

WZMACNIACZ OPERACYJNY W UKŁADACH LINIOWYCH

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest ugruntowanie wiadomości dotyczących: elementarnej teorii sprzężenia zwrotnego, asymptotycznych charakterystyk częstotliwościowych układów wzmacniających i ich kształtowania, a także zbadanie interesujących zastosowań wzmacniaczy operacyjnych.

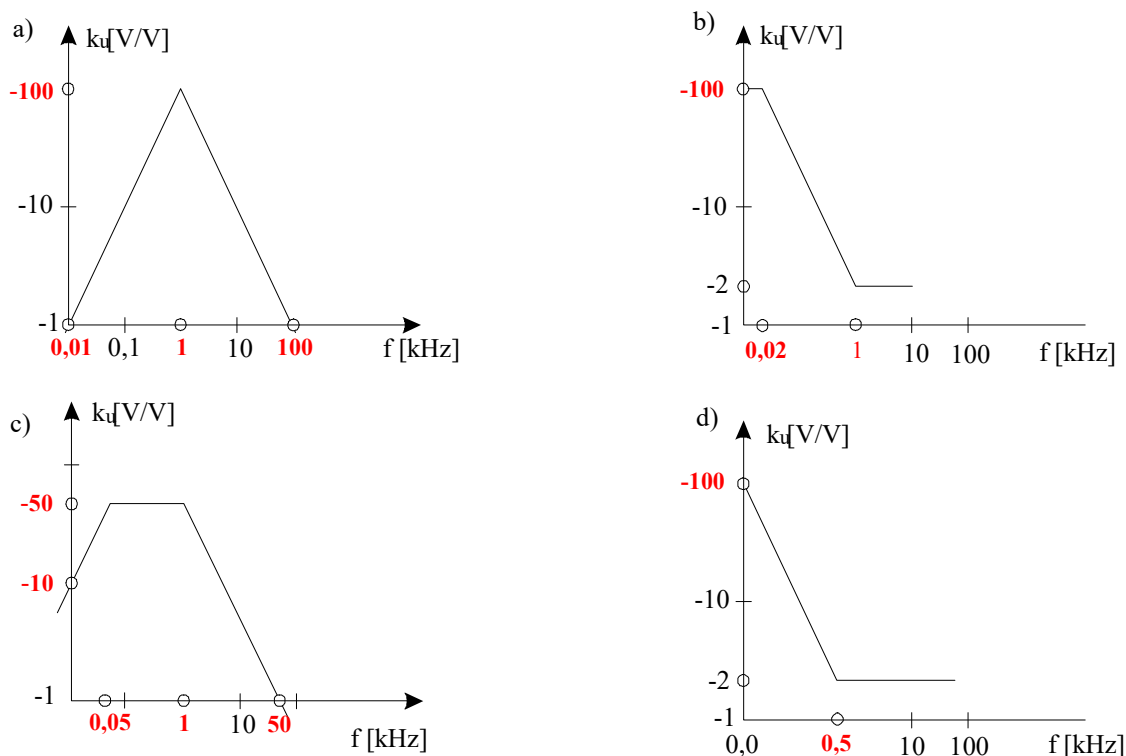
A) Zadania do samodzielnego opracowania przed zajęciami:

- 1- Zapoznać się z treścią instrukcji i teoretycznymi podstawami liniowych zastosowań wzmacniacza operacyjnego.
- 2- Zapoznać się z podstawowymi funkcjami i możliwościami symulatora Multisim w zakresie symulacji charakterystyk częstotliwościowych.
- 3- Wszystkie informacje na powyższe tematy można znaleźć w materiałach źródłowych podanych na końcu instrukcji oraz na wykładzie z przedmiotu.
- 4- Zaprojektować **wzmacniacz małego sygnału** w oparciu o wzmacniacz operacyjny. Zadanie to polega na obliczeniu wartości rezystorów dołączanych do zacisków podstawki zawierającej układ wzmacniacza operacyjnego (patrz Rys.6) tak, aby wzmocnienie napięciowe układu, dla częstotliwości bliskich zeru, było równe dwóm (jednej dodatniej i jednej ujemnej), dowolnie wybranym z **Tablicy.1.** wartościom. Rezystancja wejściowa projektowanych układów nie może być mniejsza niż 2 kΩ.

Tabela 1. Wartości wzmocnienia układu badanego k_{U0} [V/V]

+110	-110	+91	-90	+31	-30
+51	-50	+61	-60	+21	-20

- 5- Zaproponować schemat ideowy oraz obliczyć wartości elementów dyskretnych wzmacniacza o **asymptotycznej charakterystyce amplitudowej** wybranej dowolnie spośród zamieszczonych na **Rys.1.** układ ma działać w oparciu o wzmacniacz operacyjny. Narysować też przewidywaną asymptotyczną **charakterystyką fazową**.



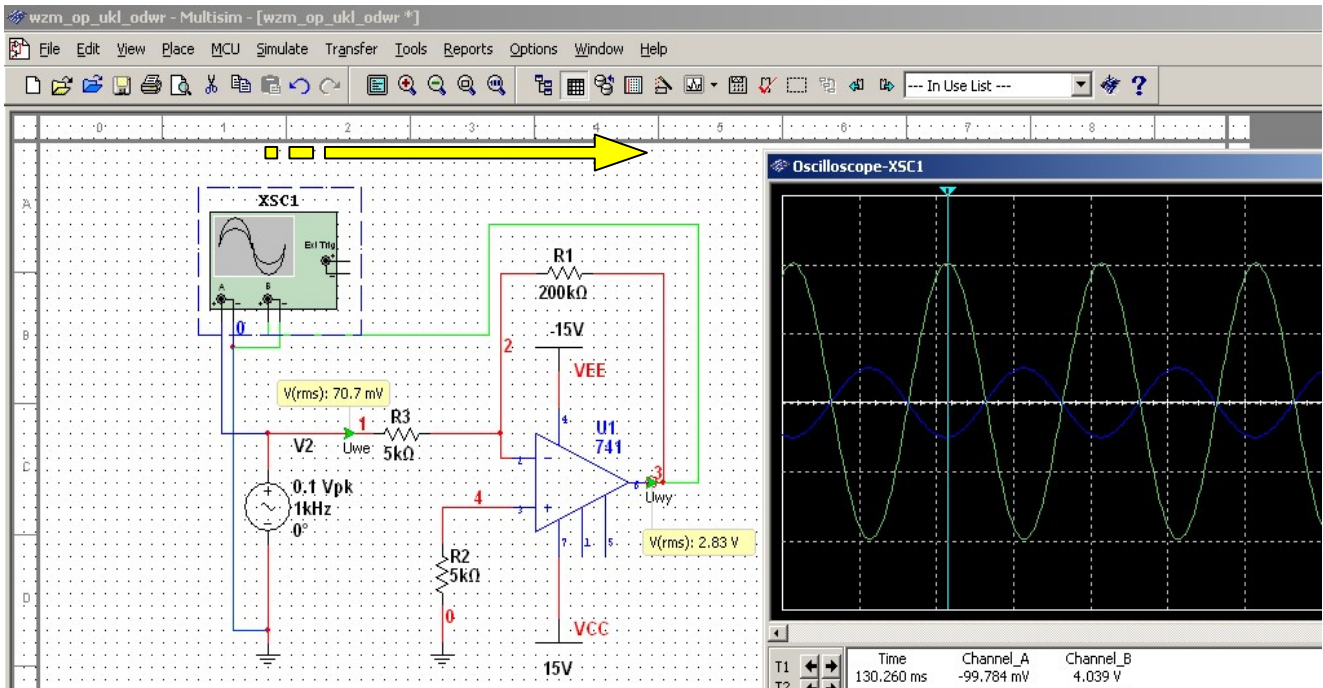
Rys.1. Asymptotyczne charakterystyki amplitudowe – założenia do projektowania wzmacniaczy. Nachylenia odcinków charakterystyk wynoszą: 0 dB/dek, lub +20 dB/dek, albo -20 dB/dek

B) Opis symulacji wzmacniacza operacyjnego w układach liniowych

Wzmacniacz małego sygnału zaprojektowany w punkcie A) 4 można zasymulować w układzie zaprezentowanym na rysunku 2. Widzimy tu działający wzmacniacz odwracający (projekt [wzm_op_ukl_odwr.ms10](#)) o wzmacnieniu napięciowym :

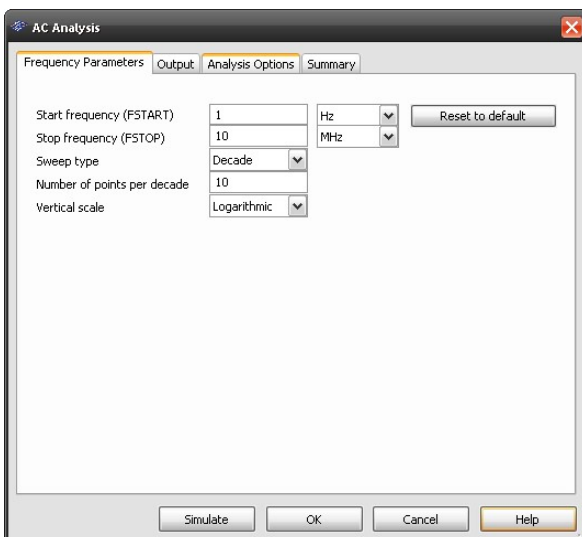
$$k_U = \frac{u_{wy}}{u_{we}} = \frac{2.83}{0.0707} \approx 40$$

Wzmocnienie to udało się uzyskać poprzez odpowiedni dobór rezystorów R1 i R3. Przebiegi napięcia wejściowego (kolor niebieski) i napięcia wyjściowego (kolor zielony) widoczne na ekranie oscyloskopu potwierdzają wartość wzmocnienia oraz efekt odwracania fazy sygnału na wyjściu.

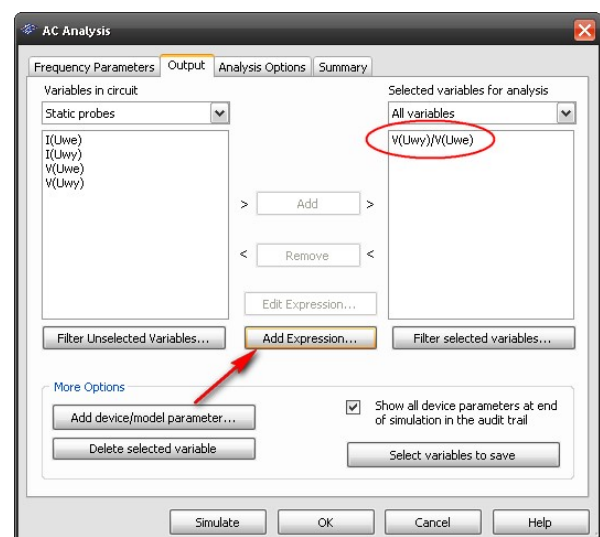


Rys.2. Przykładowy układ do symulacji wzmacniacza odwracającego na wzmacniaczu operacyjnym

Po weryfikacji poprawności działania układu można dokonać symulacji jego charakterystyk częstotliwościowych. W tym celu należy użyć ścieżki *Simulate* → *Analyses* → *AC Analysis* i przejść do ustawień parametrów tej symulacji. W podanym przykładzie obliczenia przeprowadzono w zakresie od 1Hz – 10MHz. Symulowanym parametrem wyjściowym układu było wzmocnienie napięciowe, które otrzymano poprzez wpisanie wyrażenia $V(Uwy)/V(Uwe)$ do zakładki *Output* w pole *Selected variables for analysis* za pomocą opcji *Add Expression*.. Powyższe ustawienia obrazują rysunki poniżej:

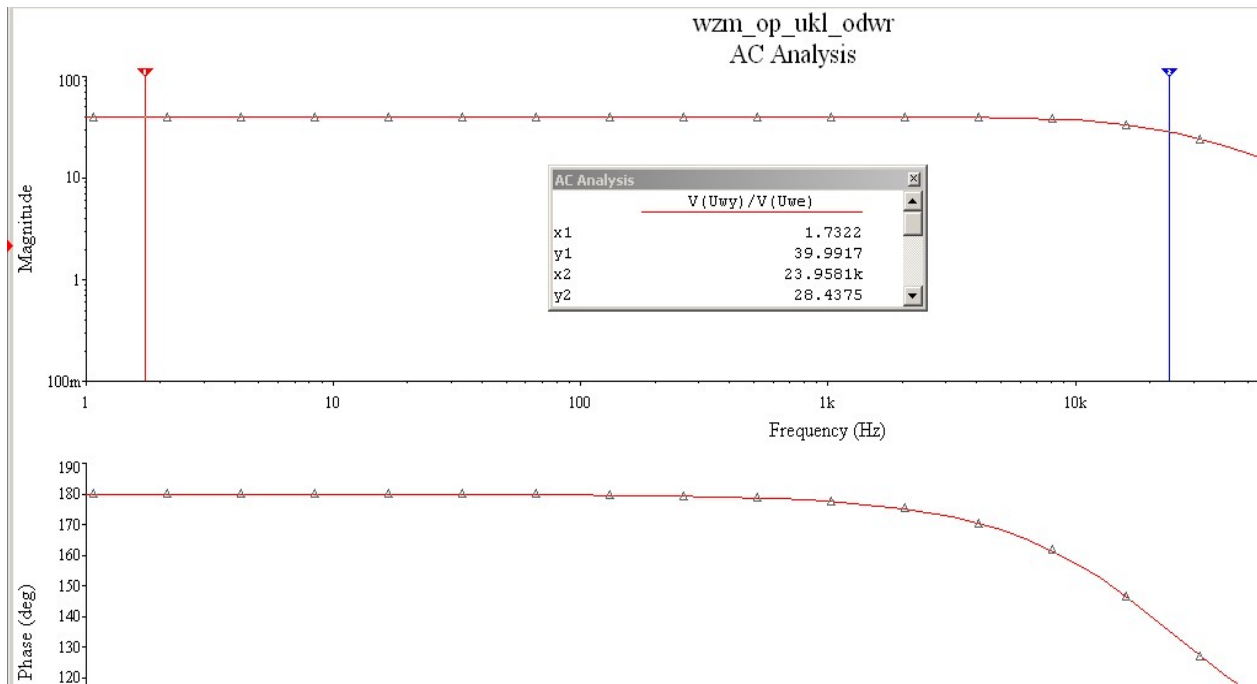


Rys. 3. Zakładka „Frequency Parameters” analizy „AC Analysis” wraz z ustawieniami



Rys. 4. Zakładka „Output” analizy „AC Analysis” wraz z ustawieniami

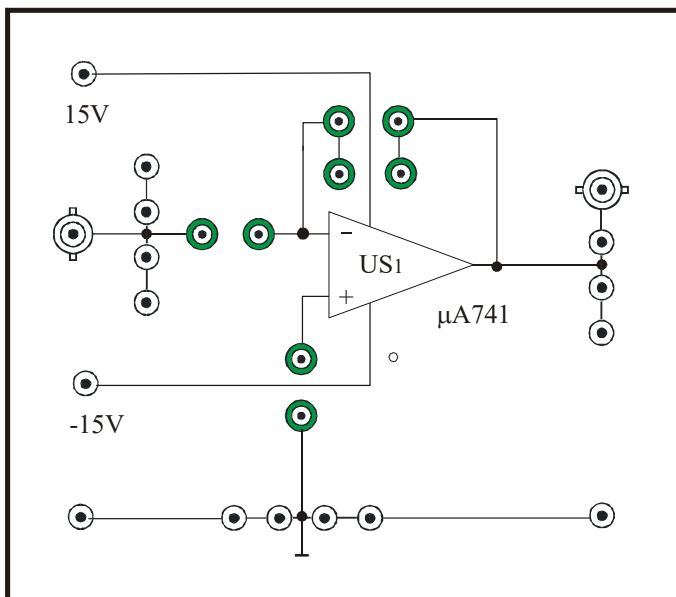
Po uruchomieniu opcji *Simulate* otrzymano wyniki, które ilustruje Rys 5



Rys.5. Charakterystyki częstotliwościowe (amplitudowa i fazowa) układu wzmacniacza z rys.2.

C) OPIS TECHNICZNY STANOWISKA LABORATORYJNEGO

UNIWERSALNA PODSTAWKA LABORATORYJNA DO BADANIA WZMACNIACZA OPERACYJNEGO



Rys.6. Uniwersalna podstawa laboratoryjna do badania wzmacniacza operacyjnego

Pomiary laboratoryjne przewidziane w ramach ćwiczenia realizowane są z wykorzystaniem uniwersalnej podstawki laboratoryjnej widocznej na **Rys.6**. Podstawa ta umożliwia realizację określonych układów pomiarowych poprzez odpowiednią konfigurację elementów oraz ich połączenia przy pomocy przewodów „bananowych” oraz „zworek”. Elementy badanego układu należy przykręcić do odpowiednich zacisków podstawki a następnie połączyć zgodnie z danym schematem”. Należy przy tym pamiętać że linie wytrasowane na powierzchni podstawki oznaczają połączenia galwaniczne. Prawidłowy przebieg pomiarów zależy również od właściwego sposobu zasilania układu (zasilanie symetryczne) oraz odpowiedniego usytuowania układu scalonego w podstawce. Dlatego przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić zgodność położenia układu scalonego z widocznym znakiem, natomiast do zasilania podstawki użyć przeznaczonego zasilacza symetrycznego (+15 V -15 V)

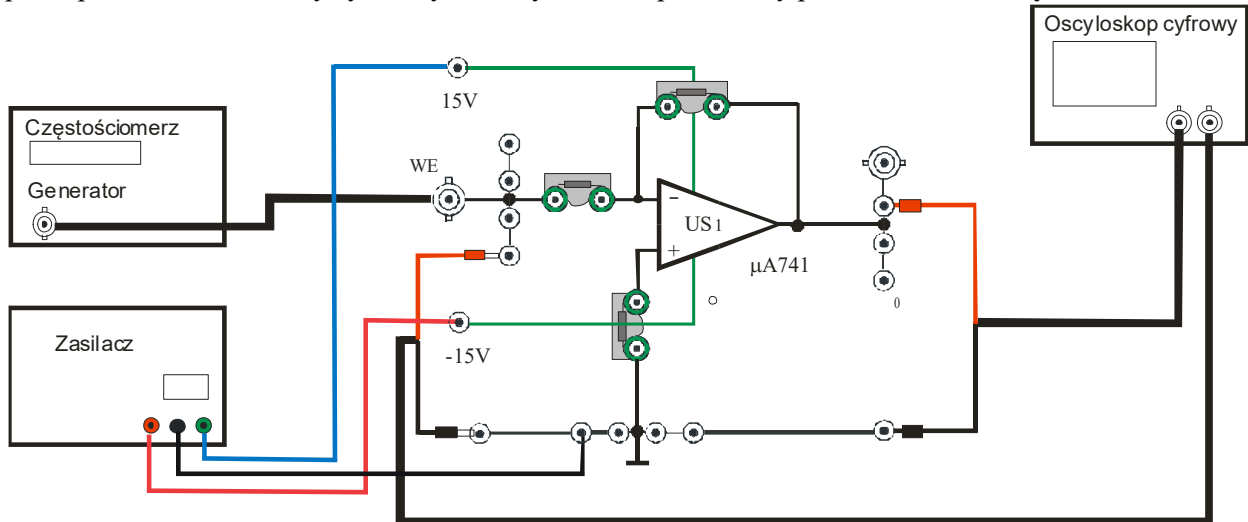
D) OBSERWACJE I POMIARY

1. SYMULACJE I POMIARY CHARAKTERYSTYK WZMACNIACZA OPERACYJNEGO Z REZYSTANCYJNYM OBWODEM SPRĘŻENIA ZWROTNEGO

a) Przedstawić wybrane i zrealizowane w punkcie A) 4 projekty wzmacniaczy odwracającego i nieodwracającego. Po dokonaniu wyboru układu przez prowadzącego wykonać dla tego układu

symulacje, które potwierdzą poprawność założeń projektowych (wartość wzmocnienia, przebieg sygnału wyjściowego)

b) Po wmontowaniu obliczonych wg. danych z punktu A) 4 rezystorów, na podstawkę, należy zmierzyć metodą punkt po punkcie charakterystyki częstotliwościowe (amplitudową $k_u(f)$ i fazową $\varphi(f)$) zaprojektowanego wzmacniacza. Wykorzystać do tego celu generator sinusoidalny przestrajany oraz oscyloskop cyfrowy. Wartość amplitudy napięcia wejściowego generatora właściwie ustalić i zmierzyć przed pomiarem charakterystyk. Przykładowy schemat pomiarowy przedstawiono na Rys.7.



Rys.7 Pomiar charakterystyk częstotliwościowych wzmacniacza z wykorzystaniem oscyloskopu cyfrowego. Na oscyloskopie cyfrowym należy ustawić pomiary: częstotliwości, napięcia V_{rms} na wejściu i wyjściu, przesunięcia fazowego pomiędzy przebiegiem wyjściowym i wejściowym.

2. POMIAR MAKSYMALNEJ SZYBKOŚCI ZMIAN NAPIĘCIA WYJŚCIOWEGO

Zmierzyć, korzystając z oscyloskopu, maksymalną szybkość zmian napięcia wyjściowego $S_{uom} = \frac{dU_o}{dt}$ dla wybranego układu wzmacniacza badanego w punkcie D1. Do wysterowania układu należy użyć generatora impulsów prostokątnych.

3 SYMULACJE I POMIARY CHARAKTERYSTYK WZMACNIACZA KSZTAŁTOWANYCH ZA POMOCĄ ELEMENTÓW R, C WŁĄCZONYCH W OBWÓD SPRZĘŻENIA ZWROTNEGO

a) Zasymulować układ obliczony wg. danych zawartych w punkcie A) 5 można w tym celu zmodyfikować dla własnych potrzeb projekt [wzm_op_ukl_form3.ms10](http://www.prz.rzeszow.pl/kpe/www/formularz.php?id_char=4&id=47)

b) Wykonać pomiary charakterystyk $k_u(f)$ – amplitudowej i fazowej $\varphi(f)$ dla rzeczywistego układu wzmacniacza formującego zmontowanego z elementów dobranych na podstawie symulacji z punktu a)

E) OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Prawidłowo opisać wyniki symulacji i wykresów z punktu D1 do D3 (ocena 3.0)
2. Porównać, ocenić prawidłowość i skomentować wyniki symulacji i pomiarów (ocena 3.5)
3. Dokonać porównania zmierzonych charakterystyk częstotliwościowych w punkcie D1 i dostępnych w sieci Internet charakterystyk wzmacniacza operacyjnego $\mu A741$. (ocena 4.0)
4. Porównać wyniki symulacji z punktu D3 z założeniami projektowymi i wyjaśnić ewentualne niezgodności. Opisać, w jaki sposób sprawdzano parametry badanego układu (ocena 4.5)
5. Porównać zmierzoną wartość maksymalnej szybkości zmian napięcia wyjściowego badanego wzmacniacza z danymi katalogowymi układu scalonego $\mu A741$. Wyjaśnić ewentualne różnice (ocena 5.0)

F) LITERATURA

1. http://www.prz.rzeszow.pl/kpe/www/formularz.php?id_char=4&id=47
2. Filipkowski A.: Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe