

Esame di Circuiti Elettronici Analogici - 12 Settembre 2003

1. In riferimento al circuito in figura:

- (a) Punto di riposo. Poiché gli operazionali sono ideali e pertanto non assorbono correnti ai morsetti di ingresso OP2 risulta connesso a buffer con guadagno unitario. Quindi $V_O = V_1^- = V_2^-$. Supponiamo che OP2 operi in regione di saturazione positiva, allora $V_O = V_{UM} \rightarrow V_2^- = V_{UM} = V_1^-$ e OP1 opera in regione di saturazione negativa. Quindi $V_2^+ = -V_{UM} \rightarrow$ OP2 opera in regione di saturazione negativa e questo è in contraddizione con l'ipotesi iniziale. Supponiamo ora che OP2 operi in regione di saturazione negativa, allora $V_O = -V_{UM} \rightarrow V_2^- = -V_{UM} = V_1^-$ e OP1 opera in regione di saturazione positiva. Quindi $V_2^+ = V_{UM} \rightarrow$ OP2 opera in regione di saturazione positiva e questo è in contraddizione con l'ipotesi iniziale. OP2 lavora pertanto in regione di alto guadagno e $V_2^+ = V_2^- = V_O$. $V_{O_{OP1}} = V_2^+ = V_2^- = V_1^-$ e $V_1^+ = 0$, quindi anche OP1 lavora in regione di alto guadagno e $V_O = V_1^- = V_2^- = 0V$.
- (b) Guadagno di tensione. Ricordando che vale l'ipotesi di cortocircuito virtuale si trova che: $v^- = \frac{R_3 v_a + \frac{v_o}{sC_1}}{R_3 + \frac{1}{sC_1}} = 0$, ovvero $v_a = -v_o \frac{G_3}{sC_1}$. Facendo il bilancio delle correnti al nodo V_A si ottiene: $(v_i - v_a)G_1 + (v_o - v_a)sC_2 = v_a(G_2 + sC_1)$, da cui $G_1 v_i = v_a(G_1 + sC_2 + sC_1 + G_2) - v_o sC_2$. Sostituendo si ottiene: $G_1 v_i = -v_o(sC_2 + \frac{G_3(G_1 + sC_2 + sC_1 + G_2)}{sC_1})$. Infine $\frac{v_o}{v_i} = -\frac{sC_1 G_1}{s^2 C_1 C_2 + sG_3(C_1 + C_2) + G_3(G_1 + G_2)}$.
- (c) Nelle ipotesi della domanda vale $\frac{v_o}{v_i} = -\frac{sCR}{2 + sCR(2 + sCR)}$. La frequenza richiesta si trova imponendo che il denominatore sia puramente immaginario ovvero $R_E e[2 + j\omega CR(2 + j\omega CR)] = 0$, da cui $f = \frac{\sqrt{2}}{2\pi RC} = 450KHz$. A tale frequenza $\frac{v_o}{v_i} = -\frac{1}{2}$.

2. Con riferimento al circuito in figura (a):

- (a) Facendo l'ipotesi che tutti i transistori lavorino in RND, $I_{C1} = I_S e^{\frac{V_I}{V_T}} = 1.45mA$ e Q2 e Q3 formano uno specchio di corrente. $I_{C2} = I_{C3} = \frac{\beta_{FP}}{\beta_{FP} + 2} I_{C1} = \frac{I_{C1}}{2} = 725\mu A$ e $V_{EB2} = V_{EB3} = 0.683V$. Infine $V_O = R I_{C3} = 4.28V$. Si verifica facilmente che tutti i transistori, in particolare Q3 operano in RND.
- (b) Ai piccoli segnali $r_{be1} = \frac{\beta_{01} V_T}{I_{C10}} = 1.72K\Omega$ e $r_{be2} = r_{be3} = 69\Omega$. Il circuito è composto dalla cascata di due emettitori comuni pertanto: $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{\beta_{03} R \beta_{01} Z}{r_{be3} r_{be1}}$ dove $Z = R_{I2} // R_{I3} = \frac{r_{be2}}{\beta_{02} + 1} // r_{be3} = \frac{r_{be2}}{\beta_{02} + 2}$. Sostituendo si ottiene $A_v = \frac{\beta_{02} \beta_{01} R}{\beta_{02} + 2 r_{be1}} = 171.5$
- (c) $R_U = R$.

3. Con riferimento al circuito in figura (b):

- (a) Q3 è connesso a diodo e I_{C3} si trova iterando la seguente equazione $I_{C3} = \frac{\beta_{FP}}{\beta_{FP} + 2} \frac{V_{CC} - V_T \ln(\frac{I_{C3}}{I_S})}{R}$, da cui si ottiene $I_{C3} = 367\mu A$. Se Q2 fosse in RND si avrebbe $I_{C2} = I_{C3}$. Se Q1 fosse in RND si avrebbe $I_{C1} = 1.45mA$. Quindi è impossibile che Q1 e Q2 si trovino in RND poiché deve essere $I_{C2} = I_{C1}$. Pertanto Q1 satura con corrente di collettore $I_{C1} = 367\mu A$ e $V_X = 0.2V$.