Esame di Circuiti Elettronici Analogici - 18 Dicembre 2003

1. Con riferimento al circuito in figura si ricava che:

   (a) Espressione di V_{U0}: $V_{U0} = V_{CC} - RI_{C2_0}$
   Guadagno di tensione: Q1 é connesso a collettore comune mentre Q2 è connesso ad emettitore comune. Il guadagno del circuito è il prodotto dei guadagni dei 2 transistori. $A_v = A_{v1}A_{v2}$, dove $A_{v1} = \frac{(\beta_0+1)R_{i2}}{r_{BE1}+(\beta_0+1)R_{i2}}$ con $R_{i2} = r_{BE2}$ resistenza di ingresso del secondo stadio. $A_{v2} = -\frac{\beta_0 R}{r_{BE2}}$.
   Componendo si trova: $A_v = -\frac{(\beta_0+1)r_{BE2}}{r_{BE1}+(\beta_0+1)r_{BE2}}\frac{\beta_0 R}{r_{BE2}} = -\frac{\beta_0(\beta_0+1)R}{r_{BE1}+(\beta_0+1)r_{BE2}}$ con $r_{BE1} = \frac{\beta_0 V_T}{I_{C1_0}}$ ricordando che $I_{C1_0} = \frac{I_{E1_0}\beta_0}{\beta_0+1} = \frac{(I_{B2_0}+I_0)\beta_0}{\beta_0+1}$ si ottiene $r_{BE1} = \frac{\beta_0(\beta_0+1)V_T}{\beta_0 I_0+I_{C2_0}}$ e $r_{BE2} = \frac{\beta_0 V_T}{I_{C2_0}}$.
   Resistenza di ingresso: $R_i = r_{BE1} + (\beta_0+1)r_{BE2} = \frac{\beta_0(\beta_0+1)V_T}{\beta_0 I_0+I_{C2_0}} + \frac{\beta_0(\beta_0+1)V_T}{I_{C2_0}}$.

   (b) Posto $I_0 = I_{C2_0}$, risulta $R_i = \frac{\beta_0(\beta_0+2)V_T}{I_{C2_0}}$. Quindi $I_{C2_0} = \frac{\beta_0(\beta_0+1)V_T}{R_i} = 4\mu A$, inoltre $A_v = -\frac{\beta_0(\beta_0+1)R}{R_i}$ da cui si ricava che $R = -\frac{A_v R_i}{\beta_0(\beta_0+1)} = 1.041 M\Omega$. Infine $V_{U0} = V_{CC} - RI_{C2_0} = 0.836V$ compatibile con il funzionamento in regione normale.

   (c) $I_{C2_0} = 4\mu A$, $R = 3.125 M\Omega$. Infine $V_{U0} = -7.5$ quindi Q2 risulta in regione di saturazione e pertanto tali valori di guadagno di tensione e di resistenza di ingresso non sono ottenibili.

2. Con riferimento al circuito in figura, si trova che:

   (a) Punto di riposo. $V_+ = 0$, $V_- = V_U\frac{R_4}{R_4+R_5}$, pertanto la retta di carico ha la seguente espressione: $V_U = -(\frac{R_5}{R_4}+1)V_d$ ed interseca la caratteristica dell'operazionale in un unico punto in cui $V_{U0} = 0$.

   (b) Posto $k = \frac{R_4}{R_4+R_5}$ si calcola che $V_+ = V_U\frac{R_1}{R_1+Z_2}$ e $V_- = kV_U + I_i(kR_5+R_3)$.
   $V_U(\frac{R_1}{R_1+Z_2} - k) = I_i(kR_5+R_3)$ quindi $Z_m = \frac{kR_5+R_3}{\frac{R_1}{R_1+Z_2}-k} = \frac{(kR_5+R_3)(R_1+Z_2)}{R_1-k(R_1+Z_2)}$. Sostituendo il valore di $Z_2 = R_2 + \frac{1}{sC}$ si ottiene $Z_m = \frac{(kR_5+R_3)[sC(R_1+R_2)+1]}{sCR_1-k[sC(R_1+R_2)+1]}$, infine $Z_m = \frac{kR_5+R_3}{k}\frac{sC(R_1+R_2)+1}{sC\frac{R_1-k(R_1+R_2)}{k}-1}$.

   (c) Stabilità. $s = \frac{1}{C}\frac{k}{R_1(1-k)-kR_2}$. La condizione per la stabilità è pertanto $R_1(1-k) < kR_2$ ovvero $\frac{R_1}{R_2} < \frac{R_4}{R_5}$.

   (d) Il problema ammette una soluzione banale data da $R_1 = \infty$, tale soluzione è da scartare perché non rispetta la condizione di stabilità. Per avere una Z_m indipendente dalla frequenza possiamo imporre che polo e zero coincidano. $-\frac{1}{R_1+R_2} = \frac{k}{R_1-k(R_1+R_2)}$ da cui si ricava che $k(R_1+R_2) = k(R_1+R_2) - R_1 \rightarrow R_1 = 0$.