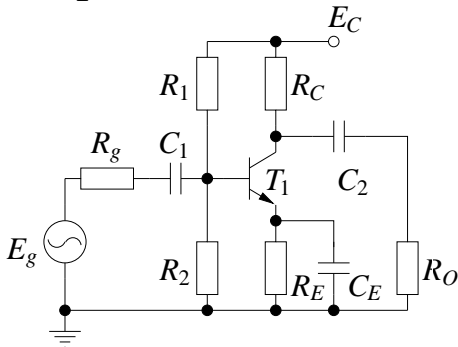


## Kolokwium 1 z ELIU 22.04.1999

### Grupa A



W przedstawionym na rysunku jednostopniowym wzmacniaczu z tranzystorem pracującym w konfiguracji WE, dobrano  $R_C$  tak, aby uzyskać jak największą maksymalną amplitudę sygnału na wyjściu ( $U_{wy\ max} = \min(U_{wy\ max+}, U_{wy\ max-})$ ). Jaka jest wartość  $R_C$  i **zwykłego** wzmocnienia napięciowego  $k_u$ . Wartości znanych elementów układu i parametry tranzystora są następujące:  $\beta_{DC} \gg 1$ ,  $U_{BEP} = 0,7V$ ,  $\lambda = 1/25mV$ ,  $U_{CEmin} = 1V$ ,  $E_C = 10V$ ,  $R_g = 10k\Omega$ ,  $R_E = 3,3k\Omega$ ,  $R_1 = 60k\Omega$ ,  $R_2 = 40k\Omega$ ,  $R_O = \infty$ ,  $C_1 = C_2 = C_E = \infty$

### ROZWIĄZANIE

Największą maksymalną amplitudę sygnału wyjściowego uzyskamy wtedy, gdy maksymalne amplitudy obu połówek sygnału ( $U_{wymax+}$  i  $U_{wymax-}$  będą takie same. Oznacza to konieczność spełnienia następującego warunku:

$$\begin{cases} U_{wymax+} = I_{CQ}(R_C \parallel R_O) \\ U_{wymax-} = U_{CEQ} - U_{CEmin} = E_C - R_C \cdot I_C - R_E \cdot I_E - U_{CEmin} \approx E_C - I_{CQ}(R_C + R_E) - U_{CEmin} \\ U_{wymax+} = U_{wymax-} \end{cases} \quad (1)$$

Otrzymujemy więc następujący warunek na  $R_C$ :

$$I_{CQ}(R_C \parallel R_O) = E_C - I_{CQ}(R_C + R_E) - U_{CEmin} \quad (2)$$

Uwzględniając, że  $R_O = \infty$ , możemy powyższe równanie przekształcić do postaci:

$$I_{CQ} \cdot R_C = E_C - I_{CQ}(R_C + R_E) - U_{CEmin} \quad (3)$$

co ostatecznie daje warunek:

$$2I_{CQ}R_C = E_C - U_{CEmin} - I_{CQ} \cdot R_E \quad (4)$$

czyli:

$$R_C = \left( \frac{E_C - U_{CEmin}}{I_{CQ}} - R_E \right) / 2 \quad (5)$$

Aby wyznaczyć  $R_C$ , musimy więc jeszcze znać  $I_{CQ}$ , które na szczęście przy przyjmowanych przez nas uproszczeniach nie zależy od  $R_C$ , o ile tylko tranzystor jest aktywny. Wyznaczamy napięcie na bazie tranzystora ( $\beta_{DC} \gg 1$  oznacza, że tranzystor nie obciąża dzielnika bazowego):

$$U_B = 10V \frac{40k\Omega}{40k\Omega + 60k\Omega} = 4V \quad (6)$$

Napięcie na emiterze tranzystora jest więc równe:

$$U_E = U_B - U_{BEP} = 4V - 0,7V = 3,3V \quad (7)$$

W takim razie prąd emitera ma wartość:

$$I_{EQ} = \frac{U_E}{R_E} = \frac{3,3V}{3,3k\Omega} = 1mA \quad (8)$$

Ponieważ  $\beta_{DC} \gg 1$  prąd kolektora jest równy prądowi emitera. Podstawiając ten wynik do równania 5, otrzymamy:  $R_C = (9V/1mA - 3,3k\Omega) / 2 = 5,7k\Omega / 2 = 2,85k\Omega$

Możemy jeszcze sprawdzić napięcie kolektor-emiter:

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}R_C - U_E = 10V - 2,85V - 3,3V = 3,85V \quad (9)$$

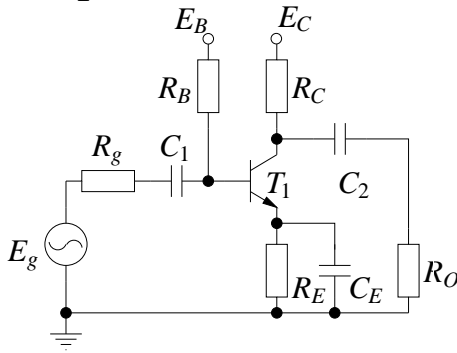
Tranzystor jest aktywny, więc wszystko jest w porządku. Wyznaczamy transkonduktancję tranzystora:

$$g_m = \lambda I_{CQ} = 40mS \quad (10)$$

Wzmocnienie napięciowe zwykle będzie więc równe (pamiętajmy, że  $R_O = \infty$ ):

$$k_u = -g_m \cdot R_C = -40mS \cdot 2,85k\Omega = -114V/V \quad (11)$$

## Grupa B



W przedstawionym na rysunku jednostopniowym wzmacniaczu z tranzystorem pracującym w konfiguracji WE, przez zmianę  $E_B$  dobrano punkt pracy tak, aby uzyskać jak największe **zwykle** wzmocnienie napięciowe  $k_u$ , przy założeniu, że wzmacniacz ma być w stanie dostarczyć na wyjściu sygnału sinusoidalnego o amplitudzie 1 V. Jaka była wartość napięcia  $E_B$  i jakie uzyskano zwykle wzmocnienie napięciowe  $k_u$ ? Wartości znanych elementów układu i parametry tranzystora są następujące:  $\beta_{DC} \gg 1$ ,  $\beta_0 \gg 1$ ,  $U_{BEP} = 0,7V$ ,  $\lambda = 1/25mV$ ,  $U_{CEmin} = 1V$ ,  $E_C = 10V$ ,  $R_C = 6k\Omega$ ,  $R_E = 2k\Omega$ ,  $R_B = 20k\Omega$ ,  $R_O = 6k\Omega$ ,  $R_g = 10k\Omega$ ,  $C_1 = C_2 = C_E = \infty$

### ROZWIĄZANIE

Ponieważ wzmocnienie napięciowe zwykle analizowanego układu dane jest wzorem:

$$k_u = -g_m \cdot (R_C \parallel R_O) \quad (12)$$

gdzie transkonduktacja tranzystora  $g_m$  dana jest wzorem:

$$g_m = I_C \lambda = I_C / U_T \quad (13)$$

łatwo możemy stwierdzić, że największe zwykle wzmocnienie napięciowe uzyskamy dla największego możliwego prądu kolektora. Oczywiście ze wzrostem prądu kolektora maleje napięcie kolektor-emiter w punkcie pracy (bo  $U_{CEQ} \approx E_C - I_{CQ}(R_C + R_E)$ ), a co za tym idzie maksymalna amplituda ujemnej połówki sygnału wyjściowego:

$$U_{wymax-} = U_{CEQ} - U_{CEmin} = E_C - I_{CQ}(R_C + R_E) - U_{CEmin} \quad (14)$$

Możemy stąd wyznaczyć maksymalny dopuszczalny prąd kolektora:

$$I_{CQmax} = \frac{E_C - U_{CEmin} - U_{wymax-}}{R_C + R_E} = \frac{8V}{8k\Omega} = 1mA \quad (15)$$

Napięcia kolektor-emiter w punkcie pracy nie musimy badać, ponieważ założenie aktywności tranzystora jest już ukryte w równaniu 14, dla  $U_{wymax-} > 0$ . Wypada natomiast upewnić się, że także górna połówka naszego sygnału może być poprawnie odtworzona:

$$U_{wymax+} = I_{CQ}(R_C \parallel R_O) = 1mA \cdot 3k\Omega = 3V \quad (16)$$

Jak widać maksymalna amplituda górnej połówki przewyższa 1V.

W tej chwili możemy już wyznaczyć zwykle wzmocnienie napięciowe analizowanego wzmacniacza:

Transkonduktacja tranzystora  $g_m$  jest równa:

$$g_m = I_C / U_T = I_C \lambda = 1mA / 25mV = 40mS \quad (17)$$

Wzmocnienie napięciowe zwykle analizowanego układu dane jest wzorem:

$$k_u = -g_m \cdot (R_C \parallel R_O) = -40mS \cdot 3k\Omega = -120V/V \quad (18)$$

Ostatnią rzeczą jaką musimy wyznaczyć jest napięcie  $E_B$ . Napięcie na emiterze tranzystora jest równe:

$$U_{EQ} = R_E \cdot I_{EQ} \approx R_E \cdot I_{CQ} = 1mA \cdot 2k\Omega = 2V \quad (19)$$

Napięcie na bazie tranzystora jest większe od niego o spadek napięcia na przewodzącym złączu baza-emiter, czyli jest równe:  $U_{BQ} = E_{EQ} + U_{BEP} = 2V + 0,7V = 2,7V$ . Ponieważ jedyne co wiemy o becie tranzystora to to, że jest znacznie większa od jedności, musimy przyjąć, że prąd bazy jest zanedbywalnie mały, a więc  $E_B = U_{BQ} + R_B \cdot I_{BQ} \approx U_{BQ} = 2,7V$