

WZMACNIACZE OPERACYJNE

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Tematem ćwiczenia są zastosowania wzmacniaczy operacyjnych w układach przetwarzania sygnałów analogowych. Ćwiczenie składa się z dwóch części: pomiarowej i symulacyjnej realizowanych na odrębnych zajęciach. Zadaniem ćwiczących jest dokonanie pomiaru wybranych parametrów i charakterystyk kilku układów funkcjonalnych wykorzystujących wzmacniacze operacyjne i porównanie ich z wynikami symulacji.

Celem ćwiczenia jest ugruntowanie wiadomości dotyczących własności sprzężenia zwrotnego oraz zapoznanie z różnorodnymi zastosowaniami wzmacniaczy operacyjnych. Przed przystąpieniem do zajęć należy indywidualnie przygotować konspekt zgodnie z przydzieloną grupą laboratoryjną.

Symulacje wzmacniacza operacyjnego

W ćwiczeniu symulować będziemy własności wybranych aplikacji wzmacniacza operacyjnego. Przeprowadzić należy symulację wszystkich układów przedstawionych w instrukcji. Warunkiem dopuszczenia do realizacji ćwiczenia jest przygotowanie konspektu.

1. Przebieg ćwiczenia

1.1. Wzmacniacz operacyjny w konfiguracji odwracającej i nieodwracającej

Konspekt

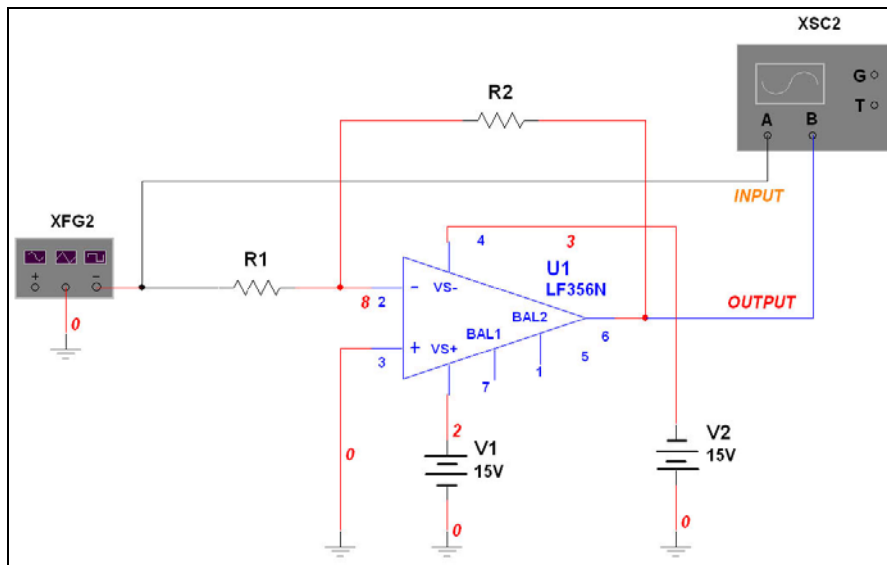
Wyprowadzić zależność na wzmocnienie układu i dobrać jego wartość zgodnie z tabelką.

	Zespół A	Zespół B	Zespół C	Zespół D
Wzmocnienie k_U [V/V]	$5 \pm 0,5$	$-(2 \pm 0,5)$	$-(7 \pm 0,5)$	7 ± 1
Wzmocnienie k_U [V/V]	21 ± 1	$-(12 \pm 0,5)$	$-(15 \pm 1)$	18 ± 1

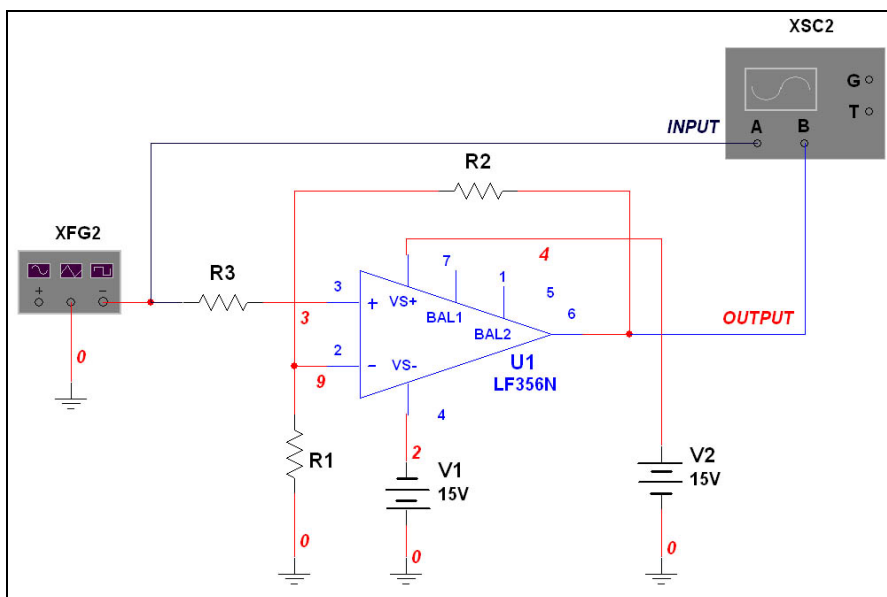
Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach:

$1k\Omega$, $3.3k\Omega$, $4.7k\Omega$, $10k\Omega$, $15k\Omega$, $22k\Omega$, $39k\Omega$, $56k\Omega$, $68k\Omega$, $82k\Omega$, $100k\Omega$

W zależności od zespołu wprowadzić należy do programu symulacyjnego jeden ze schematów przedstawionych na rys.1 (wzmacniacz odwracający) i rys.2. (wzmacniacz nieodwracający) uzupełniony o wartości elementów obliczonych w konspekcie do ćwiczenia.



Rys.1. Wzmacniacz operacyjny w konfiguracji odwracającej.



Rys.2. Wzmacniacz operacyjny w konfiguracji nieodwracającej.

Symulacje:

- Pomiar wzmocnienia układu

Zadeklarować wymuszenie sinusoidalne rzędu kilkuset miliwoltów i częstotliwości 1kHz. Obserwując sygnał na oscyloskopie (lub wykonać z menu analizę czasową typu Transient - Simulate/Analyses/Transient Analyses...) zweryfikować obliczone wzmocnienie w układzie. Jeśli wzmacniacz nie spełnia założeń projektowych skorygować wartości rezystorów. Zwiększając napięcie wejściowe zaobserwować efekt przesterowania wzmacniacza. Odnotować wartość napięcia przesterowania U_p .

- Charakterystyka przejściowa

Przełączyć oscyloskop w tryb pracy XY. Częstotliwość sygnału ustawić na 1Hz a amplitudę na tyle dużą, aby widoczne było nasycenie wzmacniacza. Przerysować charakterystykę przejściową układu $U_{WY}=f(U_{WE})$ i określić na jej podstawie wzmocnienie wzmacniacza i wartość napięcia przesterowania. Porównać z wartościami otrzymanymi w punkcie wcześniejszym. Doświadczenia powtórzyć dla drugiego układu (o innym wzmocnieniu).

- Określić charakterystykę częstotliwościową układu dla dwóch obliczonych wzmocnień

Zadeklarować analizę częstotliwościową – Simulate/Analyses/ACAnalysis... Określić wartość górnej częstotliwości granicznej. Jak wpływa zmiana wzmocnienia k_U na pasmo układu? Odnotować charakterystykę fazową układu.

Wyjaśnij w sprawozdaniu co oznacza pojęcie „stałego pola wzmocnienia”.

1.2. Wzmacniacz operacyjny jako układ całkujący

Na rys.3 przedstawiono aplikację wzmacniacza operacyjnego do kształtowania sygnału analogowego. Odpowiedni dobór parametrów elementów zewnętrznych pozwala na całkowanie sygnału wejściowego. Narysować układ z elementami o wartościach podanych w tabeli.

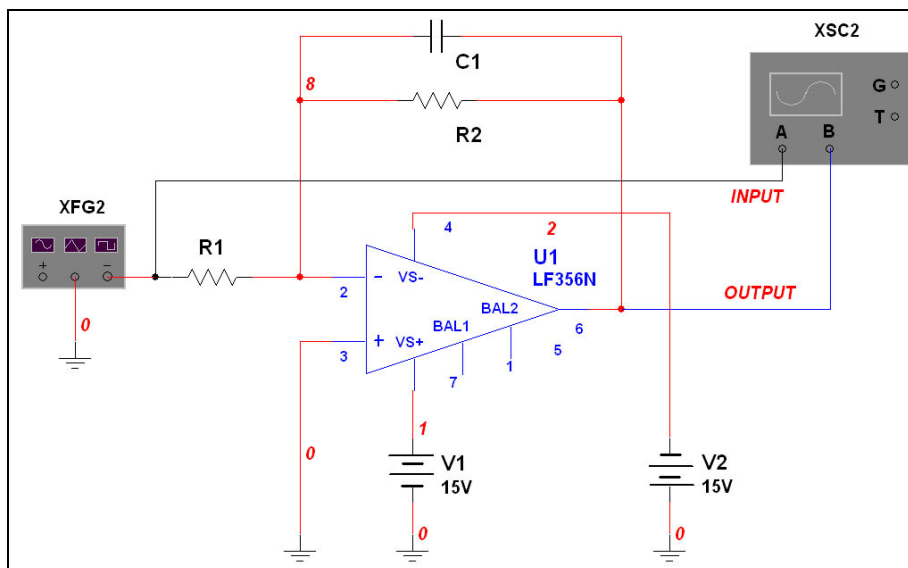
Konspekt

Dla wartości zamieszczonych w tabeli poniżej obliczyć stałą czasową τ układu i oszacować w jakim zakresie częstotliwości sygnał będzie całkowany. Narysuj w konspekcie scałkowany sygnał prostokątny jeśli $\tau \gg T$, $\tau \ll T$ oraz $\tau = T$, gdzie T jest okresem sygnału wejściowego.

Wyjaśnij jak na podstawie odpowiedzi impulsowej układu całkującego określić jego pasmo (jaki związek występuje między czasem narastania układu t_n a jego 3-decybelową częstotliwością graniczną)

Jaką rolę pełni rezystor R_2 w pętli sprzężenia zwrotnego?

	Zespół A	Zespół B	Zespół C	Zespół D
Rezystor R_1 [k Ω]	10 k Ω	15 k Ω	10 k Ω	15 k Ω
Rezystor R_2 [k Ω]	56 k Ω	82 k Ω	68 k Ω	100 k Ω
Pojemność C [nF]	6.8nF	15nF	22nF	5.6nF



Rys.3. Wzmacniacz operacyjny jako integrator.

Symulacje

- Obserwacja całkowania sygnału

Podać sygnał prostokątny z generatora (częstotliwość rzędu kilkuset herców), amplitudę dobrać tak aby nie wystąpiło przesterowanie wzmacniacza. Obserwować na oscyloskopie napięcie wejściowe i wyjściowe. Odrysować kilka przebiegów dla różnych częstotliwości sygnału i sformułować wnioski. Czy operacja całkowania jest realizowana bez żadnych ograniczeń?

Jaki wpływ ma składowa stała sygnału wejściowego na kształt i poziom sygnału wyjściowego.

- Określić pasmo na podstawie odpowiedzi impulsowej

Podać sygnał prostokątny o tak dobranej amplitudzie, aby nie wystąpiło przesterowanie wzmacniacza. Obserwować na oscyloskopie napięcie wejściowe i wyjściowe. Dobrać tak częstotliwość sygnału, aby możliwe było określenie pasma układu na podstawie czasu narastania t_n . Lepszą interpretację wyników zapewni zadeklarowanie analizy typu Transient

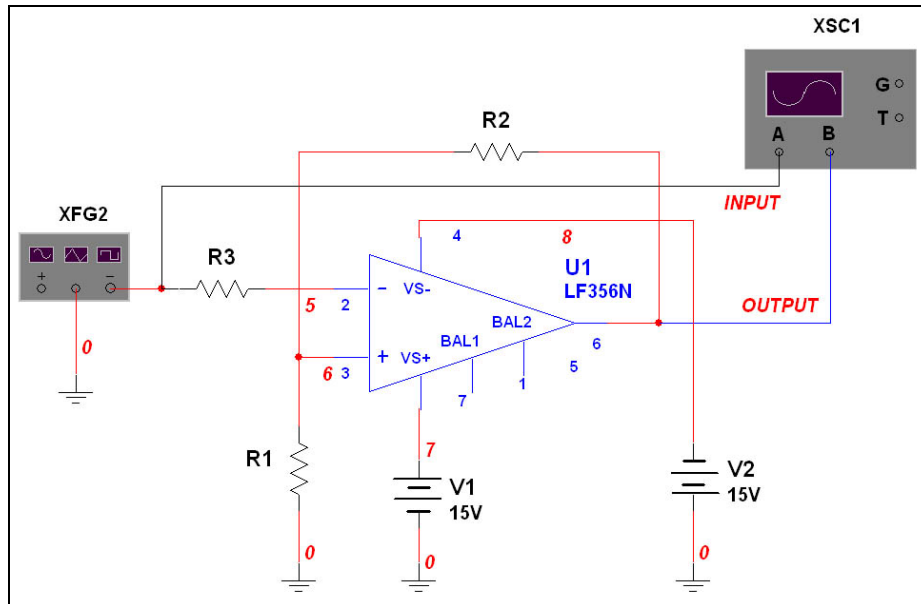
- Określić charakterystykę częstotliwościową integratora

Zadeklarować analizę częstotliwościową – Simulate/Analyses/ACAnalysis... Określić na podstawie charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej wartość górnej częstotliwości granicznej. Jak zmienia się charakterystyka fazowa układu?

Porównaj w sprawozdaniu pasmo wyznaczone na podstawie odpowiedzi impulsowej oraz z charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej.

1.3. Wzmacniacz operacyjny w układzie Schmitta

Zbudować układ Schmitta przedstawiony na rys.4. Układ ten należy do klasy układów nieliniowych a prezentujemy go w tym ćwiczeniu ze względu na jego formalne podobieństwo do wzmacniacza nieodwracającego - różnica polega na zamianie zacisków wejściowych wzmacniacza operacyjnego. Zwróć uwagę na zmianę charakteru sprzężenia zwrotnego z ujemnego na dodatni co spowoduje radykalną zmianę funkcji!



Rys.4. Komparator z histerezą na wzmacniaczu operacyjnym

Konspekt

Obliczyć wartości rezystorów sprzężenia zwrotnego tak, aby otrzymać progi przełączania zgodne z wartościami podanymi w tabeli.

Dla zaprojektowanego układu Schmitta narysować charakterystykę przejściową.

	Zespół A	Zespół B	Zespół C	Zespół D
Napięcie progowe U_{IMAX}	$2 \pm 10\%$	$6 \pm 10\%$	$5 \pm 10\%$	$3 \pm 10\%$
Napięcie progowe U_{IMIN}	$-2 \pm 10\%$	$-6 \pm 10\%$	$-5 \pm 10\%$	$-3 \pm 10\%$

Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach:

$1k\Omega$, $3.3k\Omega$, $4.7k\Omega$, $10k\Omega$, $15k\Omega$, $22k\Omega$, $39k\Omega$, $56k\Omega$, $68k\Omega$, $82k\Omega$, $100k\Omega$

Symulacje:

- Symulacja charakterystyki przejściowej

Przełączyć oscyloskop w tryb pracy XY. Częstotliwość sygnału wejściowego zadeklarować na 1Hz a amplitudę na 15V. Sygnał wejściowy wzmacniacza doprowadzić do płytek X (wej.A) a wyjściowy do płytek Y (wej.B) oscyloskopu. Przerysować charakterystykę przejściową układu $U_{WY}=f(U_{WE})$. Ze względu na małą częstotliwość sygnału otrzymana charakterystyka może być uważana za stałoprądową.

1.4. Sumowanie i odejmowanie sygnałów analogowych na wzmacniaczu operacyjnym

Konspekt

Wybrać układ przedstawiony na rys.5 lub rys.6, tak aby zapewnił realizację funkcji określonej w poniższej tabeli:

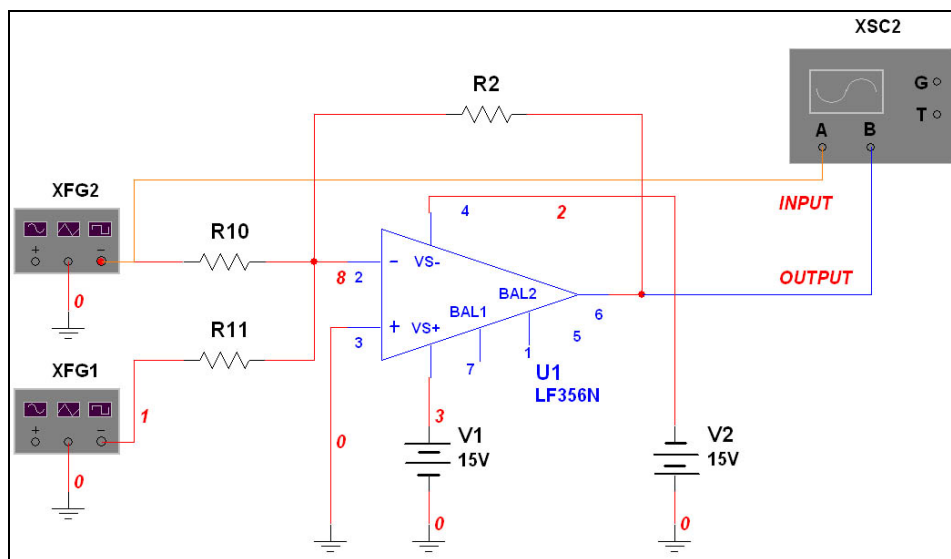
	Zespół A	Zespół B	Zespół C	Zespół D
Realizowana funkcja	$3.5 (U_{in2} - U_{in1})$	$- 7 (U_{in2} + U_{in1})$	$2 (U_{in2} - U_{in1})$	$- 2.5 (U_{in2} + U_{in1})$

Funkcje powinny być realizowane z dokładnością 10%

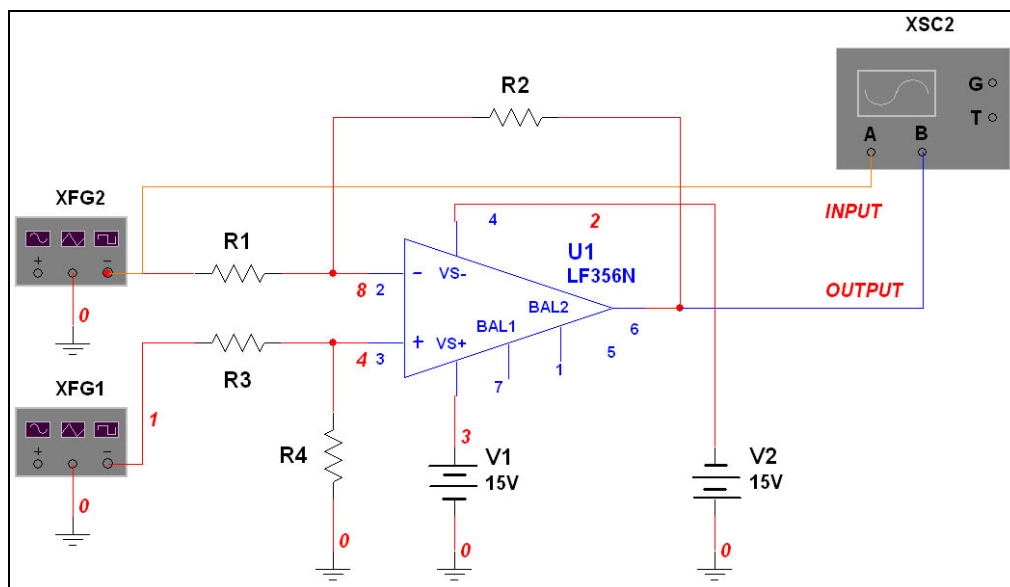
Uwaga! Do dyspozycji wyłącznie rezystory o wartościach:

$1k\Omega$, $3.3k\Omega$, $4.7k\Omega$, $10k\Omega$, $15k\Omega$, $22k\Omega$, $39k\Omega$, $56k\Omega$, $68k\Omega$, $82k\Omega$, $100k\Omega$

W zależności od przydzielonego zespołu wprowadzić do symulatora układ z rys.5 lub rys.6. z zadeklarowanymi wartościami elementów na podstawie konspektu do ćwiczenia.



Rys.5. Wzmacniacz sumujący.



Rys.6. Wzmacniacz różnicowy

Symulacje:

- Pomiar parametrów wzmacniacza sumującego lub odejmującego

Zadeklarować sygnał sinusoidalny o częstotliwości 5kHz na jednym z generatorów natomiast na drugim sygnał trapezowy o częstotliwości 500Hz. Sygnał ten można uzyskać po wybraniu opcji sygnału prostokątnego, wówczas uaktywnia się zakładka 'Set Rise/Fall Time'. Ustawiając czas narastania/opadania zboczy sygnału prostokątnego można uzyskać sygnał trapezowy.

Amplitudę sygnałów należy dobrać tak, aby nie nastąpiło przesterowanie układu i widoczny był „ładny” efekt wizualny, co pozwoli na łatwiejszą interpretację wyników. Zaobserwować sygnał wyjściowy na oscyloskopie, wyjaśnić w sprawozdaniu jego kształt i poziom w odniesieniu do sygnałów wejściowych.

Do obserwacji sygnału w dziedzinie czasu zadeklarować analizę czasową (Simulate/Analyses/Transient Analysis...)

Literatura pomocnicza:

Wykłady - Podstawy Elektroniki, KE AGH

S.Kuta „Elementy i układy elektroniczne cz.1,2” AGH

U.Tietze Ch.Schenk, „Układy półprzewodnikowe” WNT 1996