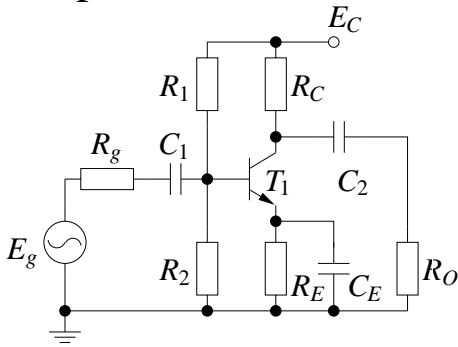


Kolokwium 1 z ELIU 26.11.1998

Grupa A



W układzie przedstawionym na rysunku wyznaczyć **zwykle** wzmacnienie napięciowe i maksymalną amplitudę sinusoidalnego napięcia wyjściowego. Zmodyfikować układ tak, aby maksymalna amplituda napięcia wyjściowego wzrosła dwukrotnie, a **zwykle** wzmacnienie napięciowe nie zmieniło się (Nie można zmieniać R_O , R_g , E_C , ani podanych parametrów tranzystora). Wartości elementów układu i parametry tranzystora są następujące: $\beta_{DC} \gg 1$, $U_{BEP} = 0,7V$, $\lambda = 1/25mV$, $U_{CEmin} = 1V$, $E_C = 10V$, $R_g = 10k\Omega$, $R_C = 4,7k\Omega$, $R_E = 3,3k\Omega$, $R_1 = 60k\Omega$, $R_2 = 40k\Omega$, $R_O = 20k\Omega$, $C_1 = C_2 = C_E = \infty$

ROZWIĄZANIE

Wyznaczamy napięcie na bazie tranzystora ($\beta_{DC} \gg 1$ oznacza, że tranzystor nie obciąża dzielnika bazowego):

$$U_B = 10V \frac{40k\Omega}{40k\Omega + 60k\Omega} = 4V \quad (1)$$

Napięcie na emiterze tranzystora jest więc równe:

$$U_E = U_B - U_{BEP} = 4V - 0,7V = 3,3V \quad (2)$$

W takim razie prąd emitera ma wartość:

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

Ponieważ $\beta_{DC} \gg 1$ prąd kolektora jest równy prądowi emitera. Napięcie kolektor-emiter będzie równe:

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}R_C - U_E = 10V - 4,7V - 3,3V = 2V \quad (4)$$

Tranzystor jest aktywny. Wyznaczamy transkonduktancję tranzystora:

$$g_m = \lambda I_{CQ} = 40mS \quad (5)$$

Wzmocnienie napięciowe zwykle będzie więc równe

$$k_u = -g_m (R_C \parallel R_O) = -40mS \cdot 3,8k\Omega = -152V/V \quad (6)$$

Maksymalna amplituda górnej połówki U_{wy} jest równa:

$$U_{wy,max+} = I_{CQ} (R_C \parallel R_O) = 1mA \cdot 3,8k\Omega = 3,8V \quad (7)$$

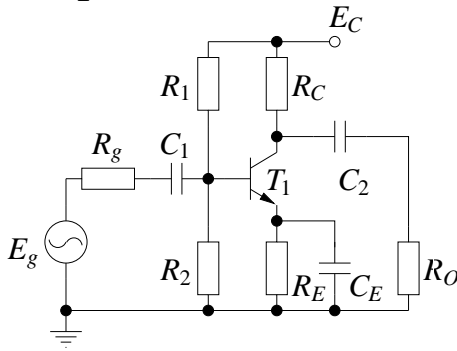
Maksymalna amplituda dolnej połówki U_{wy} jest równa:

$$U_{wy,max-} = U_{CEQ} - U_{CEmin} = 2V - 1V = 1V \quad (8)$$

Maksymalna amplituda napięcia wyjściowego jest więc ograniczona przez zdolność wzmacniacza do odtworzenia dolnej połówki U_{wy} i jest równa 1V.

Aby zwiększyć tę amplitudę, powinniśmy zwiększyć napięcie U_{CE} w punkcie pracy tak, aby $U_{wy,max-}$ określone przez równanie 8 wzrosło dwukrotnie. Oznacza to, że musimy uzyskać $U_{CEQ} = 2V$, nie zmieniając I_C . Najłatwiej jest to osiągnąć przez zmniejszenie o 1V spadku napięcia na R_E , przy takim samym I_E . Ponieważ $I_E = 1mA$, trzeba zmniejszyć R_E o $1k\Omega$, do $R_E = 2,3k\Omega$. Oczywiście, aby zachować taki sam prąd emitera, musimy odpowiednio zmniejszyć (także o 1V) napięcie na dzielniku bazowym. Gdyby zależało nam na zachowaniu stałego skutecznego wzmacnienia napięciowego, powinniśmy to zrobić bez zmiany rezystancji $R_B = R_1 \parallel R_2$. Ponieważ jednak w zadaniu polecono tylko zachować zwykle wzmacnienie napięciowe, możemy dobrać rezystory w dowolny sposób gwarantujący $U_B = 4V - 1V = 3V$. Na przykład możemy wybrać $R_1 = 70k\Omega$ i $R_2 = 30k\Omega$.

Grupa B



W układzie przedstawionym na rysunku wyznaczyć skuteczne wzmacnienie napięciowe. Następnie zmodyfikować układ tak, aby **skuteczne** wzmacnienie napięciowe wzrosło dwukrotnie (Nie można zmieniać R_O , R_g , E_C , ani podanych parametrów tranzystora). Wartości elementów układu i parametry tranzystora są następujące: $\beta_{DC} \gg 1$, $\beta_0 \gg 1$, $U_{BEP} = 0,7V$, $\lambda = 1/25mV$, $E_C = 10V$, $R_C = 2,5k\Omega$, $R_E = 4,3k\Omega$, $R_1 = 30k\Omega$, $R_2 = 30k\Omega$, $R_O = 10k\Omega$, $R_g = 10k\Omega$, $C_1 = C_2 = C_E = \infty$

ROZWIĄZANIE

Wyznaczamy napięcie na bazie tranzystora ($\beta_{DC} \gg 1$ oznacza, że tranzystor nie obciąża dzielnika bazowego):

$$U_B = 10V \frac{30k\Omega}{30k\Omega + 30k\Omega} = 5V \quad (9)$$

Napięcie na emiterze tranzystora jest więc równe:

$$U_E = U_B - U_{BEP} = 5V - 0,7V = 4,3V \quad (10)$$

W takim razie prąd emitera ma wartość:

$$I_{EQ} = \frac{U_E}{R_E} = \frac{4,3V}{4,3k\Omega} = 1mA \quad (11)$$

Ponieważ $\beta_{DC} \gg 1$ prąd kolektora jest równy prądowi emitera. Napięcie kolektor-emiter będzie równe:

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}R_C - U_E = 10V - 2,5V - 4,3V = 3,2V \quad (12)$$

Tranzystor jest aktywny. Wyznaczamy transkonduktancję tranzystora:

$$g_m = \lambda I_{CQ} = 40mS \quad (13)$$

Wzmocnienie napięciowe zwykle będzie więc równe

$$k_u = -g_m (R_C \parallel R_O) = -40mS \cdot 2k\Omega = -80V/V \quad (14)$$

Ponieważ $\beta_0 \gg 1$, rezystancja r_{be} będzie bardzo duża i rezystancja wejściowa wzmacniacza będzie równa $R_B = R_1 \parallel R_2 = 15k\Omega$

$$k_{us} = k_u \frac{R_B}{R_B + R_g} = -80V/V \cdot \frac{15}{25} = -48V/V \quad (15)$$

Najprostszą metodą na dwukrotne zwiększenie k_{us} jest dwukrotne zwiększenie $R_C \parallel R_O$. Wyznamy nową wartość R_C

$$R_C \parallel R_O = 4k\Omega \Rightarrow \frac{1}{R_C} = \frac{1}{4k\Omega} - \frac{1}{10k\Omega} = \frac{1}{6,67k\Omega} \quad (16)$$

Musimy więc zwiększyć R_C do wartości 6,67kΩ. Zbadajmy jak taka zmiana wpłynie na punkt pracy tranzystora:

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}R_C - U_E = 10V - 6,67V - 4,3V = -0,97V \quad (17)$$

Oczywiście napięcie U_{CEQ} nie może przyjąć takiej wartości - tranzystor nasyci się, i U_{CEQ} będzie równe U_{CES} . Aby tego uniknąć, musimy zmniejszyć napięcie na emiterze tranzystora. Jeśli obniżymy je o 3V, nie zmieniając

prądu emitera, to zgodnie z równaniem (17) U_{CEQ} wzrośnie o 3V, do wartości 2,03V, co zapewni poprawną pracę tranzystora. Wymaga to zmiany elementów układu. Aby U_E było równe 1,3V przy $I_E = 1\text{mA}$, R_E musi być równe 1,3k Ω . Oczywiście napięcie na bazie musi być równe 2V. Ponadto, aby k_{uS} nie zmieniło się, R_B powinno nadal być równe 15k Ω . Otrzymujemy więc następujące warunki na R_1 i R_2 :

$$\begin{cases} \frac{R_2}{R_1+R_2} = 0,2 \\ \frac{R_2R_1}{R_1+R_2} = 15\text{k}\Omega \end{cases} \quad (18)$$

Dzieląc stronami drugie równanie układu przez pierwsze otrzymujemy:

$$R_1 = 15\text{k}\Omega/0,2 = 75\text{k}\Omega \quad (19)$$

Podstawiając wynik do drugiego równania otrzymamy:

$$R_2 \parallel R_1 = 15\text{k}\Omega \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{15\text{k}\Omega} - \frac{1}{75\text{k}\Omega} = \frac{1}{18,75\text{k}\Omega} \quad (20)$$

Ostatecznie uzyskujemy więc $R_1 = 75\text{k}\Omega$ i $R_2 = 18,75\text{k}\Omega$.