

Esame di Circuiti Elettronici Analogici - 16 Settembre 2004

1. (a) Si supponga che nel punto di riposo cercato entrambi i transistori lavorino in *RND*.

$$I_{B1} = \frac{V_{I0} - 2V_\gamma}{R_B}, \quad I_{C2} = \beta_F(I_{E1} - I_{RE}) = \beta_F[(\beta_F + 1)\frac{V_{I0} - 2V_\gamma}{R_B} - \frac{V_\gamma}{R_E}]$$

$$V_U = V_{CC} - R_C I_{C2} = V_{CC} - \beta_F R_C [(\beta_F + 1)\frac{V_{I0} - 2V_\gamma}{R_B} - \frac{V_\gamma}{R_E}] = 3.05V. \text{ Verifica accensione } Q2. \text{ Se}$$

$$Q2 \text{ è spento allora } I_{E1} = I_{RE}, \quad V_I^* - R_B I_{B1} - V_\gamma - R_E I_E = 0. \quad I_{B1} = \frac{V_I^* - V_\gamma}{R_B + (\beta_0 + 1)R_E}. \quad Q2 \text{ si accende}$$

$$\text{quando } V_{RE} = V_\gamma, \text{ ovvero } (\beta_F + 1)R_E \frac{V_I^* - V_\gamma}{R_B + (\beta_0 + 1)R_E} = V_\gamma \text{ da cui } V_I^* = \frac{R_B + 2(\beta_F + 1)R_E}{(\beta_F + 1)R_E} V_\gamma = 3.71V.$$

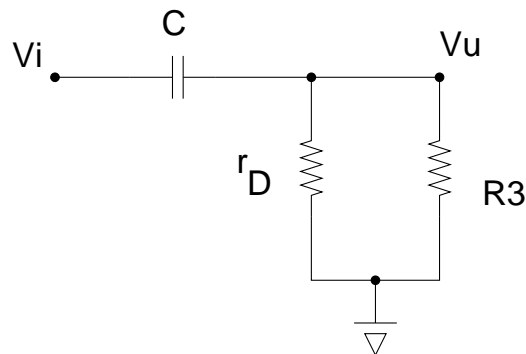
- (b) Per $t < 0$ entrambi i transistori sono interdetti, pertanto il condensatore è scarico $V = 0V$. Per $t = 0^+$ $Q1$ si accende istantaneamente mentre $Q2$ rimane interdetto. Il transistoro si esaurisce quando $Q2$ si accende ovvero per $V = V_\gamma$. Il transistoro è governato dalla seguente equazione:

$$\frac{V_{I0} - V_\gamma - V}{R_B} (\beta_F + 1) = \frac{V}{R_E} + C \frac{dV}{dt} \text{ da cui } \frac{(\beta_F + 1)R_E}{(\beta_F + 1)R_E + R_B} (V_{I0} - V_\gamma) = V + \frac{C R_B R_E}{(\beta_F + 1)R_E + R_B} \frac{dV}{dt}. \text{ Posto } \tau =$$

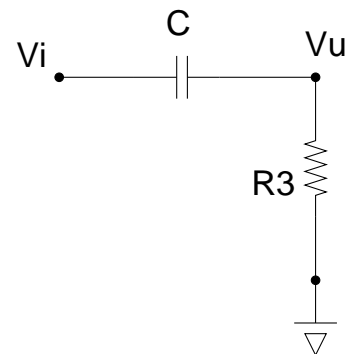
$$\frac{C R_B R_E}{(\beta_F + 1)R_E + R_B} \text{ e ricordato che } V(0) = 0V \text{ si ricava la seguente espressione di } V:$$

$$V(t) = \frac{(\beta_F + 1)R_E}{(\beta_F + 1)R_E + R_B} (V_{I0} - V_\gamma) [1 - e^{-\frac{t}{\tau}}]. \text{ La durata del transitorio vale:}$$

$$t^* = -\tau \frac{V_{I0}(\beta_F + 1)R_E - V_\gamma[2(\beta_F + 1)R_E + R_B]}{(V_{I0} - V_\gamma)(\beta_F + 1)R_E} = 8.31ns.$$



(a)



(b)

2. (a) Calcolo dei punti di riposo.

$$V_{I0} = 7V:$$

Supponiamo che l'operazionale lavori in regione di alto guadagno. Allora $V_- = V_+ = 0V$ e $V_{op} = V_+ - \frac{V_{I0}}{R_1} R_2 = -14V$ ma ciò è impossibile. Supponiamo ora che l'operazionale lavori in saturazione negativa. Allora $V_+ = V_{I0} - \frac{V_{I0} - (-V_{UM})}{R_1 + R_2} R_1 = 1.3V$ ma ciò è in contrasto con l'ipotesi di partenza. Quindi l'operazionale lavora in saturazione positiva: $V_{op} = V_{UM}$ e $V_U = V_\gamma$ con diodo acceso.

$$V_{I0} = -7V:$$

Supponiamo che l'operazionale lavori in regione di alto guadagno. Allora $V_- = V_+ = 0V$ e $V_{op} = V_+ - \frac{V_{I0}}{R_1} R_2 = 14V$ ma ciò è impossibile. Supponiamo ora che l'operazionale lavori in saturazione positiva. Allora $V_+ = V_{I0} - \frac{V_{I0} - V_{UM}}{R_1 + R_2} R_1 = -1.3V$ ma ciò è in contrasto con l'ipotesi di partenza. Quindi l'operazionale lavora in saturazione negativa: $V_{op} = -V_{UM}$ e $V_U = -V_{UM}$ con diodo spento.

- (b) Per $V_{I0} = 7V$ l'operazionale è in saturazione positiva ed il diodo acceso. Il circuito ai piccoli segnali si riduce allo schema riportato in figura (a) dove r_D è la resistenza differenziale del diodo.

$V_U(t) = V_{U0} + v_{um} \cos(\omega_0 t + \varphi)$. V_{U0} si ottiene calcolando la risposta del circuito alla componente stazionaria V_{I0} dell'ingresso. $V_{U0} = V_\gamma = 0.7V$. Per determinare v_{um} occorre calcolare la funzione di trasferimento del circuito. $A_v(s) = \frac{s C R_3 r_D}{s C R_3 r_D + R_3 + r_D}$. $v_{um} = |A_v(j\omega_0)| v_M = 27\mu V$ e

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctan\left(\frac{C r_D R_3 \omega_0}{r_D + R_3}\right) = 1.54rad.$$

(c) Per $V_{I0} = 7V$ l'operazionale è in saturazione negativa ed il diodo spento.

Il circuito ai piccoli segnali si riduce allo schema riportato in figura (b).

$V_U(t) = V_{U0} + v_{um} \cos(\omega_0 t + \varphi)$. V_{U0} si ottiene calcolando la risposta del circuito alla componente stazionaria V_{I0} dell'ingresso. $V_{U0} = -V_{UM} = -10V$.

Per determinare v_{um} occorre calcolare la funzione di trasferimento del circuito.

$$A_v(s) = \frac{sCR_3}{1+sCR_3}$$

$$v_{um} = |A_v(j\omega_0)|v_M = 1mV \text{ e } \varphi = \frac{\pi}{2} - \arctan(CR_3\omega_0) = 0.1rad.$$