

Sprawozdanie 4

Wzmacniacz Operacyjny

Maciej Mionskowski

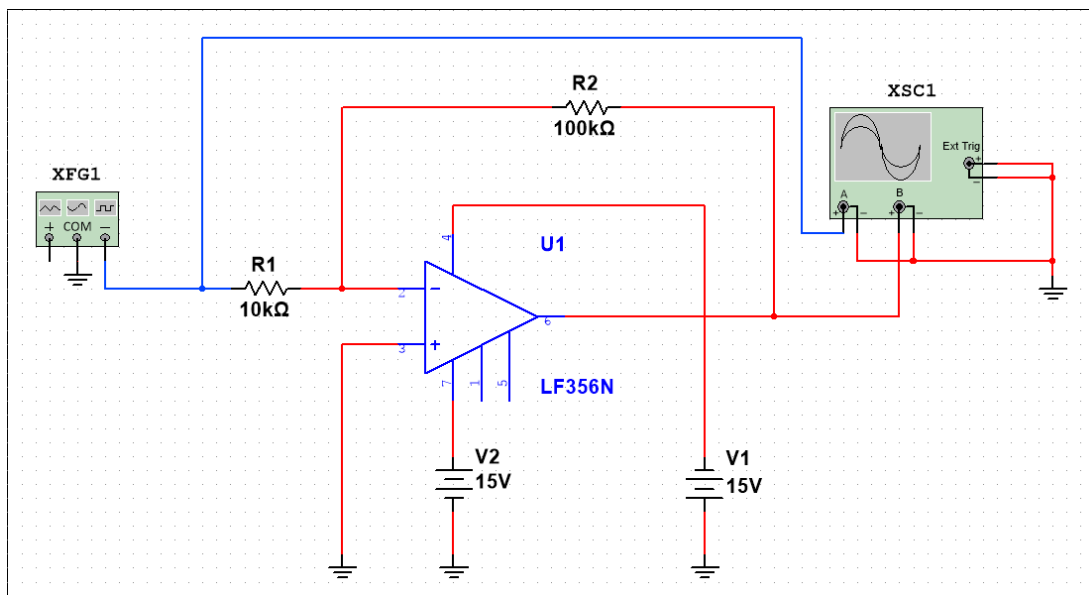
Celem ćwiczenia było zapoznanie się z działaniem, właściwościami i zastosowaniem wzmacniaczy operacyjnych (OpAmp).

1 Wzmacniacz operacyjny w układzie wzmacniacza odwracającego

1.1 Cel

Celem ćwiczenia było dobranie wartości rezystora R_2 tak aby wzmocnienie $k_u = -10$ i poznanie zasady działania wzmacniacza odwracającego.

1.2 Analiza



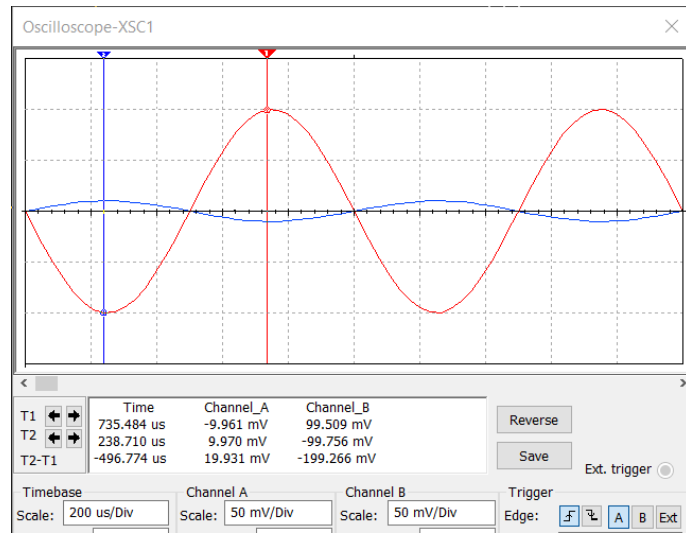
Rysunek 1: Schemat ideowy odwracającego wzmacniacza operacyjnego. W obwodzie należało wyznaczyć wartość rezystora R_2

$$i_{R_1} = \frac{U_{we}}{R_1}, U_- = 0V, U_+ = 0V, i_- = 0A, i_+ = 0A$$

$$U_{wy} = -i_{R_1} * R_2$$

$$\frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{-\frac{U_{we}}{R_1} * R_2}{U_{we}} = -\frac{R_2}{R_1} = k_u$$

$$-10k\Omega * -10 = R_2 \Rightarrow R_2 = 100k\Omega$$



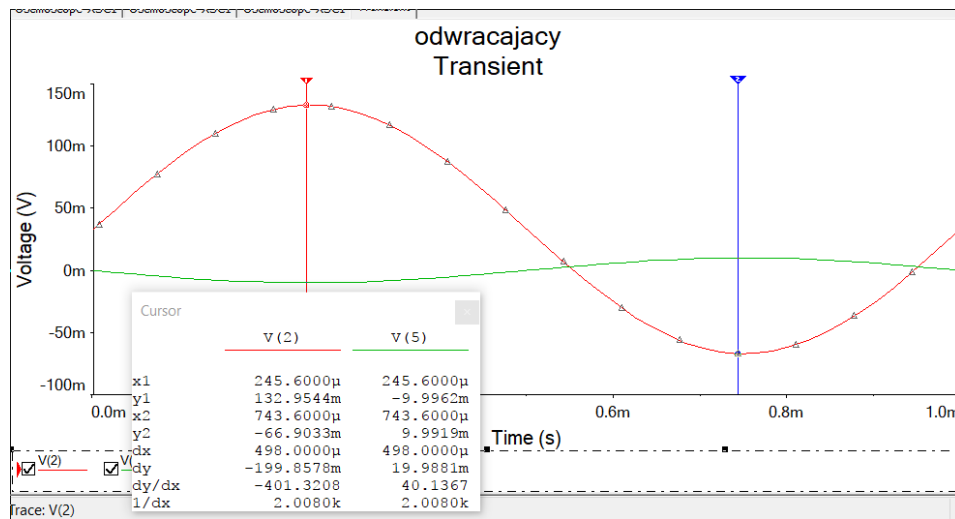
Rysunek 2: Pomiar napięcia *peak to peak* na oscyloskopie w układzie 1 celem wyznaczenia rzeczywistego wzmocnienia i potwierdzenia poprawności wykonanych obliczeń.

Rzeczywiste wzmocnienie układu możemy wyznaczyć wyznaczając stosunek napięć *peak to peak* na oscyloskopie:

$$U_{we} = |-9.961| + 9.970 = 19.931 \text{ [mV]},$$

$$U_{wy} = 99.509 + |-99.756| = 199.265 \text{ [mV]},$$

$$k_u = \frac{199.265}{19.931} = 9.9977$$



Rysunek 3: Pomiar napięcia *peak to peak* w analizie transient w układzie 1 celem wyznaczenia rzeczywistego wzmocnienia i potwierdzenia poprawności wykonanych obliczeń.

Rzeczywiste wzmocnienie układu możemy wyznaczyć wyznaczając stosunek napięć *peak to peak* przy analizie transient:

$$U_{we} = |-9.9962| + 9.9919 = 19.9881 \text{ [mV]},$$

$$U_{wy} = 132.9544 + |-66.9033| = 199.8577 \text{ [mV]},$$

$$k_u = \frac{199.8577}{19.9881} = 9.9988$$

1.3 Wniosek

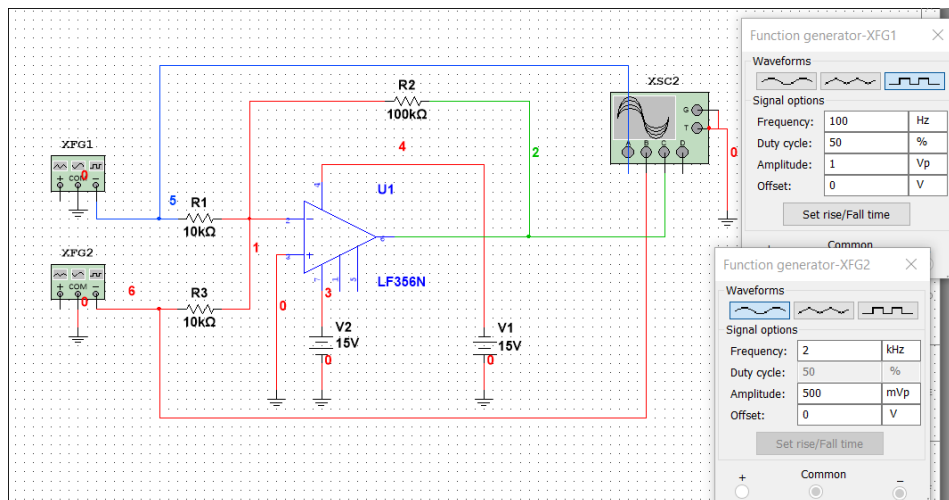
Zakładając nieskończoną impedancję wejściową i dążenie wzmacniacza do wyrównania napięć na wejściach możemy dzięki bardzo dobrym rzeczywistym parametrom wzmacniacza wyznaczyć takie wartości rezystorów aby uzyskać dane wzmocnienie. W przypadku powyższego zadania wartość $R_2 = 100k\Omega$ jest szukany oporem, który daje wzmocnienie $k_u = -10$. Wzmocnienie we wzmacniaczu odwracającym możemy policzyć ze wzoru $-\frac{R_2}{R_1} = k_u$. Drobne rozbieżności rzędu 0.1% są spowodowane napięciem polaryzującym wzmacniacz i niedoskonałościami programu MultiSim.

2 Wzmacniacz operacyjny odwracający w układzie sumatora

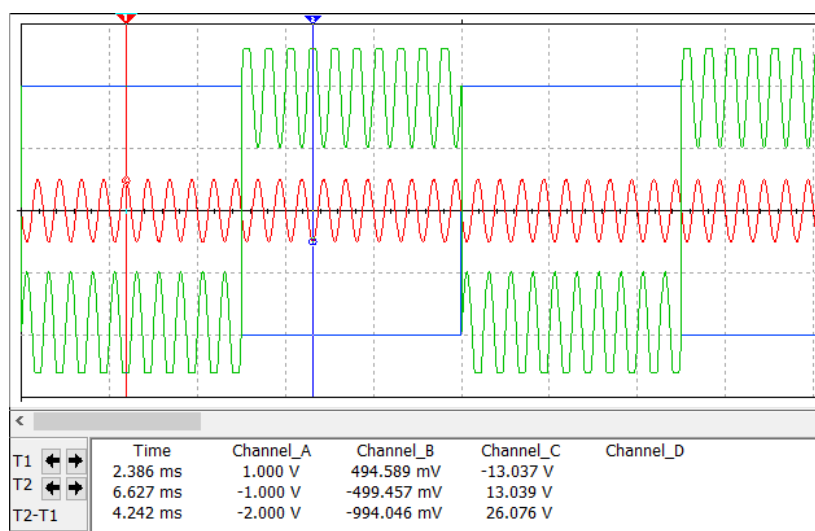
2.1 Cel

Celem ćwiczenia było zapoznanie z zasadą działania sumatora odwracającego.

2.2 Analiza



Rysunek 4: Układ wzmacniacza operacyjnego odwracającego w układzie sumatora. Na jedno wejście zapodano sygnał prostokątny a na drugie sinusoidalny.



Rysunek 5: Sygnał na wyjściu układu sumatora. Można zauważyć, że sygnał sinusoidalny *nakładany* jest na sygnał prostokątny, dodatkowo widać, że sygnał jest odwrócony dzięki zastosowaniu wzmacniacza odwracającego.

2.3 Wniosek

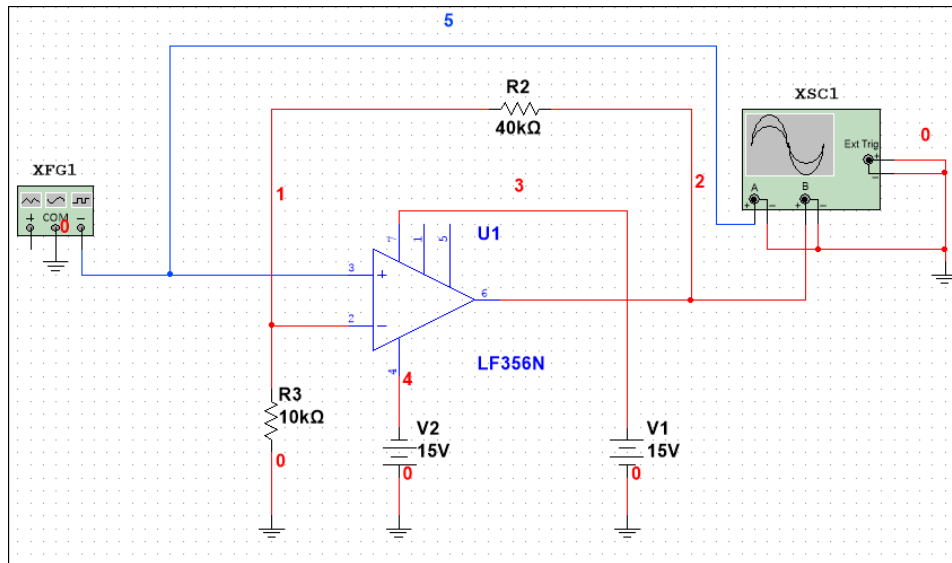
Wzmacniacz operacyjny odwracający w roli sumatora sumuje napięcia zadane na wejściu a następnie odwraca fazę. Dzięki odpowiedniemu dobraniu rezystorów można układ przekształcić w sumator binarny, pozwoli to na późniejsze odseparowanie sygnałów.

3 Wzmacniacz operacyjny w układzie wzmacniacza nieodwracającego

3.1 Cel

Celem ćwiczenia było dobranie wartości rezystora R_2 tak aby wzmocnienie $k_u = 5$ i poznanie zasady działania wzmacniacza odwracającego.

3.2 Analiza



Rysunek 6: Schemat ideowy odwracającego wzmacniacza operacyjnego. W obwodzie należało wyznaczyć wartość rezystora R_2

$$i_{R_3} = \frac{U_{we}}{R_3}, U_- = U_{we}, U_+ = U_{we}, i_- = 0A, i_+ = 0A$$

$$U_{R2} = i_{R_3} * R_2$$

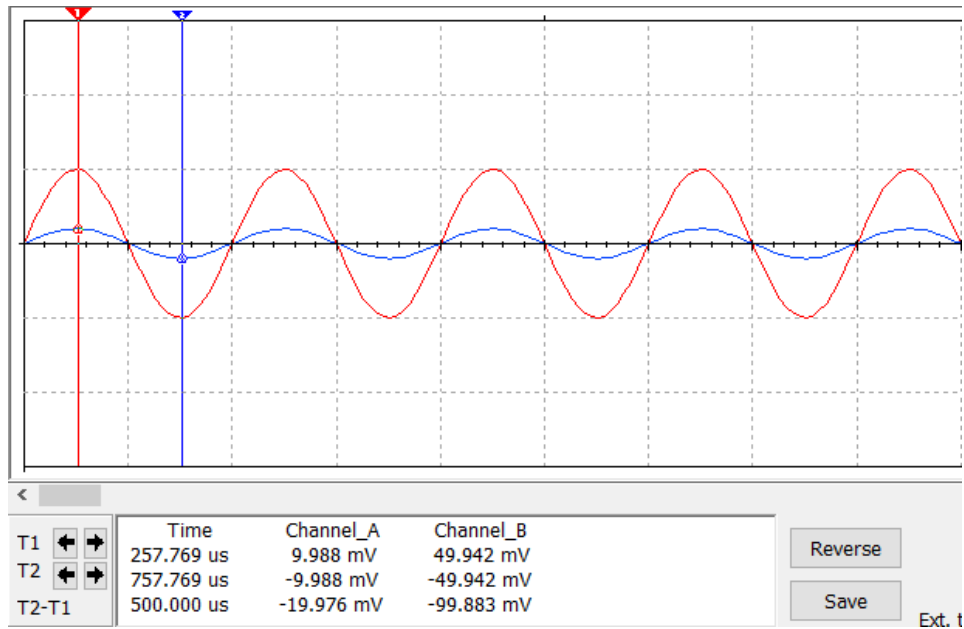
$$U_{wy} = U_{R2} + U_{we}$$

$$k_u = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{U_{R2}}{U_{we}} + 1$$

$$k_u = \frac{R_2}{R_3} + 1$$

$$(k_u - 1) * R_3 = R_2$$

$$(5 - 1) * 10k\Omega = R_2 \Rightarrow R_2 = 40k\Omega$$



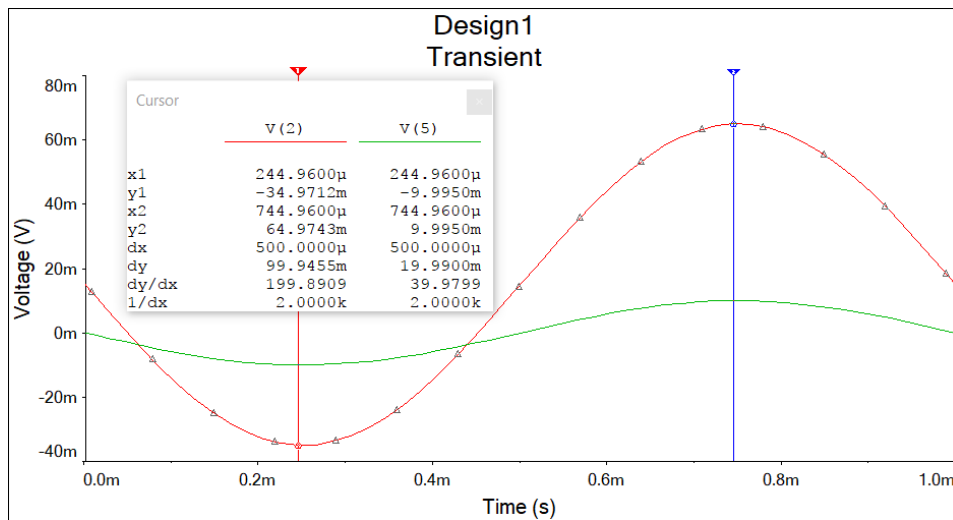
Rysunek 7: Pomiar napięcia *peak to peak* na oscyloskopie w układzie 6 celem wyznaczenia rzeczywistego wzmocnienia i potwierdzenia poprawności wykonanych obliczeń.

Rzeczywiste wzmocnienie układu możemy wyznaczyć wyznaczając stosunek napięć *peak to peak* na oscyloskopie:

$$U_{we} = |-9.988| + 9.988 = 19.976 \text{ [mV]},$$

$$U_{wy} = 49.942 + |-49.942| = 99.884 \text{ [mV]},$$

$$k_u = \frac{99.884}{19.976} = 5.0002$$



Rysunek 8: Pomiar napięcia *peak to peak* w analizie transient w układzie 6 celem wyznaczenia rzeczywistego wzmocnienia i potwierdzenia poprawności wykonanych obliczeń.

Rzeczywiste wzmocnienie układu możemy wyznaczyć wyznaczając stosunek napięć *peak to peak* przy analizie transient:

$$U_{we} = |-9.9950| + 9.9950 = 19.99 \text{ [mV]},$$

$$U_{wy} = 64.9743 + |-34.9712| = 99.9455 \text{ [mV]},$$

$$k_u = \frac{99.9455}{19.99} = 4.9997$$

3.3 Wniosek

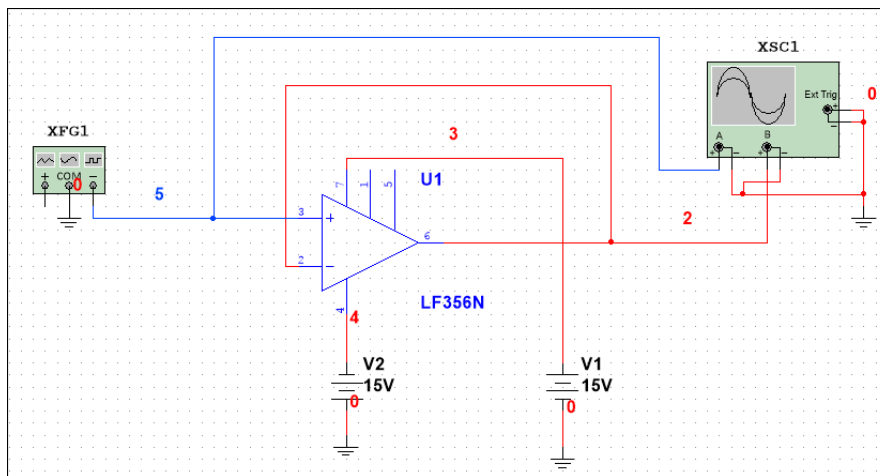
Zakładając nieskończoną impedancję wejściową i dążenie wzmacniacza do wyrównania napięć na wejściach możemy dzięki bardzo dobrym rzeczywistym parametrom wzmacniacza wyznaczyć takie wartości rezystorów aby uzyskać dane wzmocnienie. W przypadku powyższego zadania wartość $R_2 = 40k\Omega$ jest szukanym oporem, który daje wzmocnienie $k_u = 5$. Wzmocnienie we wzmacniaczu nieodwracającym możemy policzyć ze wzoru $\frac{R_2}{R_3} + 1 = k_u$. Drobne rozbieżności rzędu 0.1% są spowodowane napięciem polaryzującym wzmacniacz i niedoskonałościami programu MultiSim.

4 Wzmacniacz operacyjny w układzie wtórnika napięciowego

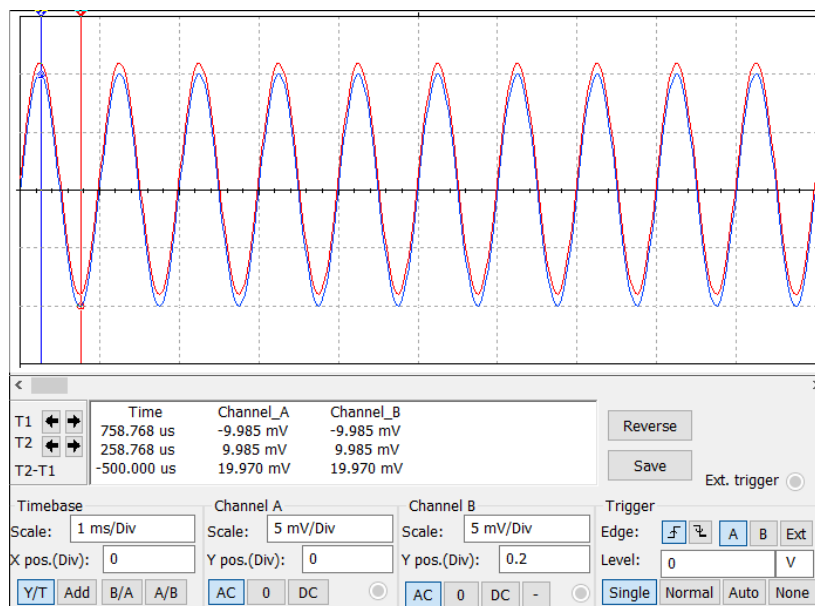
4.1 Cel

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z zasadą działania wtórnika napięciowego.

4.2 Analiza



Rysunek 9: Schemat układu wzmacniacza operacyjnego w układzie wtórnika napięciowego. Występuje pętla negatywnego sprzężenia zwrotnego.



Rysunek 10: Pomiar napięć wejścia (niebieski) i wyjścia (czerwony). Wykres wyjścia został celowo przesunięty w dół, aby można było rozróżnić przebiegi. Widać, że napięcia się pokrywają.

4.3 Wniosek

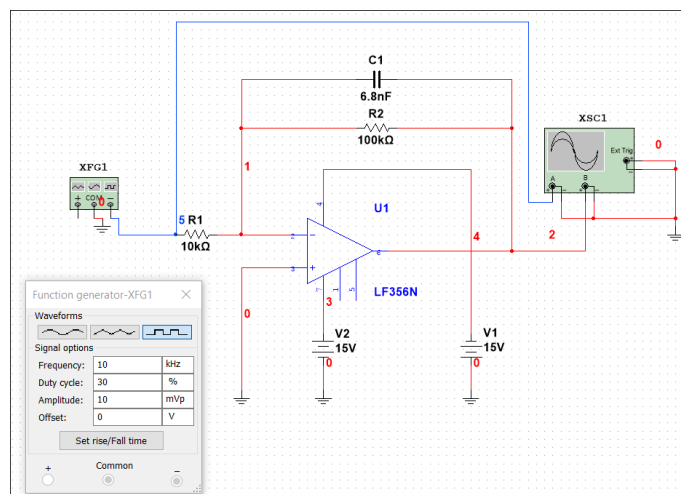
Wzmacniacz operacyjny może być użyty w roli wtórnika napięciowego, pozwala to uzyskać separację obwodów. Na przykład przy dzielnikach napięcia zastosowanie wtórnika pozwala na zachowanie docelowego napięcia nawet przy obciążonym obwodzie. Przy takim samym napięciu wyjścia i wejścia $k_u = 1$.

5 Wzmacniacz operacyjny jako integrator

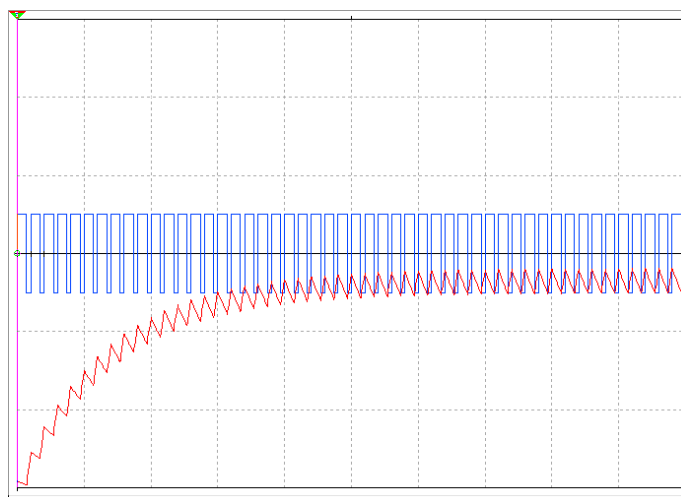
5.1 Cel

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z zasadą działania wzmacniacza w roli/układzie integratora - układu całkującego.

5.2 Analiza



Rysunek 11: Wzmacniacz operacyjny w układzie integratora (układ całkujący)



Rysunek 12: Napięcie na kondensatorze od czasu $t = 0$. Można zauważyć fazę ładowania się kondensatora.

5.3 Wniosek

Wzmacniacz operacyjny może być używany w układach o wielu zastosowaniach matematycznych. Z rysunku 12 widać jak zmienia się napięcie na kondensatorze wraz ze zmianą napięcia wejściowego. Jako, że zapodany sygnał jest symetryczny względem osi OX to wartość na kondensatorze jest cykliczna i stabilizuje się.

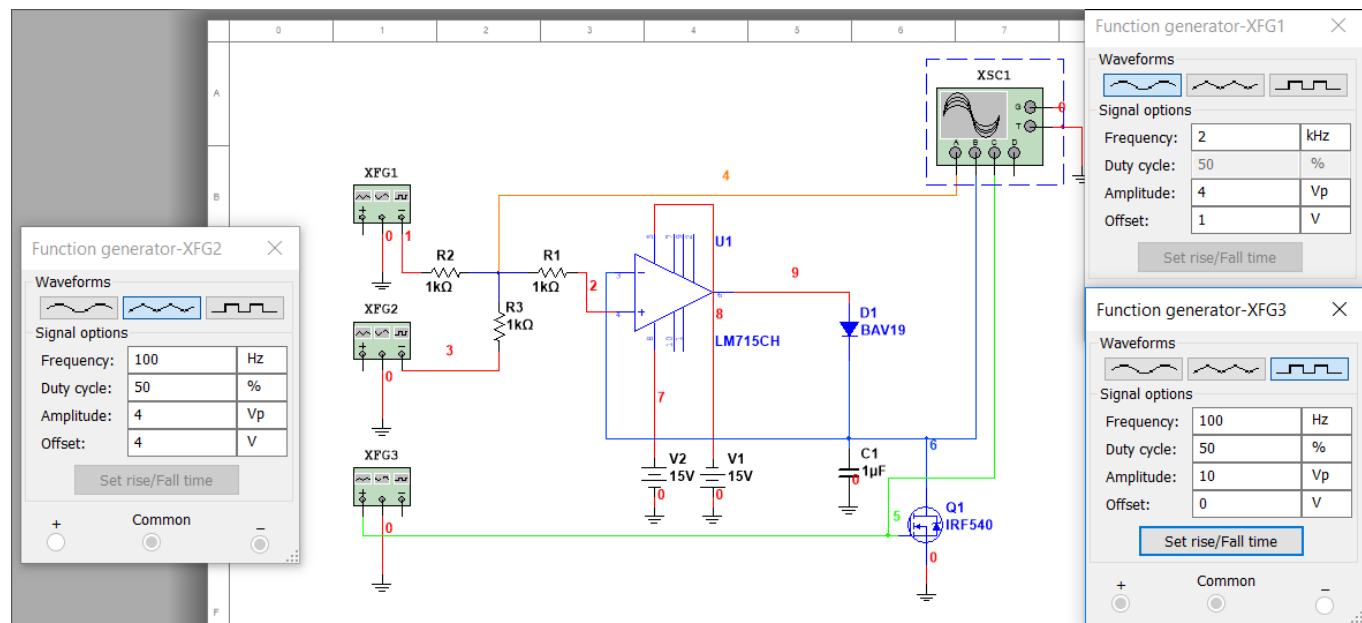
$$U_{wy} = -\frac{1}{C} \int i dt$$

6 Wzmacniacz operacyjny jako aktywny detektor szczytowy

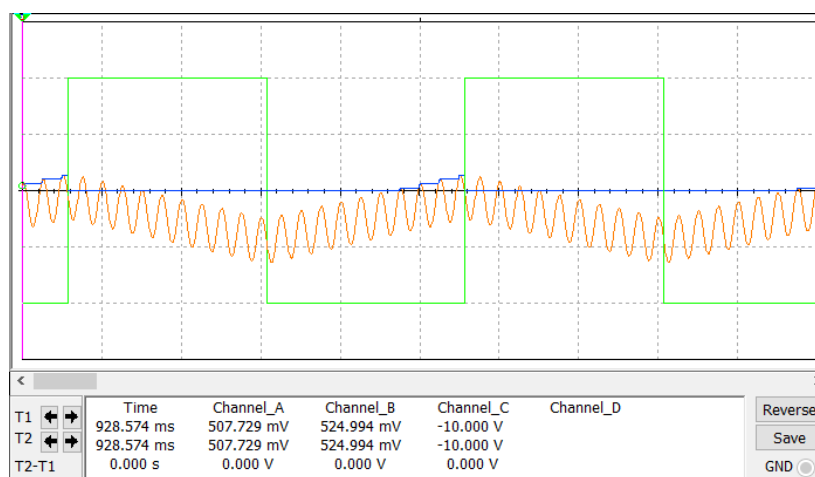
6.1 Cel

Celem doświadczenia było zapoznanie się z zasadą działania układu wzmacniacza operacyjnego w roli detektora szczytowego.

6.2 Analiza



Rysunek 13: Układ detektora szczytowego ze wzmacniaczem operacyjnym



Rysunek 14: Przebieg sygnału wejściowego i wyjściowego w układzie 13 na oscyloskopie. Sygnał zielony resetuje najwyższy znaleziony szczyt, kanał pomarańczowy reprezentuje napięcie wejściowe, a kanał niebieski ostatni znaleziony szczyt.

6.3 Wniosek

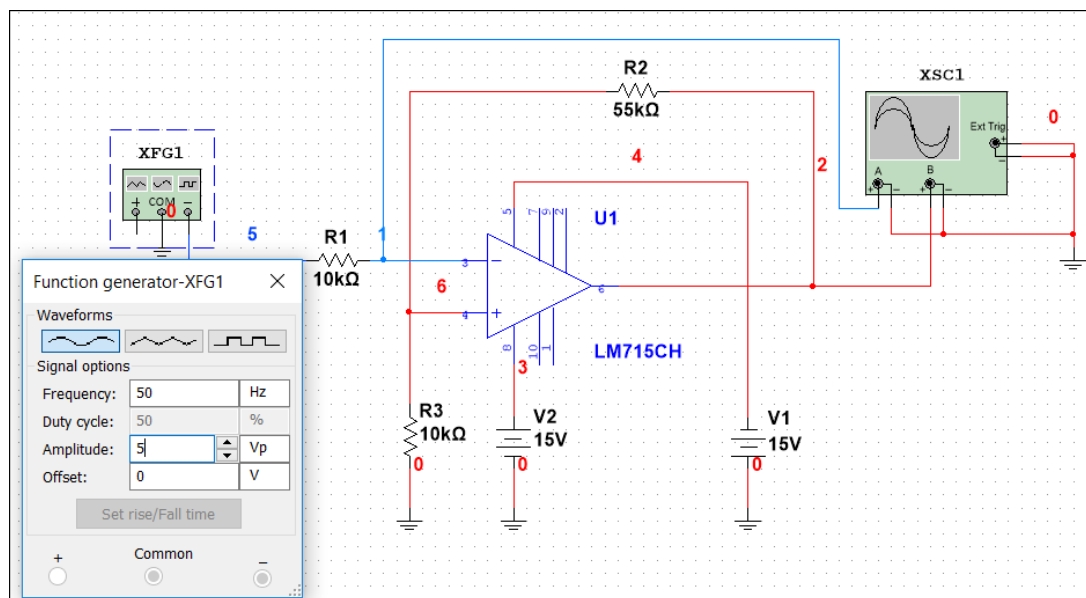
Wzmacniacz operacyjny dzięki swoim niemal idealnym parametrom bardzo dobrze sprawia się w roli detektora szczytowego. Wzmacniacz działa tu w roli komparatora i separatora układów. Dioda zapobiega cofnięciu się sygnału.

7 Wzmacniacz operacyjny jako detektor progowy z histerezą

7.1 Cel

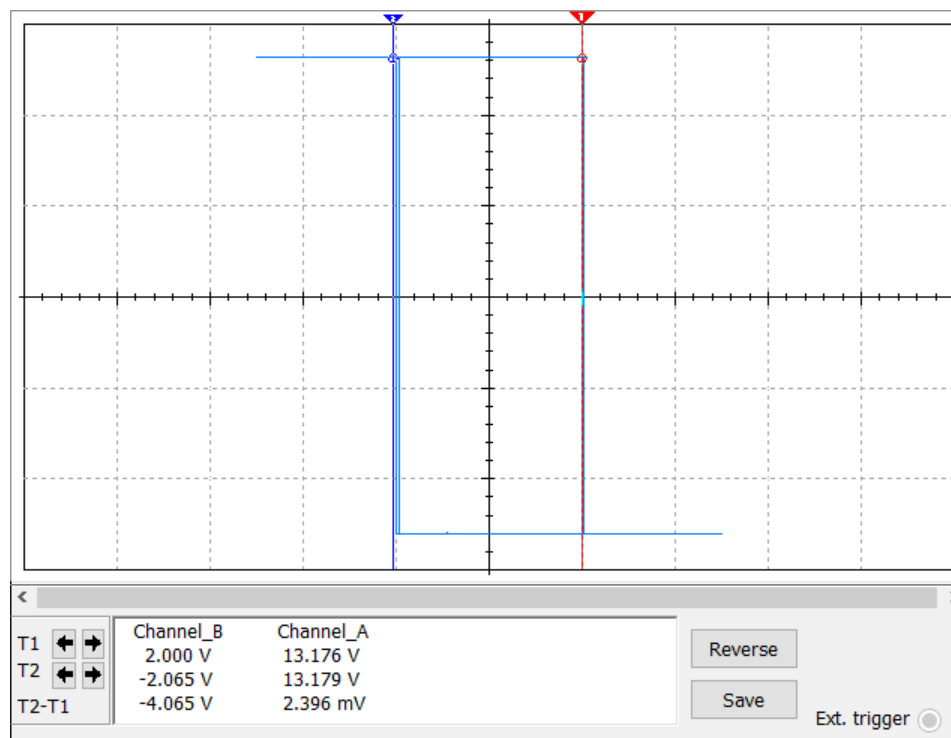
Celem doświadczenia było zapoznanie się z zasadą działania wzmacniacza operacyjnego w roli detektora progowego z histerezą

7.2 Analiza

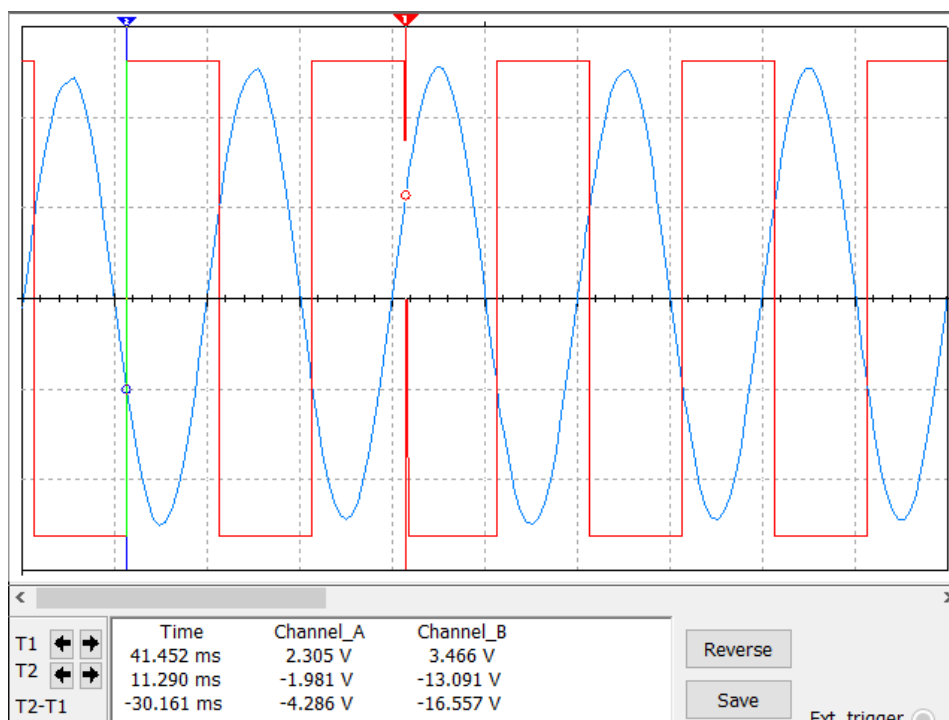


Rysunek 15: Układ wzmacniacza operacyjnego w roli detektora progowego z histerezą

$$U_p = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \Rightarrow R_2 = 56k\Omega$$



Rysunek 16: Pętla histerezy, szerokość tej pętli to $\Delta U_p = 4.065V \Rightarrow U_{p1} = 2.0325V, U_{p2} = -2.0325V$



Rysunek 17: Przebieg sygnału wejściowego i wyjściowego na oscyloskopie. Można zanotować napięcie przełączania $U_p = -1.981V$

7.3 Wniosek

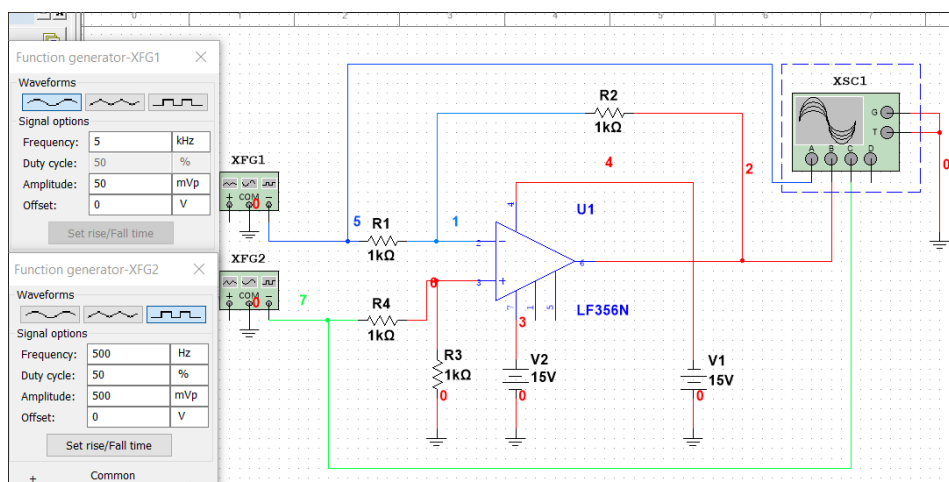
Histeresa w detektorze szczytowym przydaje się gdy na wejściu mamy sygnał z mocno zaszumionym sygnałem. Szerokość pętli histerazy to różnica między napięciami progowymi.

8 Wzmacniacz operacyjny w układzie wzmacniacza różnicowego

8.1 Cel

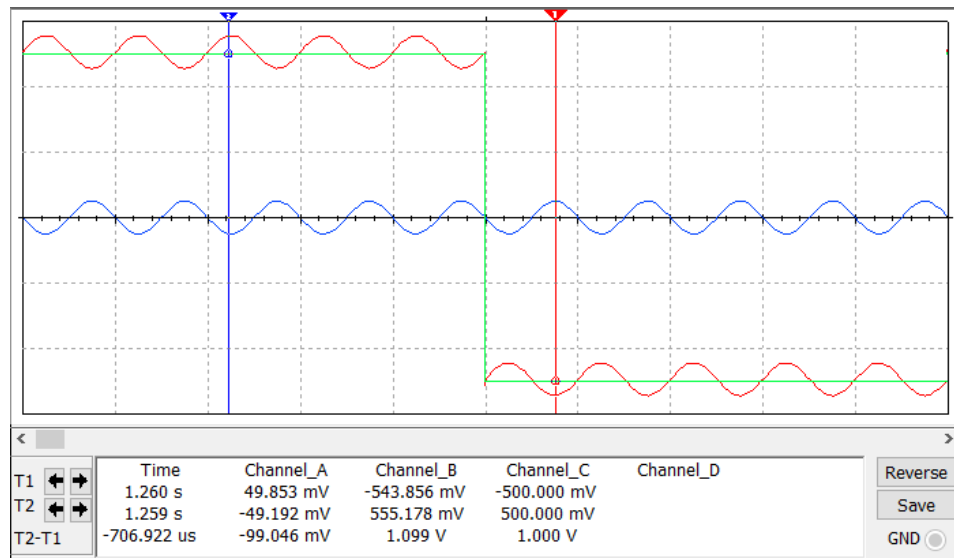
Celem doświadczenia było zapoznanie się z zasadą działania wzmacniacza operacyjnego w roli wzmacniacza różnicowego

8.2 Analiza



Rysunek 18: Układ wzmacniacza operacyjnego w roli wzmacniacza różnicowego

$$U_{wy} = \frac{R_2}{R_1}(u_{weA} - u_{weB}), \text{ gdzie } R_2 = R_3 \wedge R_1 = R_4$$



Rysunek 19: Pomiary napięć w układzie:

niebieski - u_{weB}

zielony - u_{weA}

czerwony - u_{wy} ,

można zaobserwować jak sygnał niebieski jest odejmowany od zielonego.

8.3 Wniosek

Wzmacniacz różnicowy pozwala wyznaczyć różnicę dwóch sygnałów. Jako, że w ćwiczeniu stosunek rezystancji $\frac{R_1}{R_2} = 1$ to sygnał nie został wzmacniony. W przeciwieństwie do sumatora przy wzmacniaczu różnicowym sygnał u_{weB} jest odejmowany od u_{weA}