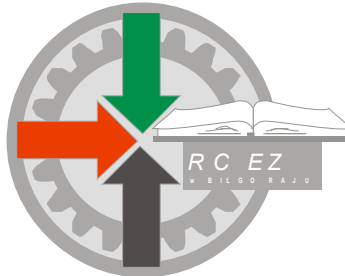


**REGIONALNE CENTRUM EDUKACJI
ZAWODOWEJ W BIEGORAJU**



**LABORATORIUM POMIARÓW
ELEKTRONICZNYCH UKŁADÓW ANALOGOWYCH**

ĆWICZENIE 2:

**POMIAR CHARAKTERYSTYK
I CZĘSTOTLIWOŚCI
GRANICZNYCH
WZMACNIACZA NAPIĘCIA**

**OPRACOWAŁ MGR INŻ. ARTUR KŁOSEK
BIEGORAJ 2014**

PRZECZYTAJ W DOMU I ZAPAMIĘTAJ !!! WIEDZA NIEZBĘDNA PODCZAS WYKONYWANIA ĆWICZENIA.



WPLYW POJEMNOŚCI SPRZĘGAJĄCYCH NA PRACĘ WZMACNIACZA NAPIĘCIOWEGO.

Pojemności sprzęgające tworzą z rezystancjami wejściową i wyjściową wzmacniacza, filtry górnoprzepustowe RC ograniczające własności wzmacniającego wzmacniacza dla małych częstotliwości. Większe znaczenie ma filtr wejściowy, określając dolną częstotliwość graniczną zależnością: $f_{gd} = 1/(2\pi r_{WE} C_B)$. Wynika z niej, że aby osiągnąć małą częstotliwość dolną graniczną, należy zastosować duży kondensator sprzęgający C_B (rzędu kilku mikrofaradów). Filtr wyjściowy ma znaczenie tylko przy obciążeniu wzmacniacza małą rezystancją. Jeżeli podczas pomiarów wzmacniacza przy częstotliwości $f = 1\text{kHz}$ stosujemy małą pojemność C_B , filtr wejściowy stłumi znaczną część sygnału wejściowego, co spowoduje zmniejszenie się sygnału wyjściowego i spadek wzmocnienia napięciowego. Przy pojemności sprzęgającej $C_B = 10\text{nF}$ i rezystancji wejściowej $r_{WE} = 10\text{k}\Omega$ częstotliwość dolna graniczna, dla której sygnał wejściowy nie będzie tłumiony, wyniesie $f_{gd} = 1592\text{Hz}$.

WPLYW POJEMNOŚCI BLOKUJĄCEJ NA PRACĘ WZMACNIACZA NAPIĘCIOWEGO.

Pojemność blokująca C_E przyłączona równolegle do rezystora emiterowego R_E ma za zadanie wyeliminować ujemne sprzężenie zwrotne dla sygnałów zmiennych, które powoduje osłabianie wzmocnienia napięciowego K_U . Aby tak było, reaktancja kondensatora C_E musi być kilkadziesiąt razy mniejsza od rezystancji R_E . Wtedy sygnał zmienny „nie widzi” rezystora emiterowego gdyż jest on zwarty do masy przez odpowiedni kondensator blokujący i zmniejszające wzmocnienie, sprzężenie zwrotne zostaje wyeliminowane. Dla typowych wartości rezystancji emiterowych, nie przekraczających kilku kiloomów, wartość pojemności blokującej powinna wynosić $(100 - 200)\mu\text{F}$. Ponieważ wartość reaktancji kondensatora emiterowego jest zależna od częstotliwości, ma on również wpływ na częstotliwość dolną graniczną wzmacniacza (jeżeli jest za mały – dla małych częstotliwości działa sprzężenie zwrotne i wzmocnienie jest mniejsze od maksymalnego, czyli wzmacniacz pracuje po za pasmem przenoszenia).

Wzmocnienie wzmacniacza z odpowiednim kondensatorem blokującym jest znacznie większe od układu bez kondensatora blokującego, gdyż nie działa ujemne sprzężenie zwrotne dla sygnałów wzmacnianych i dla układu polaryzacji stałym potencjałem bazy określane jest zależnością: $K_U = \beta_0 R_C / r_\pi$, gdzie r_π - rezystancja między bazą, a emiterem tranzystora (typowo kilka kiloomów).

POMIAR I WYKREŚLANIE CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ $K_U = f(f)$.

Wartość wzmocnienia napięciowego K_U powinna być wyrażona w decybelach zgodnie z zależnością: $K_U^{[\text{dB}]} = 20 \log_{10} K_U^{[V/V]}$.

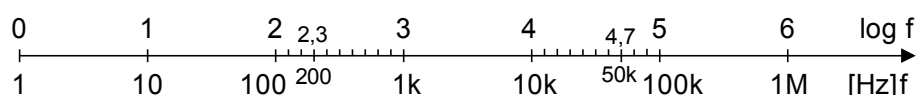
Podczas pomiarów charakterystyki częstotliwościowej w zakresie dużych częstotliwości oscyloskopem należy pamiętać o przeliczeniu wartości międzyszczytowej U_{WYpp} na wartość skuteczną U_{WY} zgodnie z zależnością: $U_{WY} = U_{WYpp}/2\sqrt{2}$.

Oś częstotliwości powinna być w skali logarytmicznej. Skala logarytmiczna jest nieliniowa. Aby zaznaczyć na osi f zmierzoną wartość częstotliwości, należy wprowadzić pomocniczą skalę $\log_{10} f$ i każdy z wyników zlogarytmować. Wtedy otrzymamy pomocniczą skalę liniową, na której łatwo zaznaczyć zmierzoną częstotliwość.

Przykłady:

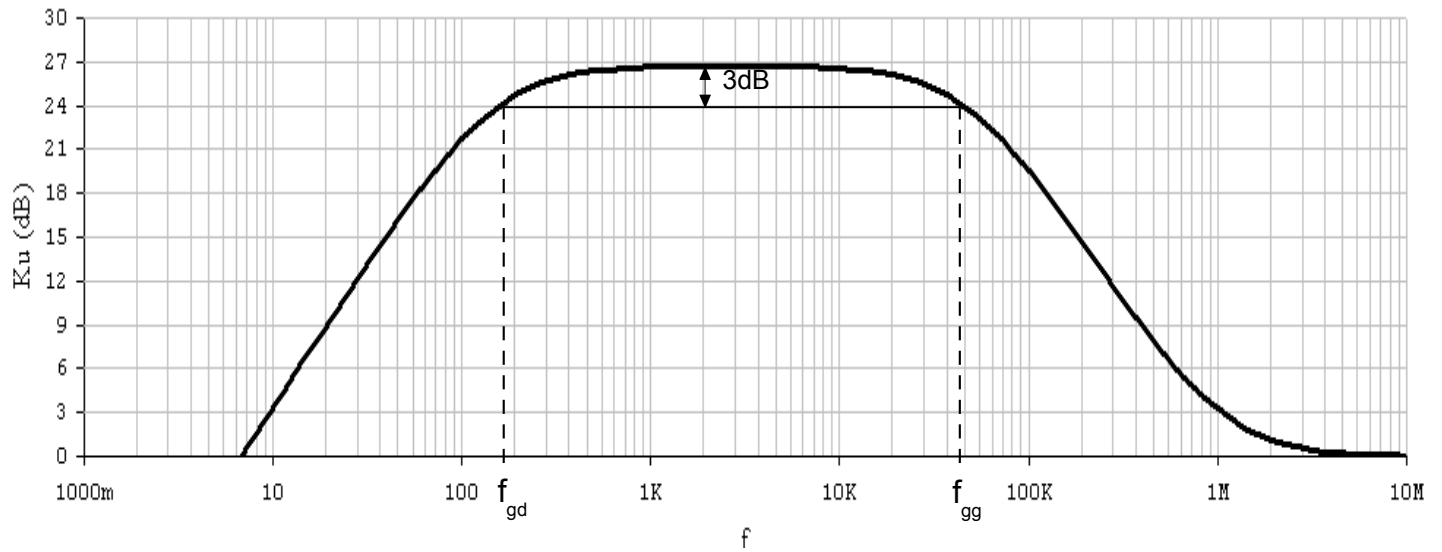
$$f = 200\text{Hz}, \log_{10} f = \log_{10} 200 = 2,3$$

$$f = 50\text{kHz}, \log_{10} f = \log_{10} 50000 = 4,7$$



WYZNACZANIE PASMA PRZENOSZENIA WZMACNIACZA.

W przypadku skali dÉcybelowej wzmocnienia, pasmo przenoszenia wyznaczamy obniÅ¼ajÄc o 3 dB poziom wzmocnienia maksymalnego i odczytujÄc odpowiadajÄce mu czÄstotliwoÅci graniczne: f_{gd} – dolnÄ czÄstotliwoÅc granicznÄ i f_{gg} – gÄrnÄ czÄstotliwoÅc granicznÄ.



PROGRAM ĆWICZENIA.



1. POMIAR CHARAKTERYSTYKI PRZEJŚCIOWEJ $U_{WY} = f(U_{WE})$.

- 1.1. Skonfiguruj panel ćwiczeniowy według schematu układu polaryzacji stałym potencjałem bazy z rezystorem emiterowym $R_E = 1k\Omega$. Wykorzystaj rezystor R_{B2} , potencjometr P_{B2} , rezystor R_{C1} , kondensator C_{B1} , $U_{CC} = 12V$.
- 1.2. Zmieniając rezystancję potencjometru P_{B2} ustaw optymalny punkt pracy ($U_{CE} = 0,5U_{CC}$).
- 1.3. Do wejścia układu podłącz napięcie sinusoidalne $f = 1kHz$ o takiej wartości U_{WE} , dla której napięcie wyjściowe znajdzie się na granicy zakresu liniowego. Jest to napięcie przesterowania U_p . Po przekroczeniu napięcia przesterowania na wyjściu pojawiają się zniekształcenia. Zmniejszając napięcie wejściowe na generatorze od napięcia przesterowania do napięcia $U_{WE} = 50mV$, wyznacz charakterystykę przejściową wzmacniacza $U_{WY} = f(U_{WE})$. Dla każdego pomiaru oblicz wzmocnienie napięciowe K_U .

U_{WE} [V]	U_{WY} [V]	K_U [V/V]

- 1.4. Zmień wartość pojemności kondensatora sprzęgającego na C_{B2} (pozostałe elementy bez zmian) i postępując podobnie jak w punkcie 1.3 wyznacz charakterystykę przejściową wzmacniacza $U_{WY} = f(U_{WE})$. Dla każdego pomiaru oblicz wzmocnienie napięciowe K_U .

U_{WE} [V]	U_{WY} [V]	K_U [V/V]

- 1.5. Zmniejszenie pojemności sprzęgającej C_B spowodowało wzrost / zmniejszenie się wzmocnienia napięciowego.

2. POMIAR CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ $K_U = f(f)$.

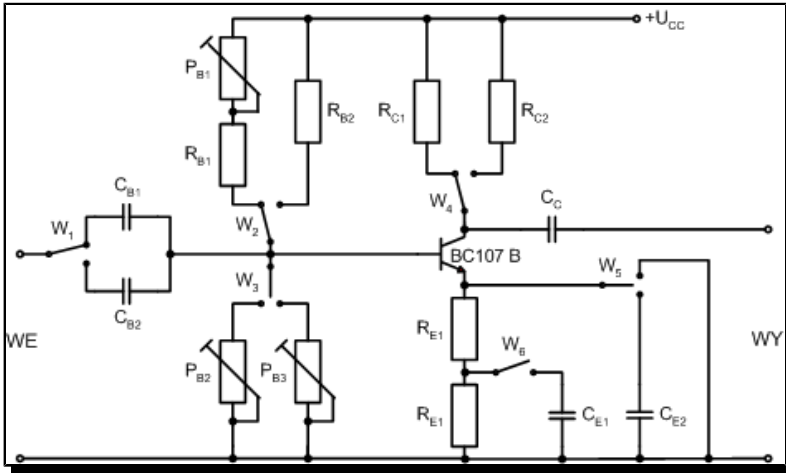
- 2.1. Skonfiguruj panel ćwiczeniowy według schematu układu polaryzacji stałym potencjałem bazy z rezystorem emiterowym $R_E = 1k\Omega$. Wykorzystaj rezystor R_{B2} , potencjometr P_{B2} , rezystor R_{C1} , kondensator C_{B1} , $U_{CC} = 12V$.
- 2.2. Zmieniając rezystancję potencjometru P_{B2} ustaw optymalny punkt pracy ($U_{CE} = 0,5U_{CC}$).
- 2.3. Do wejścia układu podłącz napięcie sinusoidalne $f = 1kHz$ o dowolnej wartości U_{WE} , z zakresu liniowego (brak zniekształceń na wyjściu). Ponieważ charakterystyka częstotliwościowa dla średnich częstotliwości jest funkcją stałą, pomiary należy przeprowadzić tylko dla zakresu małych i dużych częstotliwości. Początkowo należy wyznaczyć granice obu zakresów. Obserwując na oscyloskopie wartość międzyszczytową napięcia wyjściowego zmniejszaj częstotliwość napięcia wejściowego. W momencie kiedy napięcie zacznie się zmniejszać, odczytaj częstotliwość. Jest to granica zakresu małych częstotliwości. Postępując podobnie, lecz zwiększając częstotliwość od 1kHz, wyznacz granicę zakresu górnych częstotliwości. Rozpoczynając od granicy małych częstotliwości, wykonaj pomiary napięcia wyjściowego oscyloskopem, zmniejszając częstotliwość do 2Hz. Rozpoczynając od granicy dużych częstotliwości, wykonaj pomiary napięcia wyjściowego oscyloskopem, zwiększając częstotliwość do 2MHz.

U_{WE} [V]	zakres małych częstotliwości				zakres dużych częstotliwości			
	f [Hz]	U_{WY} [V]	K_U [V/V]	K_U [dB]	f [Hz]	U_{WY} [V]	K_U [V/V]	K_U [dB]

3. POMIAR CZĘSTOTLIWOŚCI GRANICZNYCH WZMACNIACZA.

- 3.1. Skonfiguruj panel ćwiczeniowy według schematu układu polaryzacji stałym potencjałem bazy z rezystorem emiterowym $R_E = 1k\Omega$. Wykorzystaj rezystor R_{B2} , potencjometr P_{B2} , rezystor R_{C1} i kondensator C_{B2} , $U_{CC} = 12V$.
- 3.2. Zmieniając rezystancję potencjometru P_{B2} ustaw optymalny punkt pracy ($U_{CE} = 0,5U_{CC}$).
- 3.3. Do wejścia układu podłącz napięcie sinusoidalne $f = 10kHz$ o takiej wartości U_{WE} , aby napięcie wyjściowe miało wartość $U_{WYpp} = 1V$.
- 3.4. **Zmniejszaj** częstotliwość napięcia wejściowego, aż napięcie wyjściowe zmniejszy się $\sqrt{2}$ krotnie do wartości $U_{WYpp} = 0,707V$. Zanotuj wartość zmierzonej w ten sposób dolnej częstotliwości granicznej $f_{gd} = \dots\dots\dots$
- 3.5. Zmień wartość pojemności kondensatora sprzęgającego na C_{B1} (pozostałe elementy bez zmian) i postępując podobnie jak w punktach 3.3 i 3.4 zmierz wartość dolnej częstotliwości granicznej $f_{gd} = \dots\dots\dots$
- 3.6. Zwiększenie pojemności sprzęgającej $C_B \dots\dots\dots$ krotnie spowodowało wzrost / zmniejszenie się dolnej częstotliwości granicznej $f_{gd} \dots\dots\dots$ krotnie.
- 3.7. Przy włączonym kondensatorze C_{B1} do wejścia układu podłącz napięcie sinusoidalne $f = 1kHz$ o takiej wartości U_{WE} , aby napięcie wyjściowe miało wartość $U_{WYpp} = 1V$. Następnie **zwiększaj** częstotliwość napięcia wejściowego, aż napięcie wyjściowe zmniejszy się $\sqrt{2}$ krotnie do wartości $U_{WYpp} = 0,707V$. Zanotuj wartość zmierzonej w ten sposób górnej częstotliwości granicznej $f_{gg} = \dots\dots\dots$

SCHEMAT UKŁADU ĆWICZENIOWEGO.



$R_{B1} = 2,5 \text{ M}\Omega$
 $R_{B2} = 82 \text{ k}\Omega$
 $P_{B1} = 1 \text{ M}\Omega$
 $P_{B2} = 50 \text{ k}\Omega$
 $P_{B3} = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_{C1} = 5,6 \text{ k}\Omega$
 $R_{C2} = 2,7 \text{ k}\Omega$
 $R_{E1} = 180 \Omega$
 $R_{E2} = 820 \Omega$

$C_{B1} = 1 \mu\text{F}$
 $C_{B2} = 10 \text{ nF}$
 $C_{E1} = 100 \mu\text{F}$
 $C_{E2} = 200 \mu\text{F}$
 $C_C = 10 \mu\text{F}$

OPRACOWANIE ĆWICZENIA. WSKAZÓWKI NIEZBĘDNE PODCZAS WYKONYWANIA SPRAWOZDANIA.



- ✓ SPRAWOZDANIE WYKONAJ WEDŁUG KOLEJNYCH PODPUNKTÓW ZAMIESZCZONYCH W PROGRAMIE ĆWICZENIA.
- ✓ W PUNKTACH 1.3, 2.3 I 3.3 ZAMIEŚĆ BLOKOWE SCHEMATY POMIAROWE MIERZONYCH CHARAKTERYSTYK UWZGLĘDNIAJĄC UŻYTE W DANYM UKŁADZIE ELEMENTY I PRZYRZĄDY POMIAROWE.
- ✓ WYKREŚŁ NA JEDNYM UKŁADZIE WSPÓŁRZĘDNYCH CHARAKTERYSTYKI PRZEJŚCIOWE POMIARZONE W PUNKTACH 1.3 I 1.4 DLA DWÓCH RÓŻNYCH KONDENSATORÓW SPRZĘGAJĄCYCH. ZAZNACZ NA CHARAKTERYSTYKACH NAPIĘCIA PRZESTEROWANIA.
- ✓ W PUNKCIE 2.3 WYKREŚŁ CHARAKTERYSTYKĘ CZĘSTOTLIWOŚCIOWĄ, NA PODSTAWIE CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ WYZNACZ PASMO PRZENOSZENIA WZMACNIACZA I ODCZYTAJ WARTOŚCI CZĘSTOTLIWOŚCI GRANICZNYCH.

PRZYKŁADOWE ZADANIE ZALICZENIOWE. WSKAZÓWKI NIEZBĘDNE PODCZAS ZALICZENIA.

- ✓ SKONFIGURUJ PANEL ĆWICZENIOWY WEDŁUG SCHEMATU UKŁADU POLARYZACJI STĄŁYM POTENCJALKEM BAZY Z REZYSTOREM EMITEROWYM $R_E = 1\text{k}\Omega$. WYKORZYSTAJ REZYSTOR R_{B2} , POTENCJOMETR P_{B2} I REZYSTOR R_{C2} ORAZ KONDENSATOR C_{B1} , $U_{CC} = 12\text{V}$.
- ✓ ZMIENIAJĄC REZYSTANCJĘ POTENCJOMETRU P_{B2} USTAW PUNKT PRACY $U_{CE} = 6\text{V}$.
- ✓ DO WEJŚCIA UKŁADU PODŁĄCZ NAPIĘCIE SINUSOIDALNE $f = 1\text{kHz}$ O TAKIEJ WARTOŚCI U_{WE} , ABY NAPIĘCIE WYJŚCIOWE MIAŁO WARTOŚĆ $U_{WYPP} = 0,5\text{V}$
- ✓ WYZNACZ CZĘSTOTLIWOŚCI GRANICZNE WZMACNIACZA.
- ✓ ZMIERZ CHARAKTERYSTYKĘ PRZEJŚCIOWĄ $U_{WY} = f(U_{WE})$ WZMACNIACZA.
- ✓ WYKREŚŁ ZMIERZONĄ CHARAKTERYSTYKĘ.