

Ćwiczenie 11

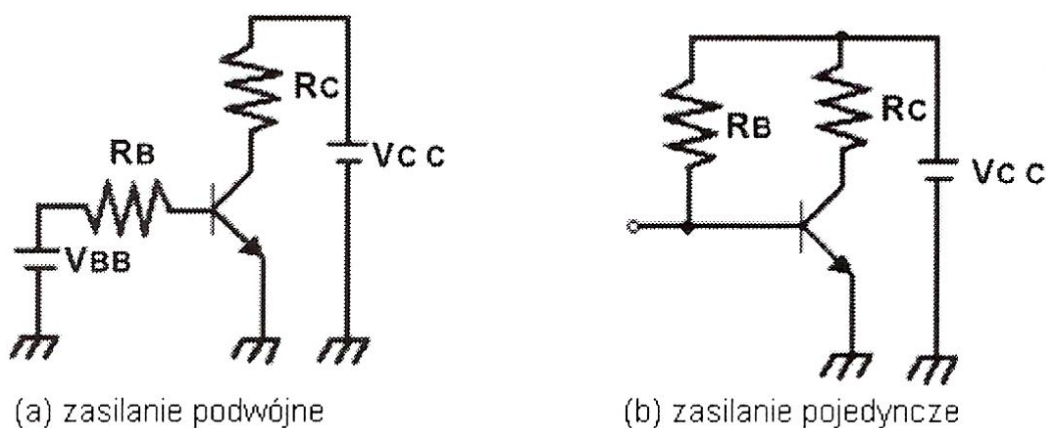
Temat: Wzmacniacz w układzie wspólnego emitera.

Cel ćwiczenia Poznanie konfiguracji zasady pracy wzmacniacza w układzie OE. Wyznaczenie charakterystyk wzmacniacza w układzie OE. Czytanie schematów elektronicznych. Montaż według schematu. Przestrzeganie zasad bhp.

INSTRUKCJA DO WYKONANIA ZADANIA

Przestrzegaj zasad BHP przy pomiarach elektrycznych. Zachowaj ostrożność w czasie ćwiczenia. Sprawdź stan elementów zastosowanych w ćwiczeniu oraz narzędzi.

Podstawy układ wzmacniacza pracujący w układzie ze wspólnym emiterem (OE) przedstawiono na rys. 6-1-1(a), w którym sygnały wejściowy wyjściowy użytkują wspólnie, emiter. Innymi słowy emiter jest użyty jako punkt wspólny, nazywany według przyjętej konwencji „masą (CND)”. Jest on obecnie używany jako wyprowadzenie wspólne układu i różni się od „masy” zdefiniowanej w układzie elektrycznym. W układzie przedstawionym na rysunku jednoczesna obecność napięć zasilających V_{BB} i V_{CC} nie jest ani ekonomiczna, ani praktyczna. Zwykle do wymuszenia przepływu zarówno prądu bazy I_B jak i prądu kolektora I_C używa się tylko jednego napięcia zasilania V_{CC} . Jeden z takich, typowych układów zasilania przedstawiono na rys. 6-1-1(b).



Rys. 6-1-1 Wzmacniacz w układzie OE

Sposoby polaryzacji wzmacniacza ze wspólnym emiterem (OE):

- 1 Układ z polaryzacją ustawioną na stałe.
2. Układ polaryzacji napięciem stałym niezależny od wartości wzmocnienia β (nazywany też układem z polaryzacją automatyczną).

Aby zwiększyć stabilność układu, powyższe układy polaryzacji zostały usprawnione w sposób następujący: zastosowano układ o polaryzacji ustawionej na stałe z rezystancją emiterową; zastosowano układ kolektorowego sprzężenia zwrotnego. Poniżej przedstawiono zasady powszechnie stosowanych sposobów polaryzacji:

Układ o polaryzacji stałej

1. Wyznaczyć prostą obciążenia prądem stałym (polaryzacja dc).

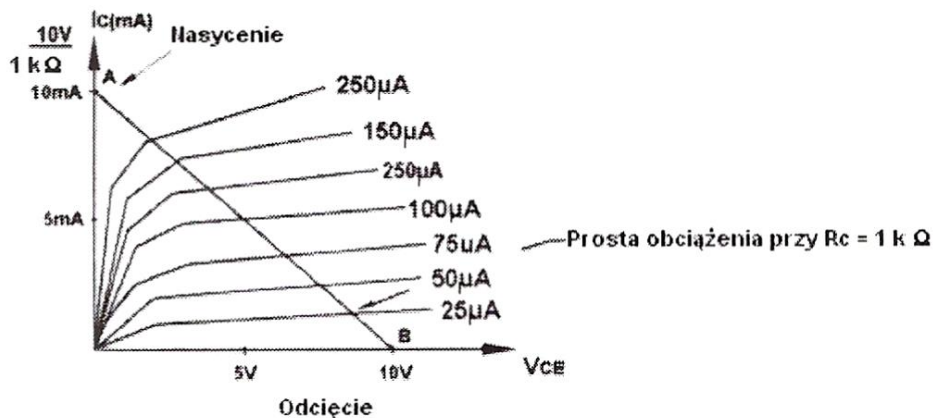
Rozważmy układ przedstawiony na rys. 6-1-1(b), jeśli $V_{CC}=10\text{ V}$, $R_C=1\text{ k}\Omega$, $R_B=100\text{ k}\Omega$ i $\beta=50$, a następnie:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10\text{ V} - 0,6\text{ V}}{100\text{ k}\Omega} = \frac{9,4}{100\text{ k}\Omega} \approx 94\text{ }\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 94\text{ }\mu\text{A} = 4700\text{ }\mu\text{A} = 4,7\text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10\text{ V} - 4,7\text{ mA} \times 1\text{ k}\Omega = 5,3\text{ V}$$

Można to przedstawić na charakterystyce wyjściowej w sposób przedstawiony na rys. 6-1-2. Prosta łącząca na charakterystyce punkty A i B jest nazywana prostą obciążenia.



Rys. 6-1-2 Prosta obciążenia

Gdy tranzystor jest w stanie nasycenia, to $I_C(\text{sat}) = V_{CC}/R_C = 10 \text{ mA}$ a $V_{CE} = 0$ (punkt A).

Gdy natomiast tranzystor ten jest w stanie odcięcia, to $I_C = 0$ a $V_{CE} = 10 \text{ V} = V_{CC}$ (punkt B).

Punkt pracy Q tego układu ustawiono na $I_C = 5 \text{ mA}$ i $V_{CE} = 5 \text{ V}$.

Tranzystor pracuje, zatem w obszarze przewodzenia.

2. Praca tranzystora przy doprowadzonym sygnale wejściowym przemiennym

a. Z przebiegu prostej obciążenia możemy wysnuć wniosek, że przy zmianach napięcia w zakresie od 0 do V_{CC} maksymalna wartość napięcia V_O (lub V_{CE}) jest równa V_{CC} , a wartość minimalna wynosi V_O , czyli 0V. Innymi słowy, zmiana napięcia V_O (ΔV_O) jest między 0V a V_{CC} , niezależnie od zmian sygnału wejściowego.

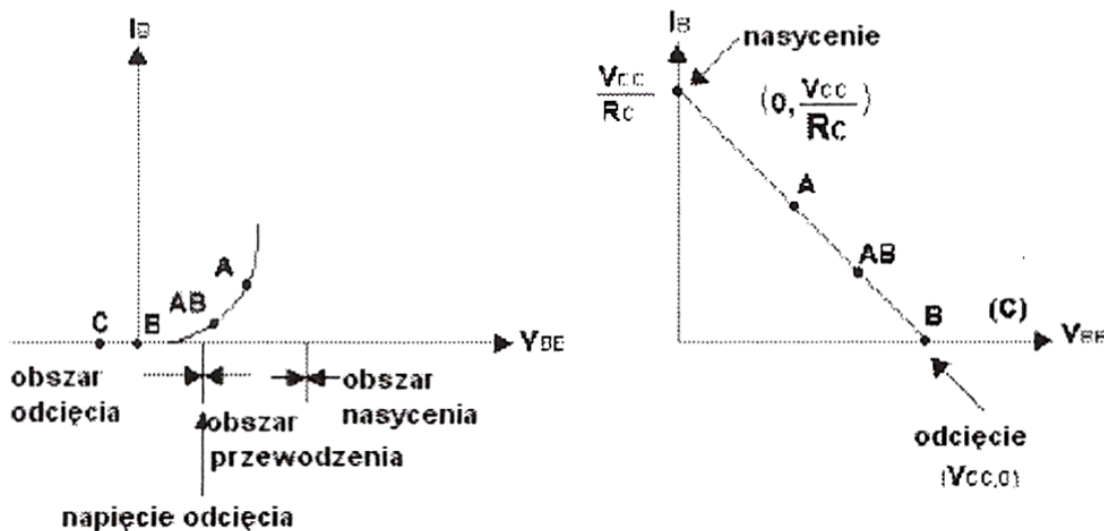
b. Wybrano układ z rys. 6-1-1(b) przy spełnionych następujących warunkach: $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, $R_B = 100 \text{ k}\Omega$, $\beta = 50$, $I_B = \pm 50 \mu\text{A}$, a do bazy jest doprowadzany prąd przemienny. Jak przedstawiono na rys 6-1-2 po wykreśleniu prostej obciążenia otrzymujemy, że w punkcie pracy (Q) prąd bazy I_B wynosi $100 \mu\text{A}$, stąd zakres zmian prądu wyjściowego jest między $50 \mu\text{A}$ a $150 \mu\text{A}$.

Jeśli $I_B = 50 \mu\text{A}$, to $I_C = \beta \cdot I_B = 50 \times 50 \mu\text{A} = 2,5 \text{ mA}$, a $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 10 \text{ V} - 2,5 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 7,5 \text{ V}$

Jeśli $I_B = 150 \mu\text{A}$, to $I_C = \beta \cdot I_B = 50 \times 150 \mu\text{A} = 7,5 \text{ mA}$, a $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 10 \text{ V} - 7,5 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 2,5 \text{ V}$

3. Wpływ polaryzacji napięciem stałym na pracę układu wzmacniacza.

(Wpływ punktu pracy Q na układ wzmacniający) Układy polaryzacji napięciem stałym układu tranzystorowego zaprojektowano dla różnych klas wzmacnienia tranzystora (klasa A, B, AB i C). Położenie punktu Q dla każdej z tych klas wzmacnienia przedstawiono na rys. 6-1-3.



(a) Charakterystyka wejściowa

(b) Charakterystyka wyjściowa

Rys. 6-1-3

Klasy wzmacnienia:

Klasa A Punkt pracy umieszczono na środku prostoliniowej części charakterystyki.

Klasa B: Punkt pracy umieszczono w punkcie odcięcia, w którym $V_{BE} = 0$.

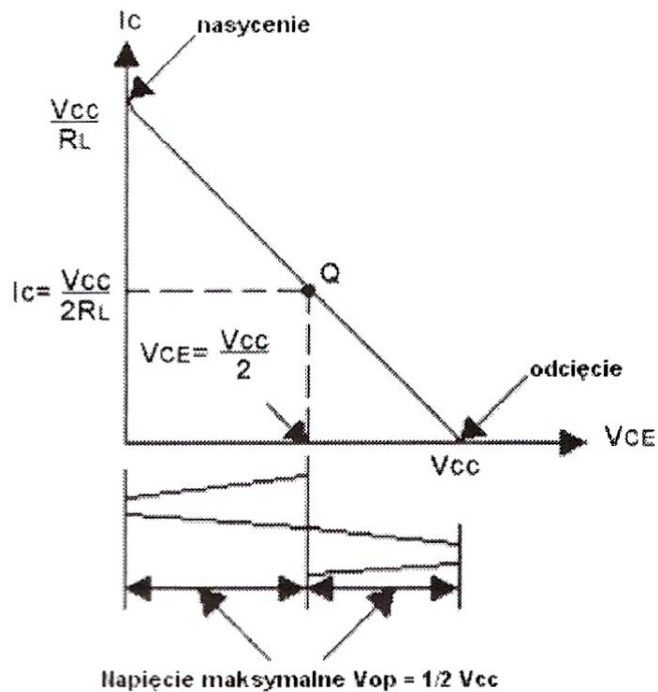
Klasa C: Punkt pracy umieszczono w poniżej punktu odcięcia, przy czym napięcie V_{BE} jest ujemne.

Klasa AB: Punkt pracy umieszczono w miejscu między klasą A i klasą B.

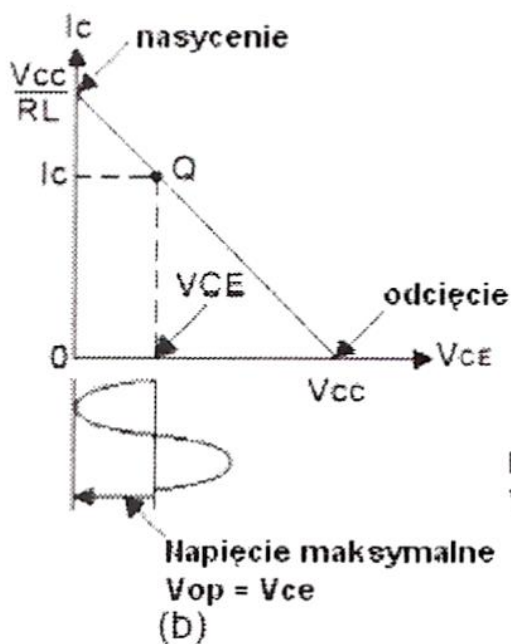
Lokalizacja punktu pracy będzie określać maksymalne napięcie wyjściowe. Punkt pracy powinno się zaprojektować zależnie od wielkości sygnału wejściowego tj. prądu I_B tak, jak to przedstawiono na rys. 6-1-4.

Z rysunku tego możemy wywnioskować, że:

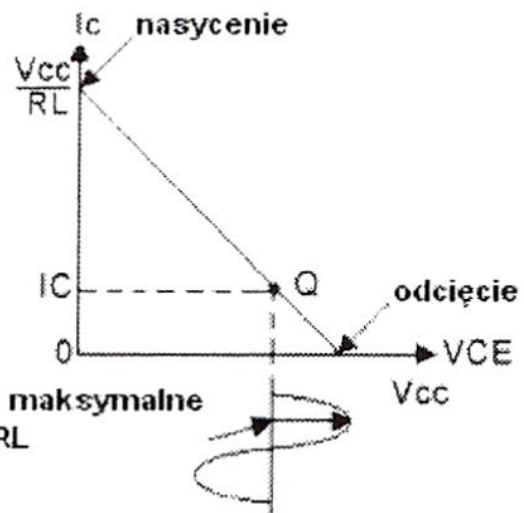
- Dla układu pracującego przy większym sygnale wejściowym, punkt pracy powinno się umieścić na środku prostej obciążenia ($V_{CE} = \frac{1}{2} V_{CC}$) jak to przedstawiono na rys. 6-1-4(a).
- Gdy sygnał wejściowy jest mniejszy, to punkt pracy można umieścić w górnej części prostej obciążenia, jak to przedstawiono na rys. 6-1-4(b) lub w dolnej części prostej obciążenia - jak to przedstawiono na rys. 6-1-4(c).
- Jeśli punkt pracy nie zostanie umieszczony na środku prostej obciążenia, to sygnał wyjściowy będzie zniekształcony. Przedstawiono to na rys. 6-1-5(a). Gdy zaś sygnał wejściowy będzie większy, to zostaną obcięte szczyty tego sygnału, co z kolei przedstawiono na rys. 6-1-5(b).
- Jeśli sygnał wejściowy będzie bardzo duży to nawet wtedy, gdy punkt pracy umieszcza się na środku prostej obciążenia, powstaną zniekształcenia polegające na obcinaniu szczytów przebiegu tego sygnału zarówno w dodatnich jak i ujemnych półokresach. Przedstawiono to na rys. 6-1-6. Jedynym sposobem przeciwdziałania temu zjawisku jest wyeliminowanie zniekształceń przez zwiększenie napięcia zasilania V_{CC} - jak to przedstawiono na rys. 6-1-6.



(a) Dopuszczalny zakres napięć wyjściowych V_O .

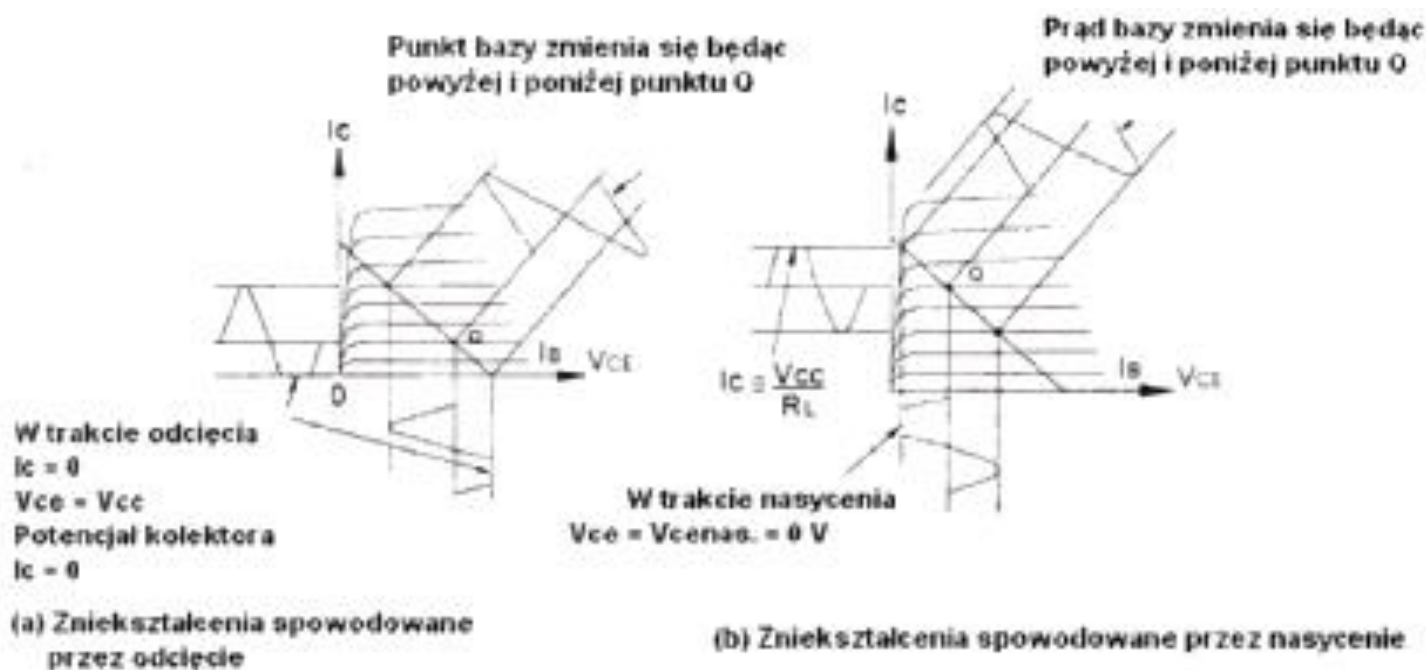


(b)

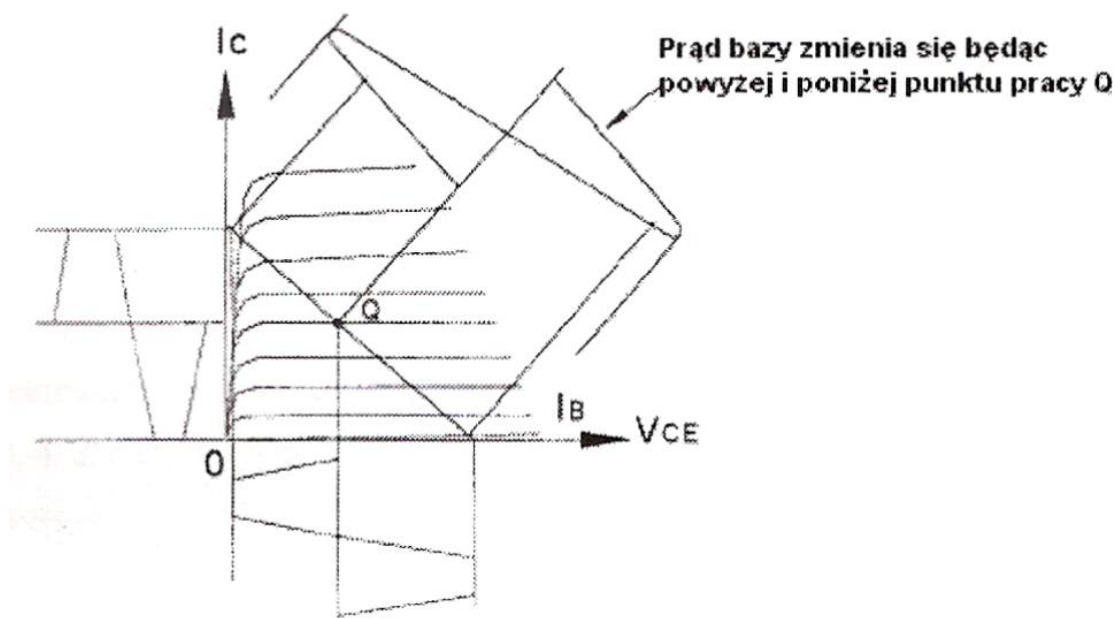


(c)

Rys. 6-1-4 Położenie punktu pracy określa maksymalne napięcie wyjściowe.



Rys. 6-1-5 Zniekształcenia spowodowane nieodpowiednim wyborem punktu pracy



Rys. 6-1-6 Zniekształcenia powodowane przez zbyt duże napięcie wejściowe

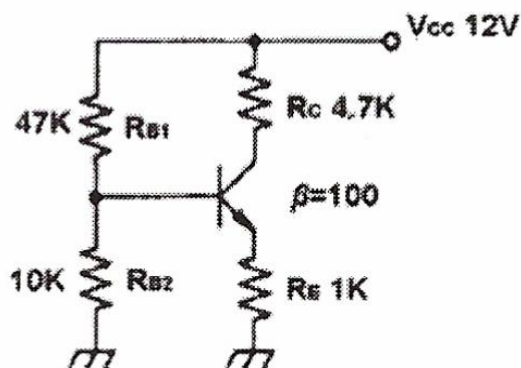
4. Wady układu z ustawionym na stałe napięciem polaryzującym.

Punkt pracy (współrzędne V_{CE} , I_C) w układzie o napięciu polaryzującym ustawionym na stałe zależy od wielkości współczynnika wzmocnienia β ($I_C = \beta \cdot I_B$, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$). Dla różnych tranzystorów wartość wzmocnienia β będzie też różna (nawet wtedy, gdy tranzystory są tego samego typu tj. mają to samo oznaczenie i pochodzą od tego samego producenta, to wartość β każdego egzemplarza tranzystora będzie inna). Stąd też, w związku z różną wartością β położenie punktu pracy każdego tranzystora będzie inne. Rzeczywiste działanie gotowego układu będzie odbiegać od oryginalnego projektu. Ponadto przebieg wyjściowy będzie zniekształcony, a prąd spoczynkowy będzie większy, co może spowodować spalenie się tranzystora.

Układ polaryzacji napięciem stałym o parametrach niezależnych od wartości współczynnika wzmocnienia β .

Po zakończeniu projektowania tego układu punkt pracy zostanie ustawiony na stałe będzie przesuwac się zależnie od wartości wzmocnienia β . Ponieważ układ ten ma właściwość samoczynnego blokowania punktu pracy, zatem nazywa się go „układem z polaryzacją automatyczną”.

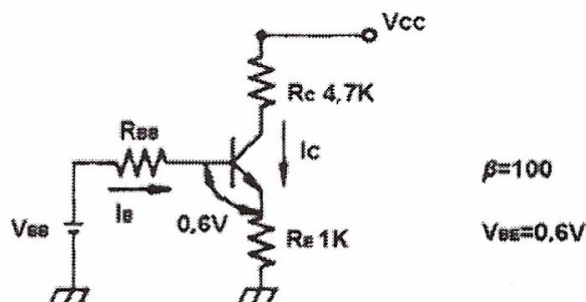
Przykład: Posługując się rysunkiem 6-1-7 obliczyć wartości I_C i V_{CE} .



Rys. 6-1-7 Wzmacniacz z polaryzacją automatyczną

Rozwiązanie:

Układ zastępczy układu z rys. 6-1-7 przedstawiono na rys. 6-1-8.



Rys. 6-1-8 Układ zastępczy układu z rys. 6-1-8

Zgodnie z regułą Thevenina:

$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 12V \times \frac{10K}{47K + 10K} = 2.1V$$

$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2} = \frac{R_{B1} \times R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{47K \times 10K}{47K + 10K} = 8.2K \Omega$$

Na podstawie danych z rys. 6-1-8 otrzymujemy:

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B \times R_{BB} + V_{BE} + I_E \times R_E \\ &= I_B \times R_{BB} + V_{BE} + I_B (1 + \beta) R_E \\ &= I_B (R_{BB} + (1 + \beta) R_E) + V_{BE} \end{aligned}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1 + \beta) R_E} = \frac{2.1 - 0.6}{8.2K + (1 + 100) 1K} = 0.0138mA$$

$$\begin{cases} I_C = \beta \times I_B \cong I_E = 100 \times 0.0138mA = 1.38mA \\ V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 12V - 1.38mA (4.7K + 1K) = 12 - 7.9V = 4.1V \end{cases}$$

Liczymy wartość przybliżoną:

$$I_E = V_E / R_E = \frac{V_{BB} - 0.6V}{1K} = \frac{2.1V - 0.6V}{1K} = 1.5mA$$

$$I_C \cong I_E = 1.5mA$$

$$V_{CE} = 12V - 1.5mA (4.7K + 1K) = 3.45V$$

Otrzymujemy przybliżoną wartość prądu kolektora $I_C = 1.5mA$ (wartość β nie jest brana pod uwagę). Gdy uwzględnimy wartość β , to wartość prądu $I_C = 1.38mA$ (im większa wartość iloczynu $\beta \times R_E$, tym powyższe dwa rozwiązania są bardziej przybliżone). Układ ten jest nazywany układem polaryzacji niezależnym od wartości współczynnika β .

Punkt pracy takiego układu nie będzie zmieniał się przy zmianie tranzystora.

Układ polaryzacji tranzystora ze sprzężeniem zwrotnym w kolektorze

Układ polaryzacji ze sprzężeniem kolektorowym przedstawiono na rys. 6-1-9.

Poniżej przedstawimy analizę tego układu:

Zgodnie z II prawem Kirchhoffa otrzymujemy:

$$V_{CC} = (I_C + I_B) \cdot R_C + V_{BE}$$

$$V_{CC} = (\beta + 1) I_B \cdot R_C + V_{BE}$$

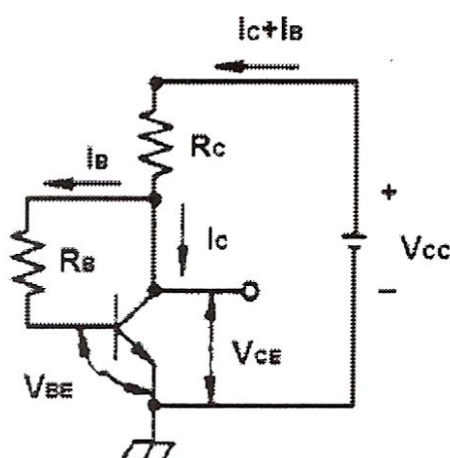
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_C + R_B}$$

Jeśli $\beta \gg 1$ to $V_{CC} \gg V_{BE}$

$$I_B = \frac{V_{CC}}{\beta R_C + R_B}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C + I_B) R_C \approx V_{CC} - I_C \times R_C$$



Rys. 6-1-10 Układ polaryzacji ze sprzężeniem zwrotnym w kolektorze

Przykład: Zgodnie z danymi z rys. 6-1-9, $V_{CC} = 12V$, $R_C = 10\text{ k}\Omega$, $R_B = 500\text{ k}\Omega$, $\beta = 50$ obliczamy I_C i V_{CE}

Rozwiązanie:

$$I_B = \frac{12V}{50 \times 10K + 500K} = \frac{12V}{1M} = 12\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 12\mu A \times 50 = 0,6mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C = 12V - 0,6mA \times 10K = 12V - 6V = 6V$$

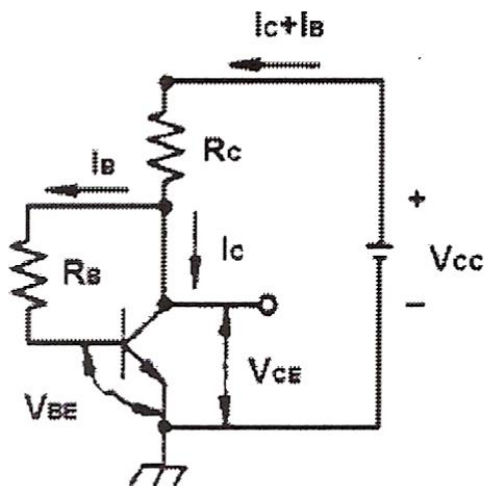
Jeśli $\beta = 100$, to

$$I_B = \frac{12V}{\beta R_C + R_B} = \frac{12V}{10K \times 100 + 500K} = \frac{12}{1,5M} = 8\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 8\mu A \times 100 = 0,8mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C = 12V - 0,8mA \times 10K = 4V$$

Jeśli $\beta = 50$, to $I_C = 0,6\text{ mA}$, a $V_{CE} = 6V$.



Rys. 6-1-10 Układ polaryzacji ze sprzężeniem zwrotnym w kolektorze

Przykład: Zgodnie zdanymi z rys. 6-1-9, $V_{CC} = 12V$, $R_C = 10\text{ k}\Omega$, $R_B = 500\text{ k}\Omega$, $\beta = 50$ obliczamy I_C i V_{CE} .

Rozwiązanie:

$$I_B = \frac{12V}{50 \times 10K + 500K} = \frac{12V}{1M} = 12\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 12\mu A \times 50 = 0,6mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C = 12V - 0,6mA \times 10K = 12V - 6V = 6V$$

Jeśli $\beta = 100$, to

$$I_B = \frac{12V}{\beta R_C + R_B} = \frac{12V}{10K \times 100 + 500K} = \frac{12}{1,5M} = 8\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 8\mu A \times 100 = 0,8mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C = 12V - 0,8mA \times 10K = 4V$$

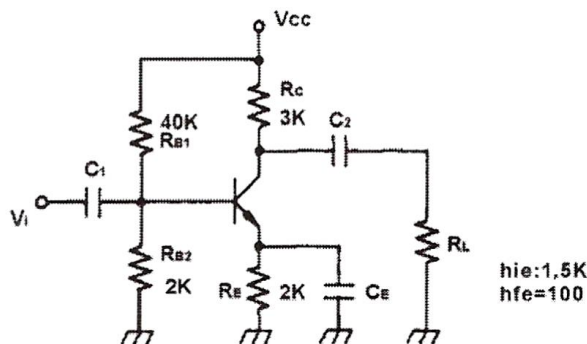
Jeśli $\beta = 50$, to $I_C = 0,6\text{ mA}$, a $V_{CE} = 6\text{ V}$.

Jeśli $\beta = 100$, to $I_C = 0,8\text{ mA}$, a $V_{CE} = 4V$.

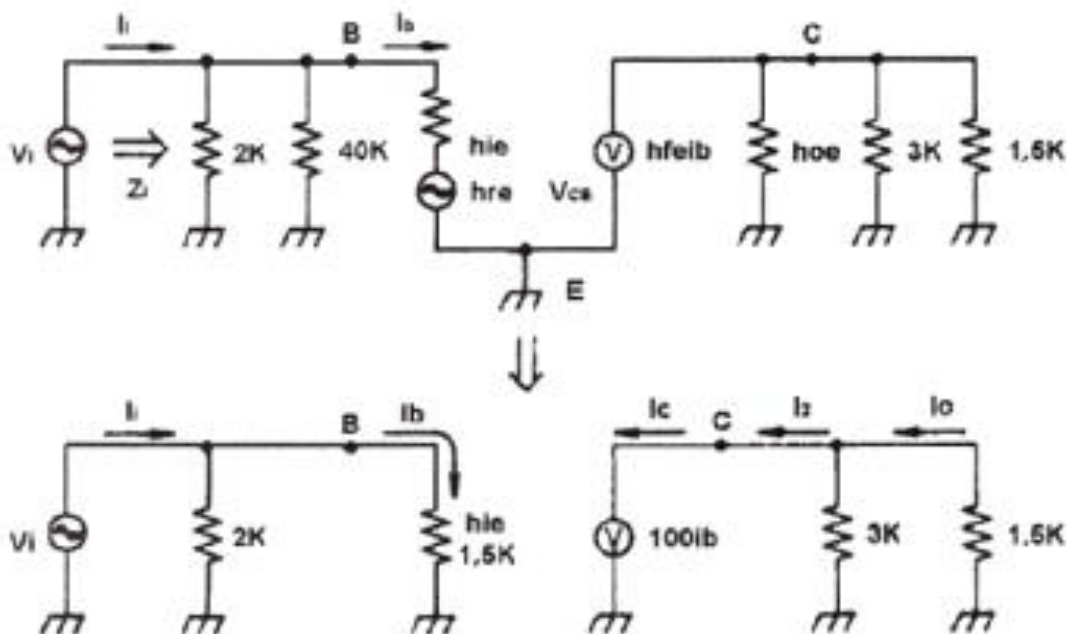
Przy różnych wartościach współczynnika wzmocnienia β , zmiany położenia punktu pracy nie są widoczne. Układ ten (z polaryzacją ze sprzężeniem zwrotnym w kolektorze) wyróżnia się w porównaniu z układem o polaryzacji stałej znaczną stabilnością. Jeśli $\beta = 50$, to $I_B = 12\mu A$, a jeśli $\beta = 100$, to I_B zmniejszy się do $8\mu A$. Ponieważ układ ten pracuje z regulacją automatyczną, to przy zmianie wartości β , prąd I_C nie zmienia się znacząco.

Analiza dla sygnału przemiennego układu wzmacniacza ze wspólnym emiterem

Układ ten jest przedstawiony na rys. 6-1-10(a), a jego układ zastępczy - na rys. 6-1-10(b). Obliczyć wartości parametrów: A_i , A_v , Z_i i Z_o .



(a) Układ wzmacniacza w układzie OE



(b) Układ zastępczy dla sygnału przemiennego

Rys. 6-1-10 Analiza dla sygnału przemiennego wzmacniacza w układzie OE

Rozwiązanie:

$$A_i = I_o / I_i$$

Wykorzystując dane z rys. 6-1-10(b), otrzymujemy: $I_2 = 100I_b$ i $h_{fe} = I_c / I_b$

$$I_b = I_i \times \frac{2K}{2K + 15K} = 0,571 I_i$$

$$I_o = I_2 \times \frac{3K}{3K + 1,5K} = 0,6671 I_2$$

$$A_i = I_o / I_i$$

$$= \frac{I_o}{I_2} \times \frac{I_2}{I_i} = \frac{I_o}{I_2} \times \frac{I_2}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} = 0,667 \times 100 \times 0,571$$

$$= 38,1$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-h_{fe} R'_L}{h_{ie}} \quad (R'_L = 3K // 1,5K \cong 1K)$$

$$= \frac{-100(1 \times 10^3)}{1,5 \times 10^3} = -66,7$$

$$Z_i \approx R_{b2} // h_{ie} = 2 k\Omega // 1,5 k\Omega = 0,86 k\Omega$$

$$Z_o \approx R_c = 3 k\Omega$$

NIEZBĘDNY SPRZĘT LABORATORYJNY

1. KL-22001 — podstawowy moduł edukacyjny z laboratorium układów elektrycznych
2. KL-25003 — moduł układu wzmacniacza tranzystorowego
3. Oscyloskop
4. Multimetr

PROCEDURA

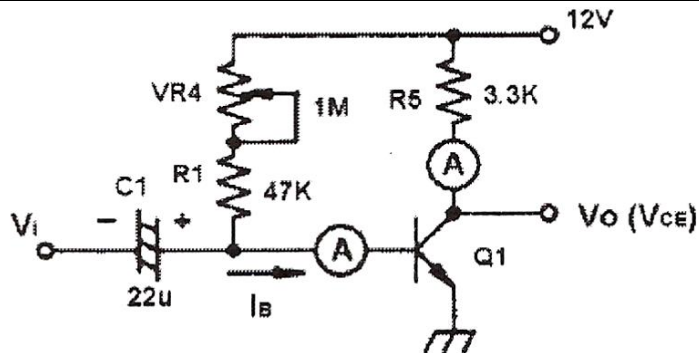
A. Polaryzacja stała

1. Ustawić moduł KL-25003 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok a.
2. Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-11 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-12. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR4.

Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.

- Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
- Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) na maksimum tak, aby $I_B = 0$ A, poczym zaobserwować wartość prądu I_C .
- Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) tak, aby amperomierz wskazał maksymalną wartość prądu $I_{C(sat)}$ (prąd nasycenia), poczym zaobserwować na drugim amperomierzu wartość prądu I_B .
- Gdy zostanie osiągnięty stan nasycenia prądu I_C ustawić potencjometr VR4 w takiej pozycji, że, prąd I_B będzie rosnać, poczym zaobserwować, że prąd $I_{C(sat)}$ (prąd nasycenia) odpowiednio wzrośnie.
- Ustawić potencjometr VR4 tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6$ V. Zmierzyć zapisać w tablicy 6-1-1 wartości I_B , I_C , V_{BE} i V_{CE} . Obliczyć wartość współczynnika wzmocnienia β ze wzoru $\beta = I_C / I_B$
- Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-2 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o . Oglądać różnicę faz sygnałów wejściowego i wyjściowego. Obliczyć wartość wzmocnienia napięciowego ze wzoru: $A_v = V_{op-p} / V_{ip-p} =$ _____
- Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (1 M Ω), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

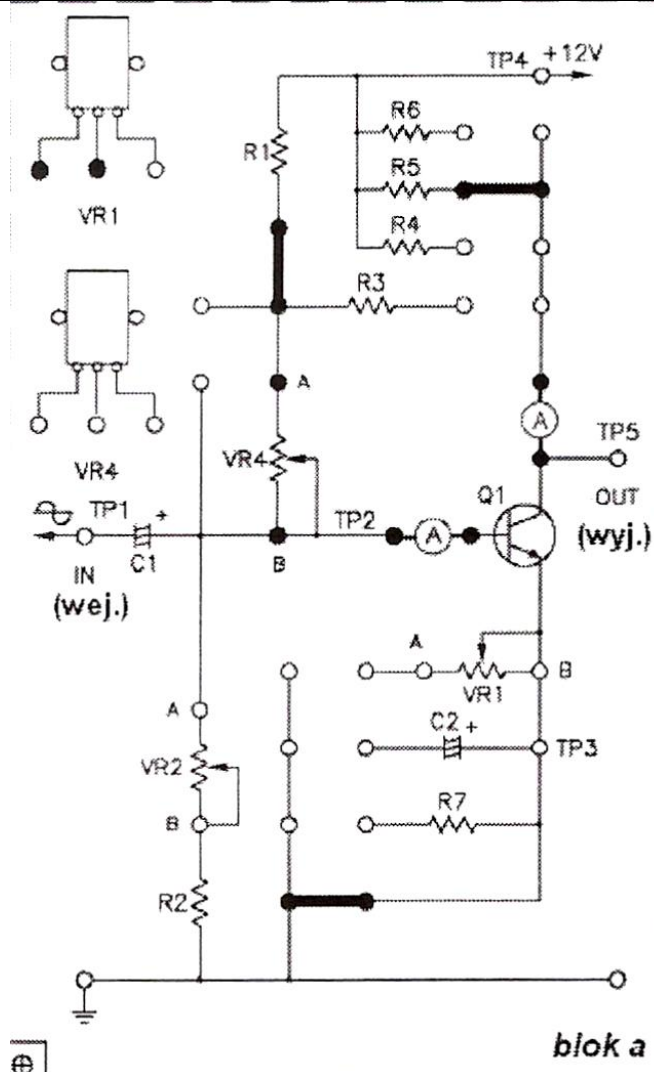
Rys. 6-1-11 Wzmacniacz w układzie OE z polaryzacją stałą



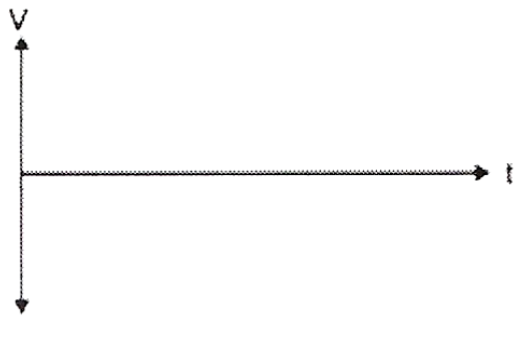
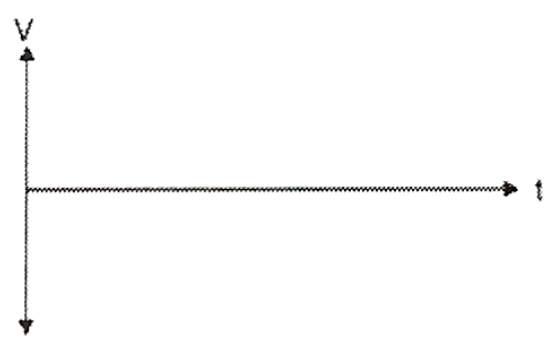
Tablica 6-1-2

I_B	I_C	β	V_{BE}	V_{CE}

Rys. 6-1-12 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)



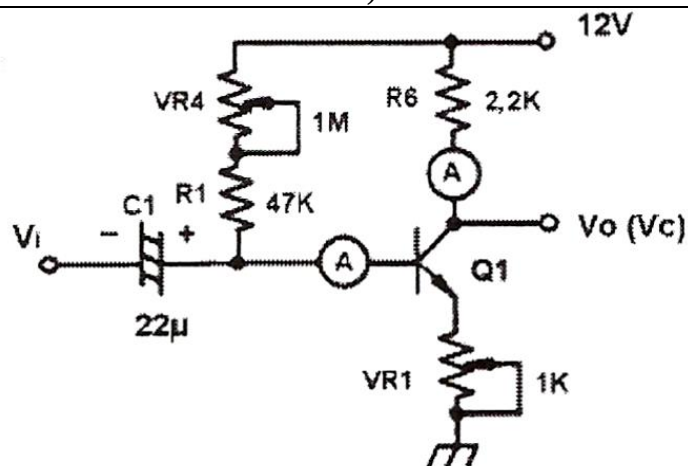
Tablica 6-1-1

Wejście IN (Vi)		Wyjście OUT (Vo) Av Faza	
AV			

B. Polaryzacja automatyczna w emiterze

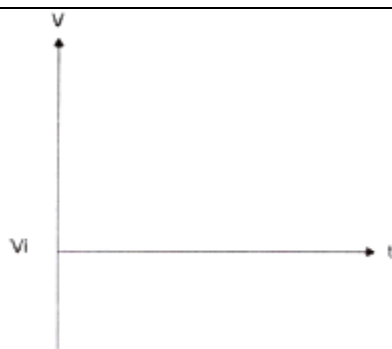
- Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-13 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-14. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometry VR1 i VR4. Do modułu KL-25003 do prowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
- Ustawić potencjometr VR1 (1 k Ω) na 0 Ω .
- Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) tak, aby $I_B = 0$ A, poczym zaobserwować i zapisać w tablicy 6-1-3 wartość prądu I_C .
- Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) tak, aby amperomierz wskazał maksymalną wartość prądu ($I_{C(sat)}$) prąd nasycenie), poczym zapisać w tablicy 6-1-3 wartość prądu I_B .
- Gdy zostanie osiągnięty stan nasycenia prądu I_C ustawić potencjometr VR4 w takiej pozycji, że prąd I_B będzie rosnać, poczym zaobserwować, że prąd $I_{C(sat)}$ odpowiednio wzrośnie.
- Ustawić potencjometr VR4 tak, aby $V_{CE} = V_{CC}/2 = 6$ V. Zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-3 wartości V_{BE} i V_{CE} .
- Ustawić potencjometr VR1 (1 k Ω) na maksimum. Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-3 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o .
- Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (1 M Ω), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

Rys. 6-1-12 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)

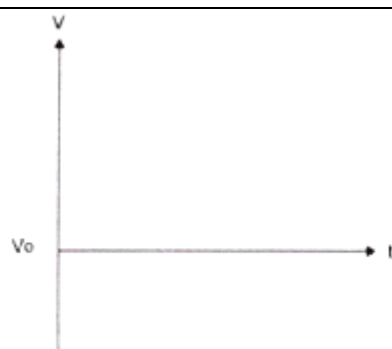
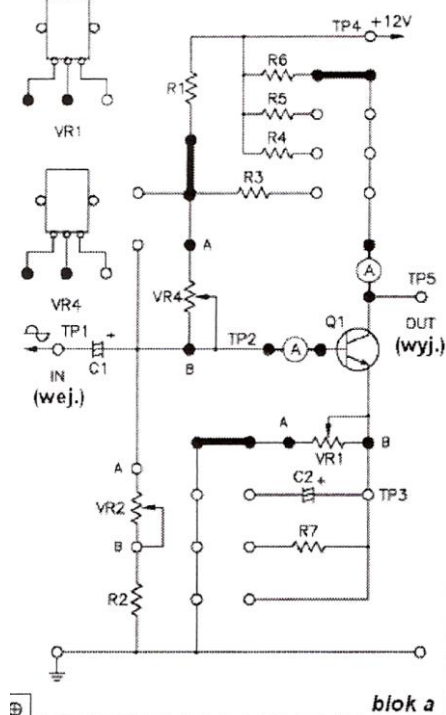


Tablica 6-1-3

Gdy $I_B=0$, to $I_C =$ _____
 Gdy $I_C=I_{C(sat)}$, to $I_C =$ _____
 Gdy $V_{CC} = V_{CC}/2$, to
 $V_{CE} =$ _____
 $V_{BE} =$ _____



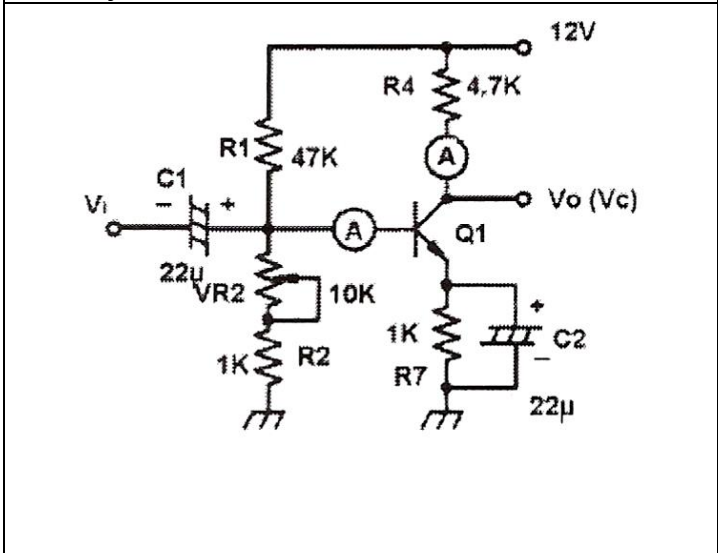
Rys. 6-1-13 Wzmacniacz w układzie OE z polaryzacją automatyczną w emiterze



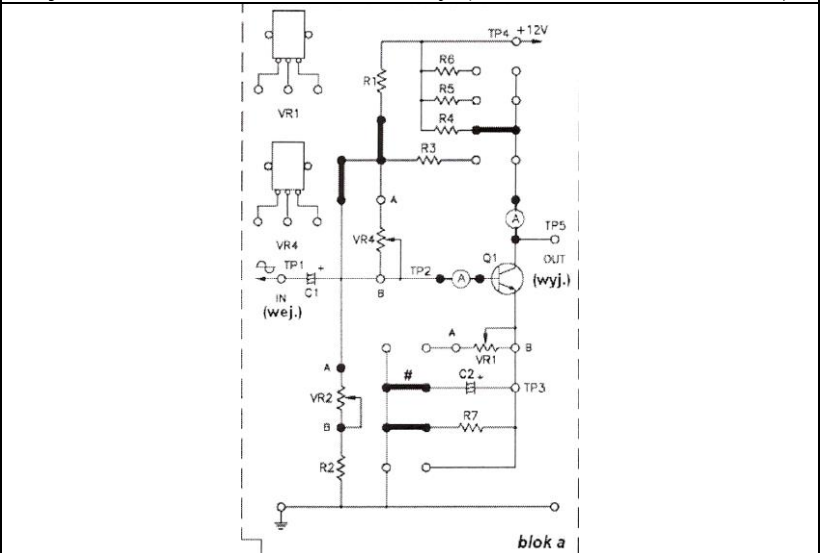
C. Polaryzacja wstępna niezależna od wartości współczynnika wzmocnienia β

- Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-15 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-16. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR2. Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL 22001
- Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
- Ustawić potencjometr VR2 (10 k Ω) tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6V$. Zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-4 wartości I_B , I_C , V_{BE} i V_{CE} .
- Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-4 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o . Obliczyć wzmocnienie napięciowe ze wzoru: $A_V = V_{op-p}/V_{ip-p}$.
- Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR2 (10 k Ω), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.
- Odłączyć kondensator C2 (22 μF) usuwając wtyk mostkujący oznaczony #, a następnie powtórzyć kroki od 3 do 6 niniejszej procedury.

Rys. 6-1-15 Wzmacniacz w układzie OE T



Rys. 6-1-16 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)



Tablica 6-1-4

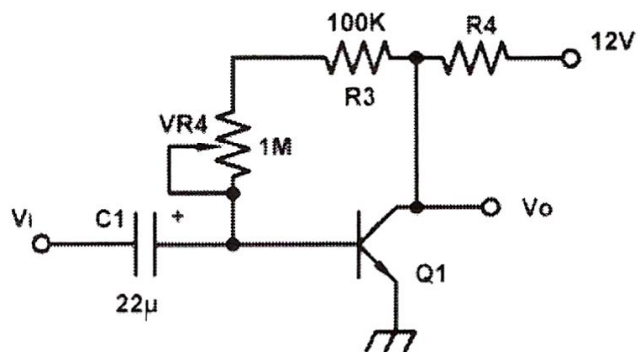
C2	VCC	IB	IC	VCE	VBE	Wejście	Wyjście	Av
22μ								
Odlączony								

D. Polaryzacja z kolektorowym sprzężeniem zwrotnym

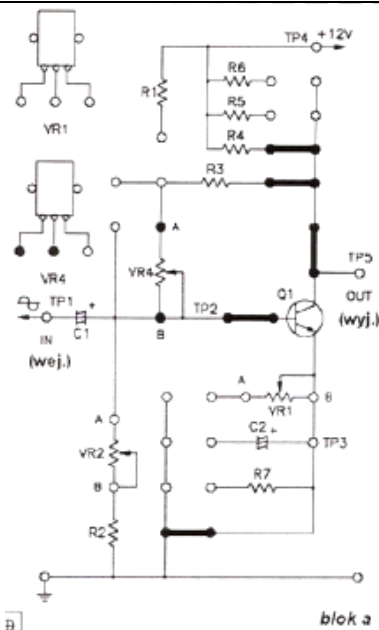
- Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-17 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-18. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR4. Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001
- Ustawić potencjometr VR4 (1 MΩ) tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6 \text{ V}$.
- Dołączyć woltomierz mierzący napięcie V_{CE} .
- Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-5 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o .

7. Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (10 kΩ), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

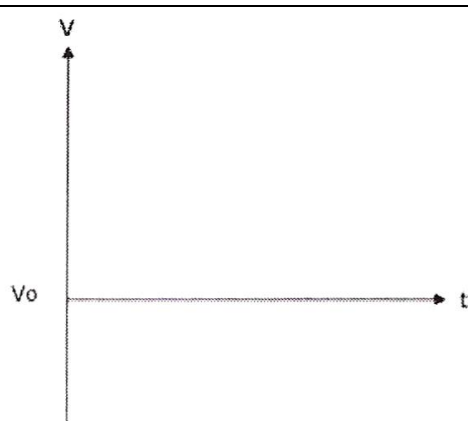
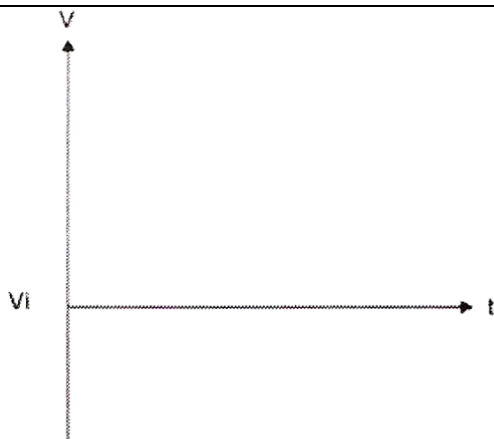
Rys. 6-1-17 Wzmacniacz w układzie OE z polaryzacją ze sprzężeniem zwrotnym z w kolektorze



Rys. 6-1-18 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)



Tablica 6-1-5



PODSUMOWANIE

Własności wzmacniacza w układzie OE:

1. Średnia impedancja wejściowa i średnia impedancja wyjściowa.
- 2 Duże wzmocnienie prądowe duże wzmocnienie napięciowe i duże wzmocnienie mocy
- 3 Sygnał wyjściowy przesunięty o 180 w stosunku do sygnału wejściowego
- 4 Wzmacniacz stosowany najczęściej

Zespół Szkół Mechanicznych w Namysłowie Pomiary elektryczne i elektroniczne	Imię i nazwisko			
Temat ćwiczenia: Wzmacniacz w układzie wspólnego emitera	Nr ćw 11	Klasa 2TZ	Grupa	Zespół
	Data wykonania	OCENY		
		Samoocena	Wykonanie	Ogólna

CEL ĆWICZENIA

Wykaz materiałów

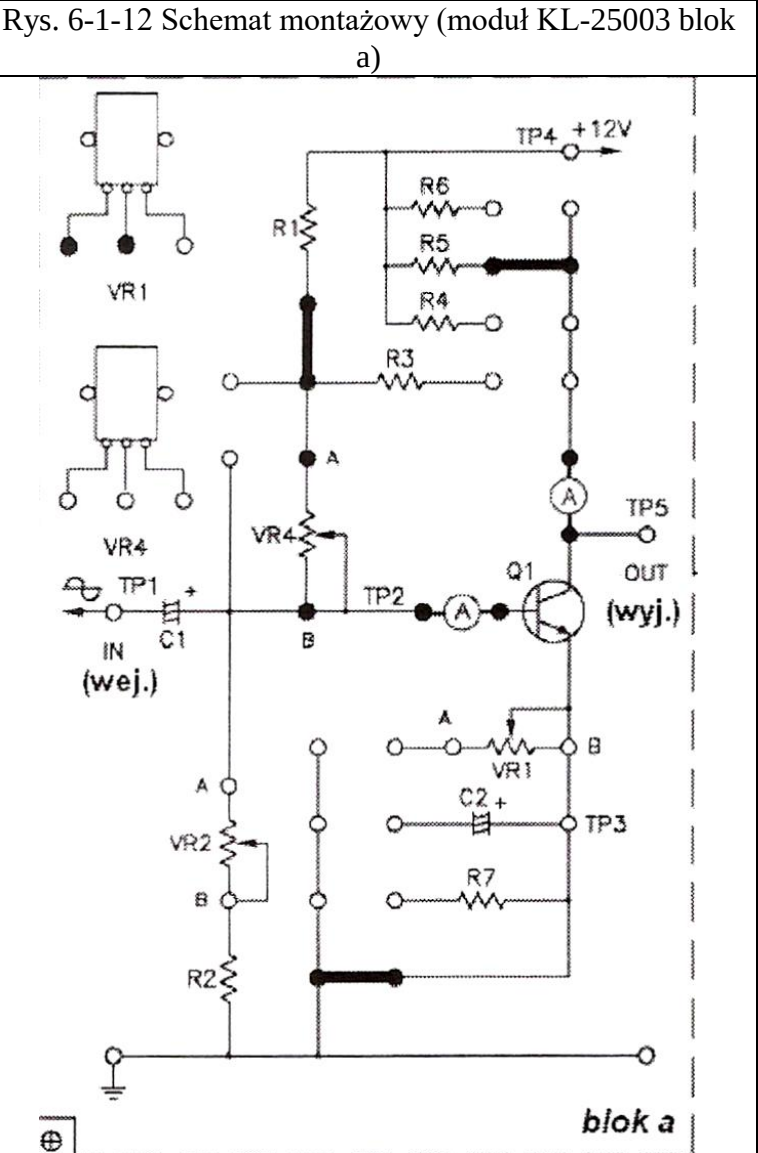
Wykaz narzędzi i sprzętu

Wykaz aparatury kontrolno-pomiarowej.

A. Polaryzacja stała

1. Ustawić moduł KL-25003 na module KL-22001 (moduł edukacyjny laboratorium z podstawowych układów elektrycznych), poczym zlokalizować blok a.
2. Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-11 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-12. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR4. Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
3. Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
4. Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) na maksimum tak, aby $I_B = 0$ A, poczym zaobserwować wartość prądu I_C .
5. Ustawić potencjometr VR4 (1 M Ω) tak, aby amperomierz wskazał maksymalną wartość prądu $I_{C(sat)}$ (prąd nasycenia), poczym zaobserwować na drugim amperomierzu wartość prądu I_B .
6. Gdy zostanie osiągnięty stan nasycenia prądu I_C ustawić potencjometr VR4 w takiej pozycji, że, prąd I_B będzie rosnać, poczym zaobserwować, że prąd $I_{C(sat)}$ (prąd nasycenia) odpowiednio wzrośnie.
7. Ustawić potencjometr VR4 tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6$ V. Zmierzyć zapisać w tablicy 6-1-1 wartości I_B , I_C , V_{BE} i V_{CE} . Obliczyć wartość współczynnika wzmocnienia β ze wzoru $\beta = I_C / I_B$
8. Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
9. Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
10. Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-2 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o . Oglądać różnicę faz sygnałów wejściowego i wyjściowego. Obliczyć wartość wzmocnienia napięciowego ze wzoru: $A_v = V_{op-p} / V_{ip-p} =$ _____
11. Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (1 M Ω), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

NARYSUJ SCHEMAT POTRZEBNY DO REALIZACJI ZADANIA														
Tablica 6-1-1 <table> <tr> <th>I_B</th><th>I_C</th><th>β</th><th>V_{BE}</th><th>V_{CE}</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>					I_B	I_C	β	V_{BE}	V_{CE}					
I_B	I_C	β	V_{BE}	V_{CE}										

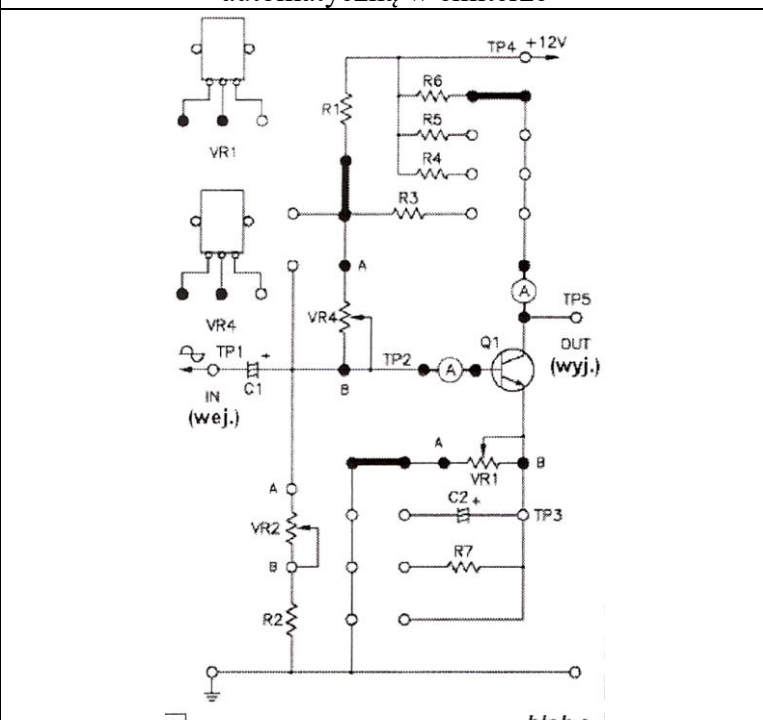
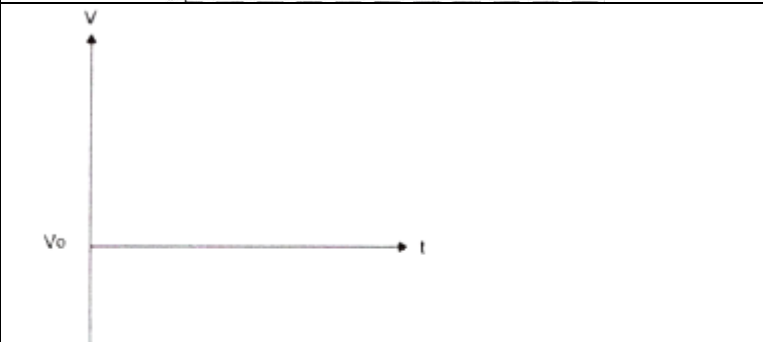
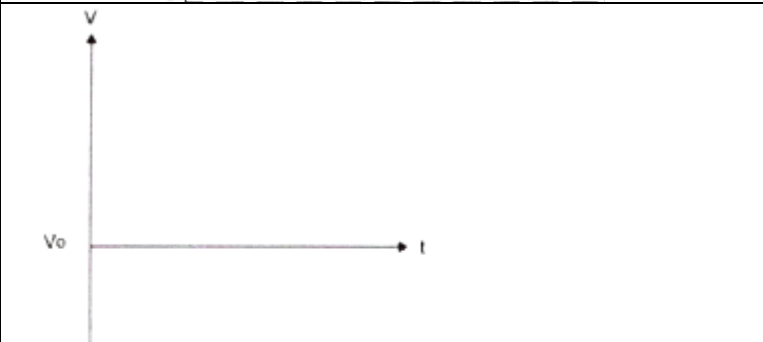
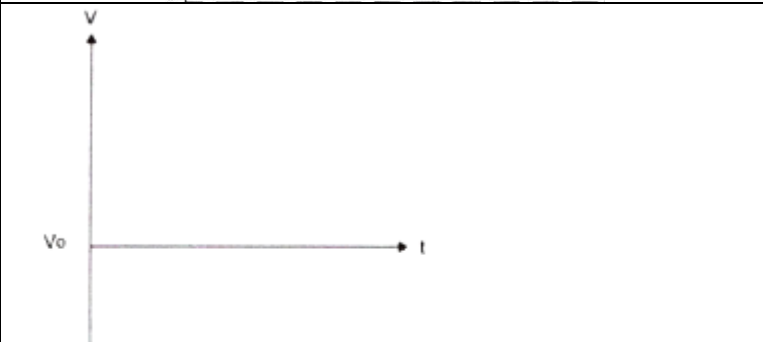


Tablica 6-1-2			
Wejście IN (V_i) V t	Wyjście OUT (V_o) V t	Av Faza	
AV			

B. Polaryzacja automatyczna w emiterze

- Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-13 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-14. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometry VR1 i VR4. Do modułu KL-25003 do prowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001.
- Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
- Ustawić potencjometr VR1 (1 kΩ) na 0Ω.
- Ustawić potencjometr VR4 (1 MΩ tak, aby $I_B = 0A$, poczym zaobserwować i zapisać w tablicy 6-1-3 wartość prądu I_C .

5. Ustawić potencjometr VR4 (1 MΩ tak, aby amperomierz wskazał maksymalną wartość prądu ($I_{C(sat)}$) prąd nasycenie), poczym zapisać w tablicy 6-1-3 wartość prądu I_B .
6. Gdy zostanie osiągnięty stan nasycenia prądu I_C ustawić potencjometr VR4 w takiej pozycji, że prąd I_B będzie rosnać, poczym zaobserwować, że prąd $I_{C(sat)}$ odpowiednio wzrośnie.
7. Ustawić potencjometr VR4 tak, aby $V_{CE} = V_{CC}/2 = 6\text{ V}$. Zmierzyć zapisać w tablicy 6-1-3 wartości V_{BE} i V_{CE} .
8. Ustawić potencjometr VR1 (1 kΩ) na maksimum. Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
9. Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
10. Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-3 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o .
11. Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (1 MΩ), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

NARYSUJ SCHEMAT POTRZEBNY DO REALIZACJI ZADANIA	Rys. 6-1-13 Wzmacniacz w układzie OE z polaryzacją automatyczną w emiterze 
Tablica 6-1-3 Gdy $I_B=0$, to $I_C =$ _____ Gdy $I_C=I_{C(sat)}$, to $I_C =$ _____ Gdy $V_{CC} = V_{CC}/2$, to $V_{CE} =$ _____ $V_{BE} =$ _____	
	

C. Polaryzacja wstępna niezależna od wartości współczynnika wzmocnienia β

1. Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-15 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-16. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR2. Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL 22001
- 2 Dołączyć amperomierze mierzące prądy I_B i I_C .
- 3 Ustawić potencjometr VR2 (10 kΩ) tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6\text{ V}$. Zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-4 wartości I_B , I_C , V_{BE} i V_{CE} .

- Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-4 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o . Obliczyć wzmacnienie napięciowe ze wzoru: $A_v = V_{o-p}/V_{i-p}$.
- Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR2 (10 kΩ), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.
- Odłączyć kondensator C2 (22 μF) usuwając wtyk mostkujący oznaczony #, a następnie powtórzyć kroki od 3 do 6 niniejszej procedury.

NARYSUJ SCHEMAT POTRZEBNY DO REALIZACJI ZADANIA	Rys. 6-1-16 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)

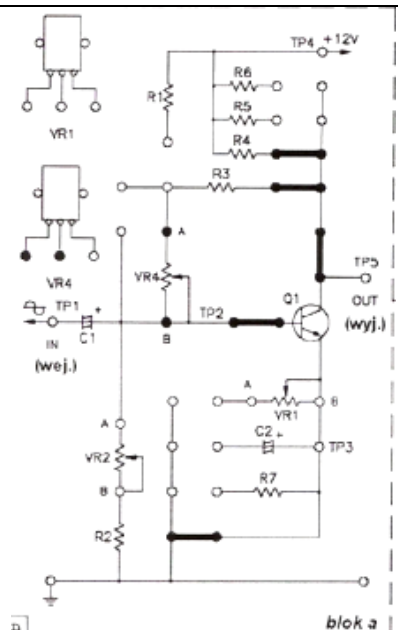
Tablica 6-1-4

C2	VCC	IB	IC	VCE	VBE	Wejście	Wyjście	Av
22μ								
Odłączony								

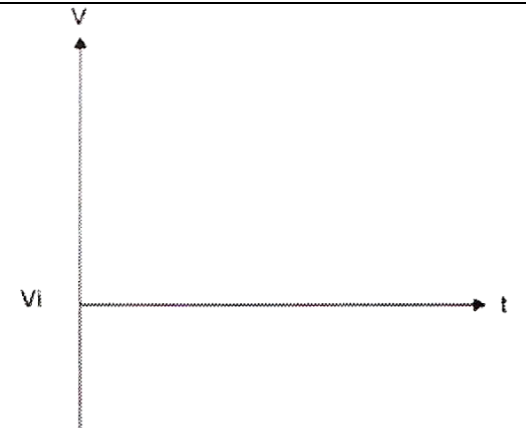
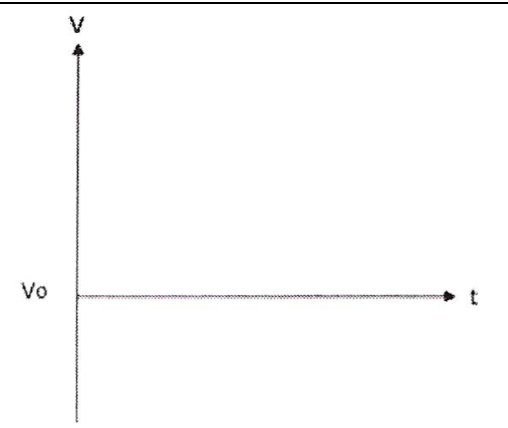
D. Polaryzacja z kolektorowym sprzężeniem zwrotnym

- Wykonać połączenia posługując się układem pomiarowym przedstawionym na rys. 6-1-17 i schematem montażowym przedstawionym na rysunku 6-1-18. Dołączyć do układu za pomocą przewodów potencjometr VR4. Do modułu KL-25003 doprowadzić napięcie stałe +12 V z zasilacza o napięciu ustawionym na stałe znajdującego się w module KL-22001
- Ustawić potencjometr VR4 (1 MΩ) tak, aby $V_{CE} = V_{CC} / 2 = 6 \text{ V}$.
- Dołączyć woltomierz mierzący napięcie V_{CE} .

- Do wyprowadzeń wejściowych IN doprowadzić z generatora funkcyjnego znajdującego się w module KL-22001 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz. Do wyprowadzeń wyjściowych OUT dołączyć oscyloskop z ustawionym na nim typem sygnału wejściowego AC (sygnał przemienny).
- Stopniowo zwiększać amplitudę sygnału sinusoidalnego aż do momentu, gdy przebieg wyświetlany przez oscyloskop jeszcze nie jest odkształcony.
- Posługując się oscyloskopem zmierzyć i zapisać w tablicy 6-1-5 wartości napięcia sygnału wejściowego V_i i napięcia wyjściowego V_o .
- Nie zmieniając sygnału wejściowego kręcić potencjometrem VR4 (10 k Ω), a następnie obserwować, czy przebieg wyjściowy nie jest odkształcony.

NARYSUJ SCHEMAT POTRZEBNY DO REALIZACJI ZADANIA	Rys. 6-1-18 Schemat montażowy (moduł KL-25003 blok a)
	

Tablica 6-1-5

	
--	--

WNIOSKI I SPOSTRZEŻENIA

18