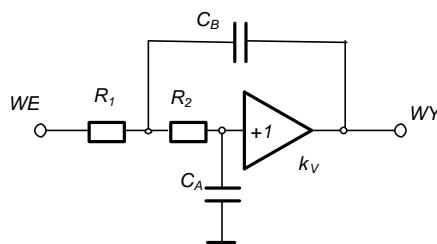
I. Zakres cwiczenia

Badanie własności transmisyjnych dolnoprzepustowego filtra aktywnego (FA) w konfiguracji Sallena–Keya:

- pomiar charakterystyki amplitudowej filtra,
- pomiar odpowiedzi filtra na wymuszenie impulsem o zaniku eksponencjalnym,
- porównanie wyników pomiaru z przebiegami wyznaczonymi teoretycznie,
- pomiary charakterystyk filtra złożonego CR–FA.

II. Przedmiot cwiczenia

Przedmiotem cwiczenia jest układ filtra Sallena–Keya w wersji zastosowanej we wzmacniaczu kształtującym typu 1101 systemu CAMAC-POLON. Uproszczony schemat tego układu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat strukturalny filtra aktywnego Sallena–Keya

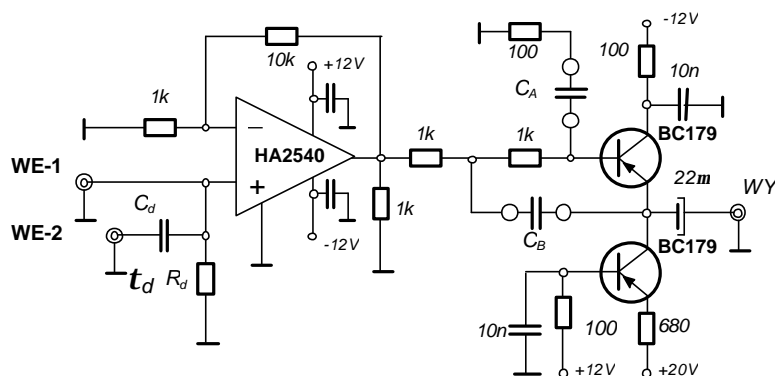
Charakterystyki częstotliwościowe i impulsowe takiej konfiguracji kształtowane są przez celowy dobór wartości parametrów elementów składowych.

W przypadku filtra wzmacniacza 1101 założono:

- $R = R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$,
 - $C = C_B = 4C_A$ (dobierane stosownie do zakresu),
 - $k_V = +1$,
- przy czym iloczyn $RC = \tau_i$ określa dominującą stałą czasową filtra.

W module ćwiczeniowym podstawowa struktura filtra uzupełniono wejściowym wzmacniaczem szerokopasmowym (replikując w ten sposób wybrany fragment wzmacniacza 1101) oraz wejściowym obwodem różniczkującym CR umożliwiającym synteze filtra pasmowo-przepustowego.

Elementy te uwidoczono na rysunku 2 przedstawiającym schemat modułu ćwiczeniowego. W takiej też postaci zamieszczono go na płycie czolowej modułu.



Rys. 2. Schemat modułu ćwiczeniowego z filtrem Sallena–Keya

Warto tu przypomnieć, że w spektrometrycznym torze pomiarowym pierwotnym źródłem sygnału jest detektor promieniowania, stanowiący impulsowe źródło prądowe. Generowane w nim impulsy prądowe są wstępnie całkowane w stowarzyszonych inercyjnych obwodach wejściowych toru pomiarowego, ulegając przekształceniu w proporcjonalne impulsy napięciowe. Traktując z kolei pierwotne impulsy prądowe jako impulsy dirakowskie $\{I_D(t) = Q\delta(t)\}$, sygnał na wejściu systemu filtracyjnego (na miarę poczynionego uproszczenia) przybiera postać ciągu impulsów heaviside’owskich $\{V_i(t) = Q/C H(t)\}$. Ta forma sygnału podlega procesowi filtracji.

Własności transmisyjne toru pomiarowego odnosić można zarówno do pierwotnego (rzeczywistego) prądowego źródła sygnału, jak i do wtórnego (zastępczego) źródła napięciowego. Stąd też według pierwszego podejścia określana jest tzw. *globalna charakterystyka impulsowa* $h(t)$, opisująca odpowiedź całego toru (od detektora do wyjścia) na jednostkowy impuls prądowy. W przypadku alternatywnym, wobec wyłączenia z toru pomiarowego układu wstępnego całkowania i wprowadzenia w jego miejsce zastępczego (wtórne-go) źródła napięciowego, korzystamy z *charakterystyki skokowej* $\{R(t)\}$ pozostałej części toru. Dodajmy, że w konfiguracji $\{CR/FA\}$ (obwód różniczkujący C - R i filtr aktywny) jest ona równoważna odpowiedzi dolnoprzepustowego filtra aktywnego na wymuszenie impulsem o zaniku eksponencjalnym $\{V_{iFA} = 1 \exp(-t/RC)\}$. W szczególności dla badanego układu filtra Sallena–Keya opisuje ją funkcja

$$R(t)|_{CR-FA} = \frac{4}{3} \exp\left\{-\frac{t}{RC}\right\} \left[1 - \cos\left\{\frac{\sqrt{3}}{RC} t\right\} \right]$$

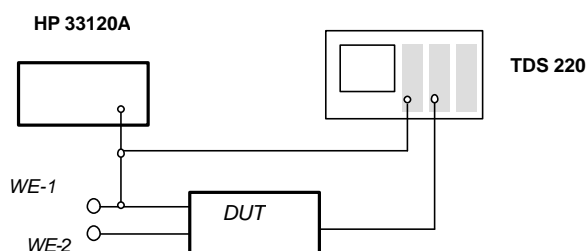
z której charakterystyka amplitudowa dana jest równaniem

$$F(w)|_{CR-FA} = \frac{1}{\sqrt{0,0625(wRC)^4 - 0,25(wRC)^2 + 1}} \frac{wRC}{\sqrt{1 + (wRC)^2}}$$

III. Program cwiczenia - instrukcja szczegółowa

1) Pomiar charakterystyki amplitudowej filtra aktywnego *FA*

Zestawić układ pomiarowy według rysunku 3. Dokonać orientacyjnych pomiarów charakterystyk przejściowej (na częstotliwości 10 kHz) i amplitudowej (w rozporządzalnym zakresie częstotliwości) wzmacniacza buforowego (przy wyłączonych C_A i C_B). Dobrac wartości dołączanych pojemności C_A i C_B z warunku założonej wartości dominującej stałej czasowej $\tau_i = 1 \mu\text{s}$. Pomiary charakterystyk filtra przeprowadzić przy poziomie sygnału wejściowego równym w przybliżeniu połowie zakresu dynamicznego układu.



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru charakterystyki amplitudowej

Właściwe pomiary charakterystyki amplitudowej filtra przeprowadzić przy racjonalnym pokryciu punktami pomiarowymi zakresu przenoszenia filtra; rzadszym w obszarze płaskim, natomiast zagęszczonym przy końcu pasma przenoszenia.

W procedurze pomiarowej obejmującej wyłącznie dolnoprzepustowy filtr aktywny *FA*, sygnał pomiarowy z generatora sygnału sinusoidalnie zmiennego (HP 33120A) podać na wejście bezpośrednie badanego układu, oznaczone symbolem WE-1. Powtórzyć taki cykl pomiarowy dla wartości $\tau_i = 2 \mu\text{s}$ i $4 \mu\text{s}$.

Wykreslic przebiegi pomierzonych charakterystyk w ogólnie przyjętym sposobie prezentacji (poziom w dB oraz częstotliwość w Hz).

2) Pomiar odpowiedzi *FA* na wymuszenie typu $A \exp(-t/\tau)$

W poprzednio zestawionym układzie pomiarowym w miejsce generatora sygnału sinusoidalnie zmiennego włączyć generator impulsów o zaniku eksponencjalnym (typu RP-1 lub RP-2).

Nastawić następujące wartości parametrów sygnału:

- amplituda $V_i = 100 \text{ mV}$,
- czas narastania $t_r = 50 \text{ ns}$,
- czas opadania $t_d = 1 \mu\text{s}$,
- częstotliwość $f = 1 \text{ kHz}$.

Za pomocą oscyloskopu pomiarowego dokonac pomiaru następujących parametrów odpowiedzi (impulsu wyjściowego):

- amplitudy $V_{o \max}$
- czasu osiągnięcia maksimum t_{\max}
- czasu osiągnięcia 1% V_{\max} t_{re} .

Pomiary przeprowadzić dla wartości τ_i równych 1 μ s, 2 μ s i 4 μ s. Przerysować przebiegi odpowiedzi z ekranu oscyloskopu.

3) Pomiary charakterystyk filtru złożonego (CR) - (FA)

Przedmiotem pomiaru tego zadania ćwiczeniowego jest:

- charakterystyka amplitudowa,
- charakterystyka skokowa filtru.

Pomiary należy przeprowadzić w warunkach włączonego w tor sygnału (na wejściu) dodatkowego obwodu górno-przepustowego (CR). Obwód taki jest trwale wmontowany do układu modułu ćwiczeniowego, a jego praktyczne włączenie w tor sygnału dokonywane jest przez podanie sygnału pomiarowego na drugie wejście modułu oznaczone symbolem WE-2.

Uzyskany w ten sposób filtr złożony jest filtrem **pasmowo-przepustowym**. Ze względu na ustaloną a priori wartość stałej czasowej obwodu różniczkującego, równa z założenia $\tau_d = 1 \mu$ s, wartość dominującej stałej czasowej filtru aktywnego (FA) należy nastawić także równą $\tau_i = 1 \mu$ s.

Pomiar charakterystyki amplitudowej filtru złożonego należy przeprowadzić dokładnie według procedury podanej w punkcie 1).

W pomiarze charakterystyki skokowej filtru złożonego przełączyć generator wielofunkcyjny HP 33120A w tryb generacji fali prostokątnej przy następujących wartościach parametrów sygnału:

- amplituda $V_i = 100 \text{ mV}$,
- częstotliwość $f = 1 \text{ kHz}$.

Przerysować z ekranu oscyloskopu przebieg odpowiedzi filtru i porównać go z przebiegiem odpowiedzi samego filtru aktywnego (FA) na wymuszenie impulsem o zaniku eksponencjalnym ze stałą czasowa równa dominującej stałej czasowej filtru (uzyskanym w pomiarze według punktu 2).

4) Porównanie wyników doświadczalnych z obliczeniowymi

Podać ogólną postać transmitancji filtra Sallena–Keya oraz wywodzić się z niej funkcje charakterystyki impulsowej i amplitudowej.

Wyznaczyć funkcje odpowiedzi skokowej i charakterystyki amplitudowej filtra złożonego. W oparciu o powyższe zależności teoretyczne, dla zadanych wartości elementów układu, zobrazić te przebiegi, korzystając z grafiki komputerowej. Sporządzić wydruki charakterystyki i porównać je z odpowiednimi przebiegami wyznaczonymi eksperymentalnie.

Na gruncie znajomości topologii badanego układu oraz wartości elementów składowych wyznaczyć przebiegi tychże charakterystyk metodą analizy komputerowej (wg programu „SPICE”), sporządzić wydruki tych przebiegów i porównać je z charakterystykami wyznaczonymi w poprzednich procedurach.

IV. Wyposażenie stanowiska ćwiczeniowego

- Moduł ćwiczeniowy: FILTR AKTYWNY WZMACNIACZA 1101
- Generator sygnałów okresowo zmiennych: typ HP 33120A
- Generator impulsów typu TAIL PULSE – Mod. RP-1
- Oscyloskop pomiarowy: typ TDS 220
- Zasilacz niskiego napięcia: typ KB-60-01
- Profesjonalny miernik automatyczny typu CHY 29 lub LCR-METER typu CHY 41
- Komplet kondensatorów
- Kable i przewody połączeniowe
- Komputery z odpowiednim oprogramowaniem (w ramach ogólnego wyposażenia Laboratorium Elektroniki Jadrowej oraz Katedry Elektroniki Jadrowej)

V. Literatura pomocnicza

- [1] Białko M. (red.): *Filtry aktywne RC*. Warszawa, WNT 1979
- [2] Instrukcje obsługi aparatury pomiarowo-kontrolnej
- [3] Korbel K., Dąbrowski W.: *Filtracja sygnału w spektrometrycznym torze pomiarowym. Filtry analogowe*. Kraków, Wyd. AGH 1992
- [4] Sallen R.P., Key E.L.: *A Practical Method of Designing RC-Active Filters*. IRE Trans. on Circuit Theory, CT-2, 74, 1955