

Politechnika Wrocławska

Katedra Teorii Pola, Układów Elektronicznych i
Optoelektroniki

Zespół Układów Elektronicznych

LABORATORIUM UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Data: 15.03.2021	Dzień: Poniedziałek		
Grupa: E12-93I	Godzina: 13:15-15:30		
TEMAT ĆWICZENIA: Podstawowe zastosowania wzmacniaczy operacyjnych			
DANE PROJEKTOWE: Wzmocnienie wzmacniacza nieodwracającego KU[V/V]: 3			
Lp.	Nazwisko i Imię	Oceny	
1.	Kuboń Piotr 252871		

1. Część praktyczna

1.1. Dane projektowe

Wzmacniacz odwracający: $K_U = -11 \frac{V}{V}$

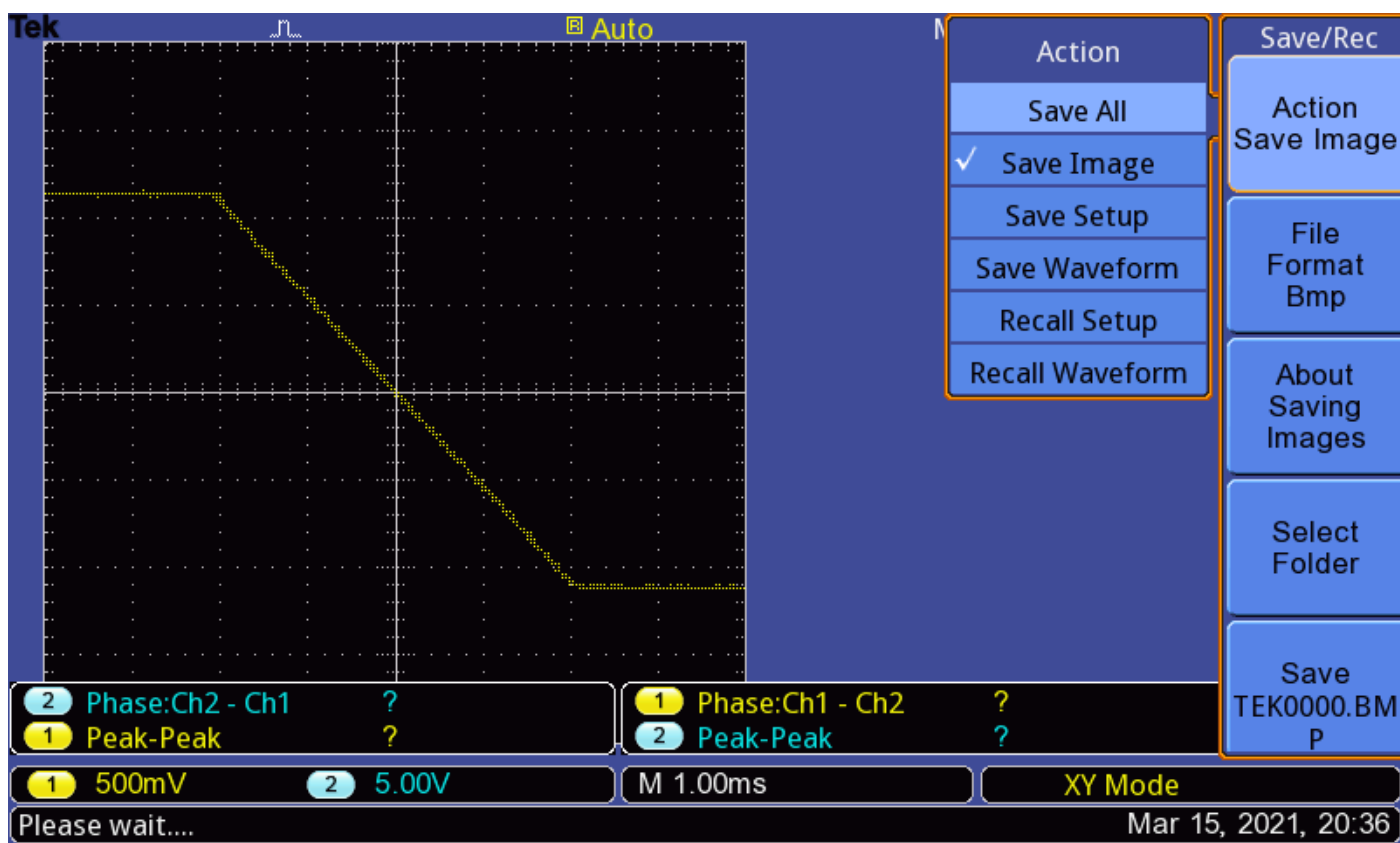
$$R_1 = 997,2 \, \Omega$$

$$R_4 = 10906 \, \Omega$$

$$R_5 = 902,7 \, \Omega$$

1.2. Przebieg pomiarów dla wzmacniacza odwracającego

1.2.1. Wyznaczenie charakterystyki liniowości



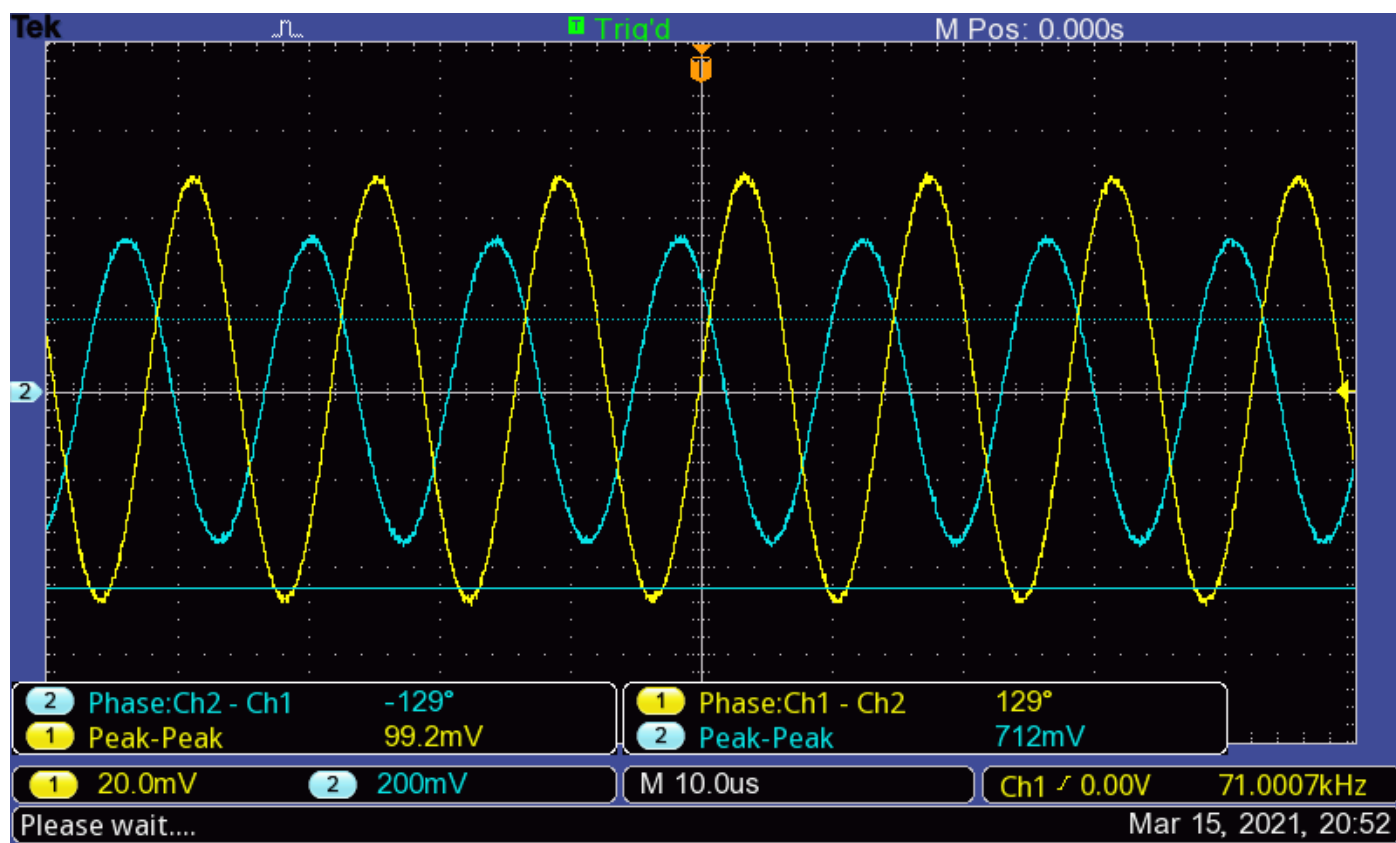
Rys 1: Charakterystyka liniowości – przedstawia wzmocnienie napięciowe układu.

Na rys. 1 przedstawiono zależność napięcia wyjściowego od wejściowego, tzw. charakterystyka liniowości. Możemy wyróżnić na tej charakterystyce trzy zakresy pracy wzmacniacza: zakres pracy liniowej i dwa zakresy nasycenia.

Wzmacniacz pracuje liniowo dla napięcia wejściowego w zakresie -1V +1V, później następuje nasycenie.

Wzmocnienie wynosi: 11 V/V

1.2.2. Wyznaczenie częstotliwości granicznej



Rys 2: Wykres wykorzystany do odczytu trzydecybelowej górnej częstotliwości granicznej wzmacniacza odwracającego

W wyniku zwiększenia częstotliwości sygnału, uzyskano ostatecznie spadek napięcia wyjściowego do wartości 0,707 jego napięcia początkowego. Odpowiada to spadkowi wzmocnienia o 3dB, co pozwala nam wyznaczyć górną częstotliwość graniczną.

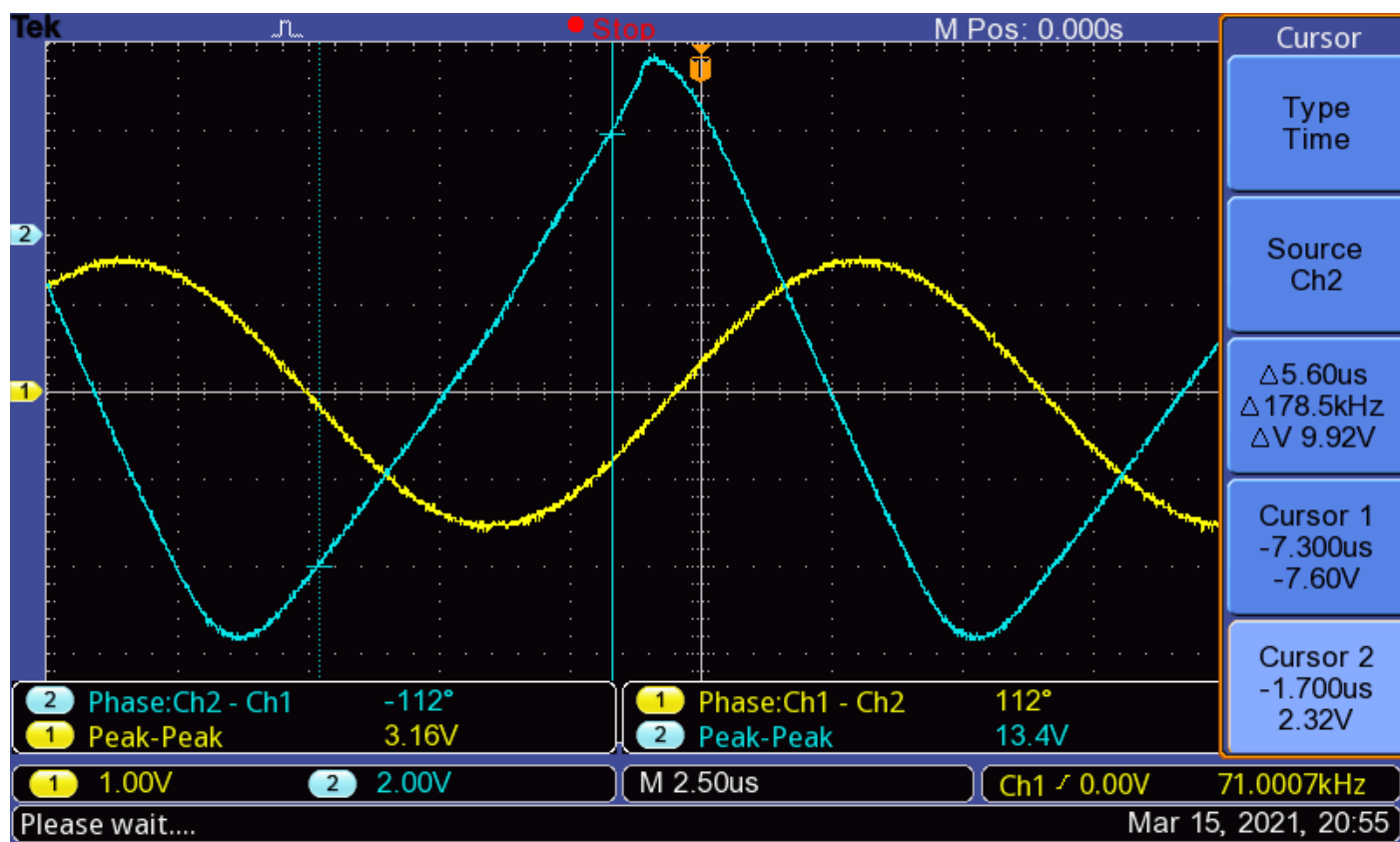
$$3dB = 20 \log \frac{U_{wy}}{U_{we}} \Rightarrow \frac{U_{wy}}{U_{we}} = 0,707$$

$$U_{wy}(f = f_g) = 0,707 * U_{wy0}$$

Podając na wejście napięcie sinusoidalne o wartości międzyszczytowej 99,2mV na wyjściu otrzymamy wzmocniony sygnał który powinien wynosić 1,02V. Zwiększając częstotliwość sinusa do 71kHz na wyjściu otrzymujemy wartość 712mV, co odpowiada w przybliżeniu wartości $0,707 U_{wy0}$.

Możemy więc przyjąć że częstotliwość graniczna dla tego wzmacniacza wynosi 71kHz.

1.2.3. Wyznaczenie parametru SR



Rys 3: Wykres wykorzystany do wyznaczenia parametru SR

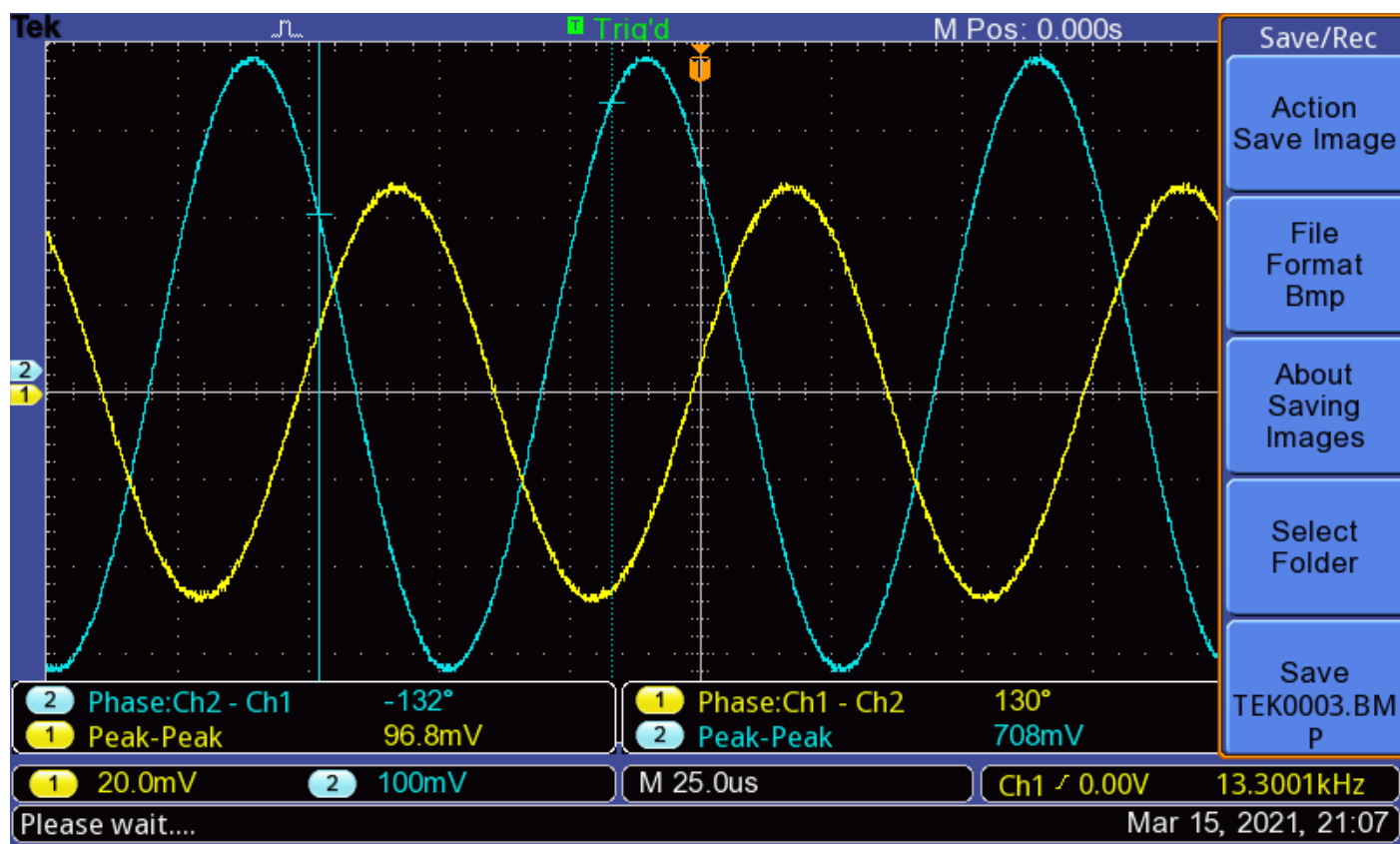
Aby ustalić jak szybko napięcie wyjściowe może narastać, konieczne jest podanie sygnału o częstotliwości bliskiej częstotliwości granicznej. Ustawiając następnie kursory na górze i dole zbocza możemy wyznaczyć wypadkowe napięcie i czas, które po wstawieniu do wzoru:

$$SR = \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

pozwolą wyznaczyć parametr SR.

$$SR = \frac{9,92 \text{ V}}{5,6 \text{ } \mu\text{s}} = 1,77 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$

1.2.4. Pomiar częstotliwości granicznej z kondensatorem



Rys 4: Wykres wykorzystany do wyznaczenia częstotliwości granicznej układu z kondensatorem

Aby wyznaczyć częstotliwość graniczną układu z kondensatorem należy zwiększać częstotliwość, aż do uzyskania na wyjściu wartości równej 0,707 napięcia początkowego. Odpowiada to spadku wzmocnienia o 3dB, co pozwala wyznaczyć częstotliwość graniczną.

Dla układu z kondensatorem częstotliwość graniczna wynosi 13,3 kHz

2. Część symulacyjna

2.1. Dane projektowe wzmacniacza nieodwracającego :

$$K_U = 3 \frac{V}{V}$$

$$R_1 = 10k\Omega$$

2.2. Obliczenia

2.2.1. Rezystancja R_4

$$K_U = 1 + \frac{R_4}{R_1}$$

$$R_4 = (K_U - 1) * R_1 = (3 - 1) * 10000 = 20k\Omega$$

2.2.2. Rezystancja R_2

$$R_2 = \frac{R_1 * R_4}{R_1 + R_4}$$

$$R_2 = \frac{10^4 * 20 * 10^3}{10 * 10^3 + 20 * 10^3} = \frac{20 * 10^7}{30 * 10^3} = 6,67k\Omega$$

2.2.3. Rezystancja R_{wy}

$$R_{wy} = \frac{R_0}{K_{UR}}$$

$$R_{wy} = \frac{60}{10^5} = 0,6 m\Omega$$

2.2.4. Obliczenie górnej częstotliwości granicznej f_g

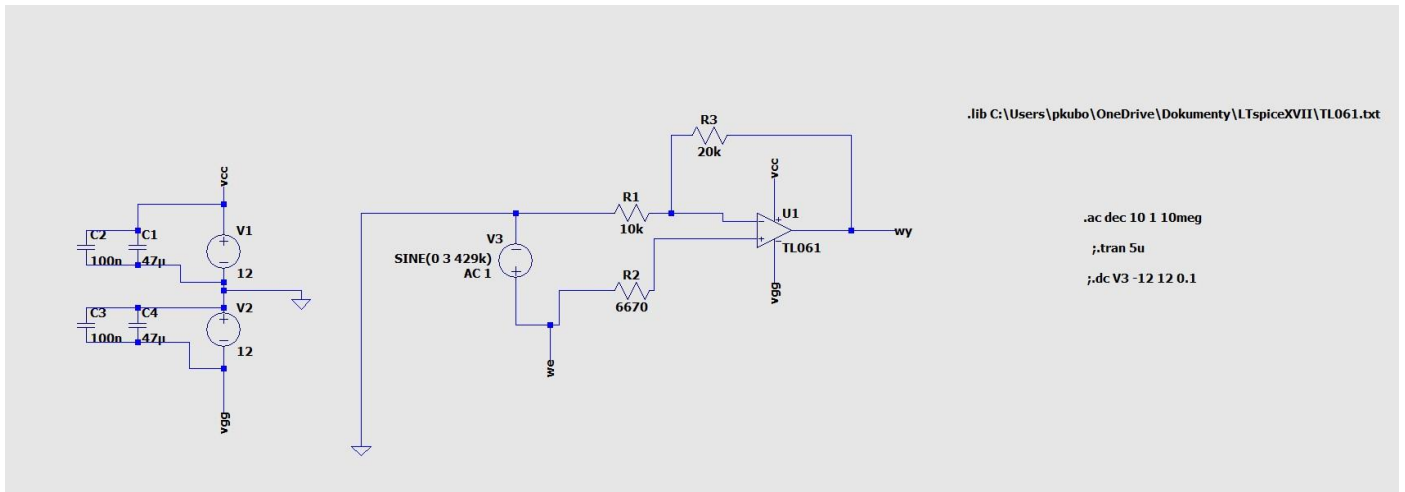
$$f_g = \frac{f_T}{K_U} = \frac{10^6}{3} = 333kHz$$

2.2.5. Obliczenie górnej częstotliwości granicznej, po podłączeniu kondensatora

$$f_{g2} = \frac{1}{2\pi R_4 C} = \frac{1}{2 * 3,14 * 20 * 10^3 * 10^{-9}} = 7961,78 Hz$$

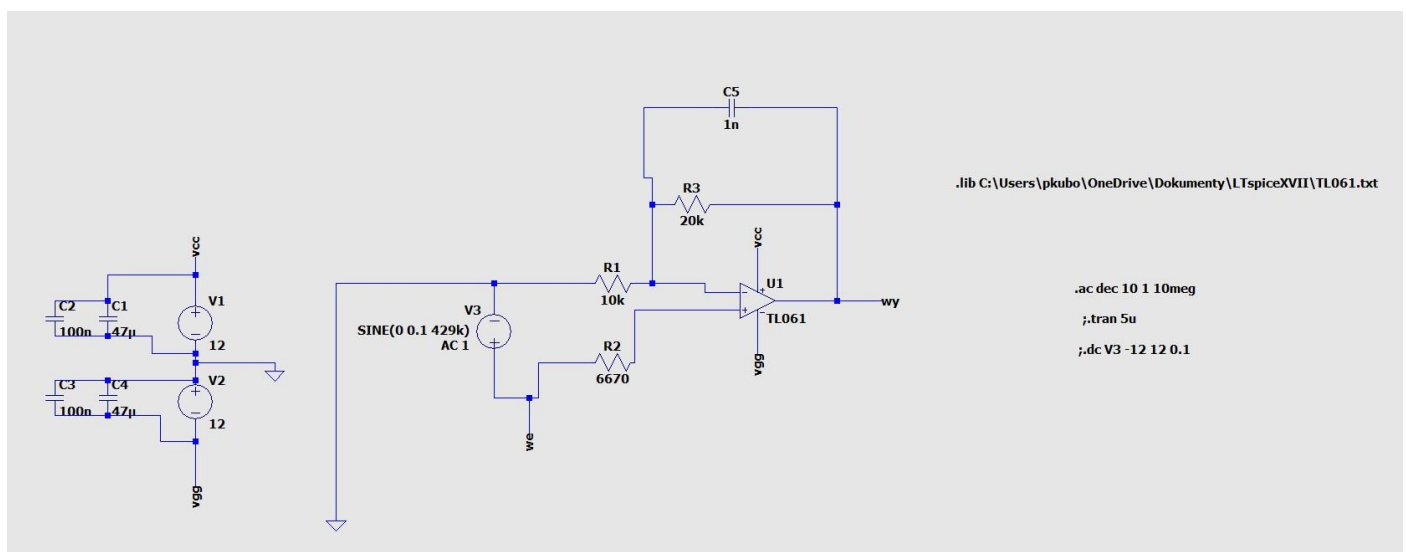
2.3. Schemat symulowanego układu

2.3.1. Schemat wzmacniacza nieodwracającego



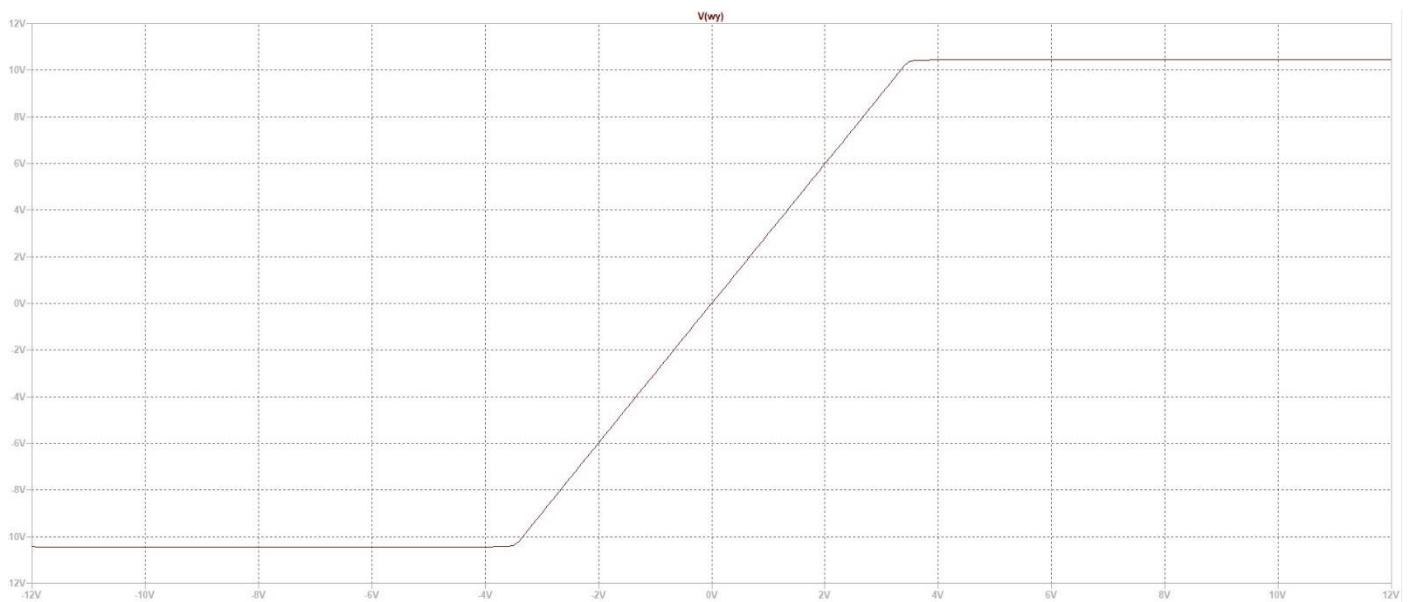
Rys 5: Schemat LTSpice wzmacniacza nieodwracającego

2.3.2. Schemat wzmacniacza nieodwracającego z podłączonym kondensatorem



Rys 6: Schemat LTSpice wzmacniacza nieodwracającego z podłączonym kondensatorem

2.4. Wyznaczenie charakterystyki liniowości



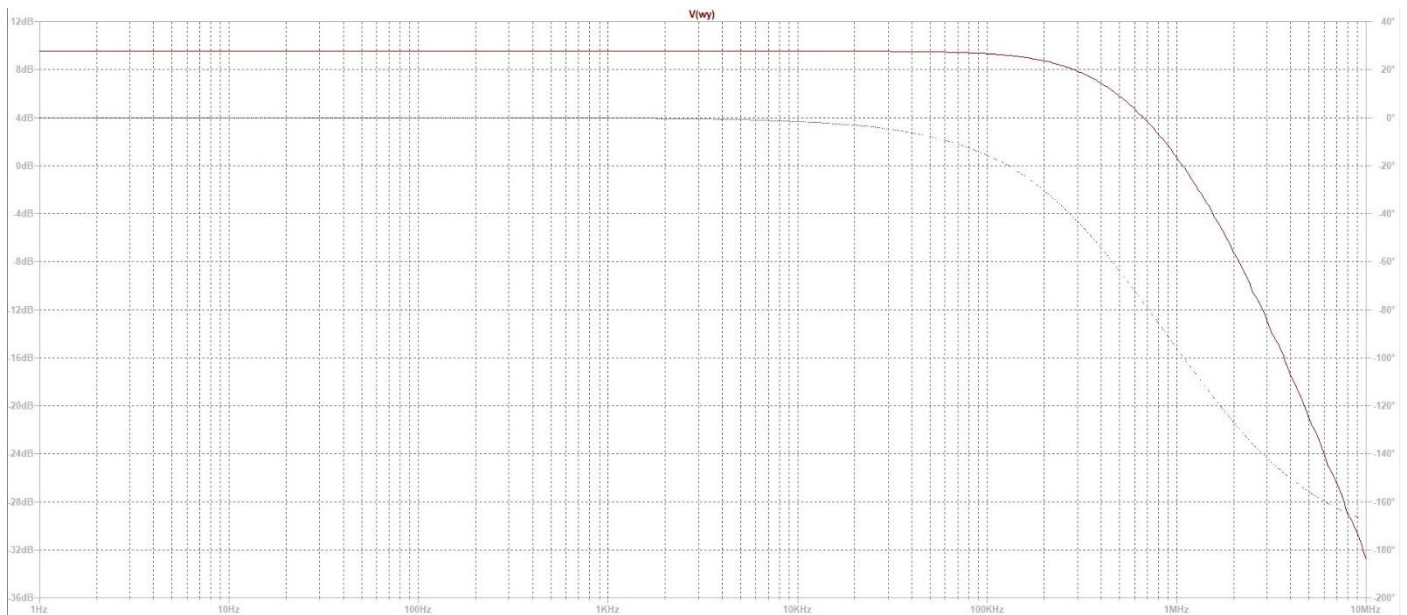
Rys 7: Charakterystyka liniowości – przedstawia wzmocnienie napięciowe układu.

Na rys. 5 przedstawiono zależność napięcia wyjściowego od wejściowego, tzw. charakterystyka liniowości. Możemy wyróżnić na tej charakterystyce trzy zakresy pracy wzmacniacza: zakres pracy liniowej i dwa zakresy nasycenia.

Wzmacniacz pracuje liniowo dla napięcia wejściowego w zakresie -3,3V +3,3V, później następuje nasycenie.

Wzmocnienie wynosi: 3 V/V

2.5. Wyznaczenie częstotliwości granicznej



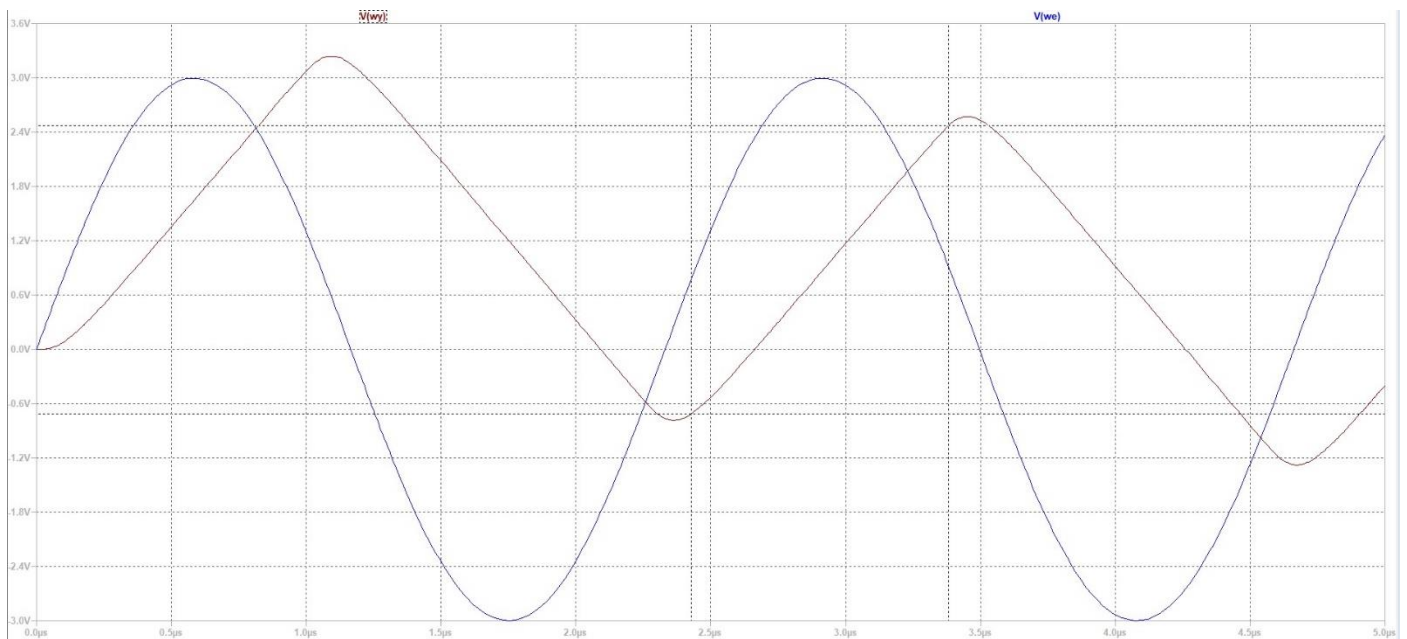
Rys 8: Charakterystyka częstotliwościowa wykorzystana do odczytu trzydecybelowej górnej częstotliwości granicznej wzmacniacza nieodwracającego

Na rys. 6 przedstawiono charakterystykę częstotliwościową, wygenerowaną poprzez zwiększanie częstotliwości źródła, o amplitudzie 0.1V, od 1Hz do 10MHz.

Z otrzymanej charakterystyki, za pomocą wskaźników można odczytać początkowe wzmocnienie, równe 9.54dB, jak również częstotliwość dla której wzmocnienie spadnie o 3dB do wartości 6.54dB.

Odczytana częstotliwość wynosi 429kHz i jest nazywana częstotliwością graniczną.

2.6. Wyznaczenie parametru SR



Rys 9: Wykres wykorzystany do wyznaczenia parametru SR

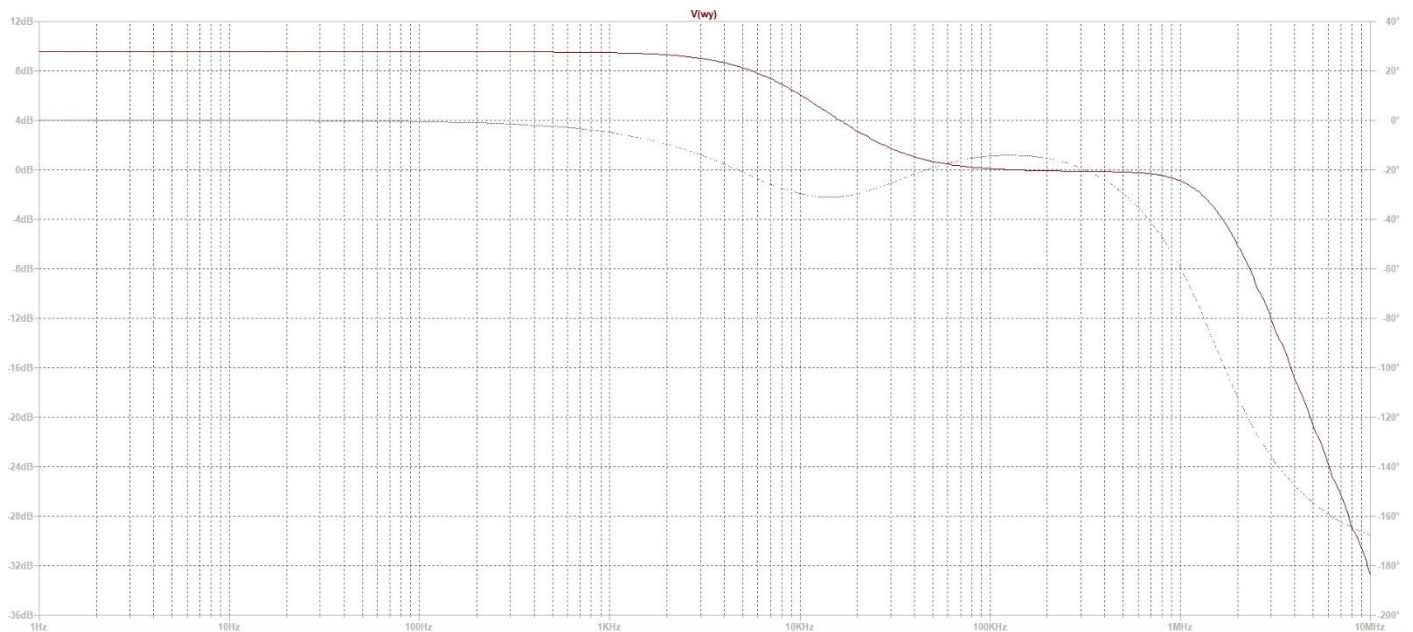
Aby ustalić jak szybko napięcie wyjściowe może narastać, konieczne jest podanie sygnału o częstotliwości bliskiej częstotliwości granicznej. Ustawiając następnie kursory na górze i dole zbocza możemy wyznaczyć wypadkowe napięcie i czas, które po wstawieniu do wzoru:

$$SR = \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

pozwolą wyznaczyć parametr SR.

$$SR = \frac{3,18 \text{ V}}{0,953 \text{ } \mu\text{s}} = 3,337 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$$

2.7. Wyznaczenie częstotliwości granicznej z kondensatorem



Rys 10: Charakterystyka częstotliwościowa wykorzystana do odczytu trzydecybelowej górnej częstotliwości granicznej wzmacniacza nieodwracającego z kondensatorem

Na rys. 8 przedstawiono charakterystykę częstotliwościową, wygenerowaną poprzez zwiększanie częstotliwości źródła, o amplitudzie 0.1V, od 1Hz do 10MHz.

Z otrzymanej charakterystyki, za pomocą wskaźników można odczytać początkowe wzmocnienie, równe 9.54dB, jak również częstotliwość dla której wzmocnienie spadnie o 3dB do wartości 6.54dB.

Odczytana częstotliwość wynosi 8.86kHz i jest nazywana częstotliwością graniczną.