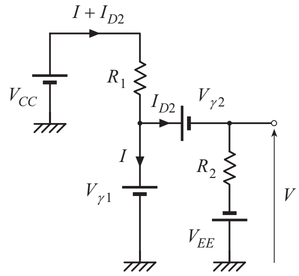
A.A. 03-04 **Elettronica - Soluzioni della prova scritta del 14/02/05**



1) Supponiamo che entrambi i diodi siano in conduzione; pertanto, sostituiamo ai diodi, nello schema, i corrispondenti circuiti equivalenti. Dall'applicazione della *KVL* alla maglia comprendente i due diodi, la resistenza R_2 ed il generatore V_{EE}, si ottiene:

$$V_{\gamma 1}+V_{EE}=V_{\gamma 2}+R_2 I_{D2},$$

da cui segue:

$$I_{D2}=\frac{V_{\gamma 1}-V_{\gamma 2}+V_{EE}}{R_2}\approx 1.0\ mA.$$

Siccome questa corrente è positiva, l'ipotesi fatta relativamente a D_2 è corretta. Applicando la *KVL* al circuito comprendente il diodo D_1, la resistenza R_1 e il generatore V_{CC}, si ha:

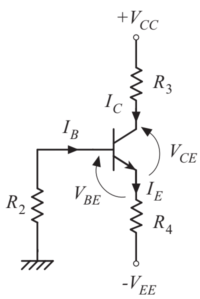
$$V_{CC}-V_{\gamma 1}=R_1\left(I+I_{D2}\right),$$

da cui segue:

$$I=\frac{V_{CC}-V_{\gamma 1}}{R_1}-I_{D2}\approx 0.9\ mA.$$

Il fatto che anche questa corrente risulti positiva è in accordo con l'ipotesi fatta circa lo stato di D_1 e pertanto il valore trovato per *I* è quello corretto. Infine, il potenziale *V* vale:

$$V=R_2 I_{D2}-V_{EE}\approx 0.0\ V.$$



2) Considerando i condensatori dei circuiti aperti si ottiene lo schema di figura. Assumendo che il BJT sia in zona lineare, con V_{BE} pari a 0.7 *V*, applicando la *KVL* al circuito di ingresso si ha:

$$V_{EE}=V_{BE}+R_2 I_B+R_4 I_B\left(\beta+1\right),$$

da cui segue:

$$I_B=\frac{V_{EE}-V_{BE}}{R_2+R_4\left(\beta+1\right)}\approx 5.8\ \mu A;$$

pertanto:

$$I_C = \beta I_B \approx 0.9\ mA.$$

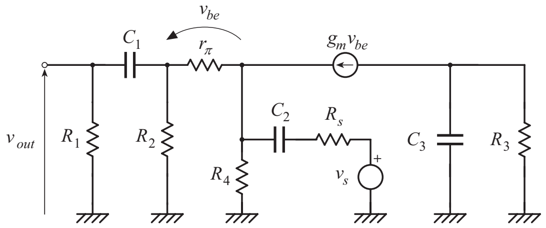
Applicando la *KVL* al circuito di uscita si ha:

$$V_{CC} + V_{CE} = V_{CE} + R_3 I_C + R_4 I_E = V_{CE} + R_3 I_C + R_4 I_C \left(1 + \frac{1}{\beta}\right),$$

da cui segue:

$$V_{CE} = V_{CC} + V_{CE} - I_C \left[R_3 + R_4 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right] \approx 12.0\ V.$$

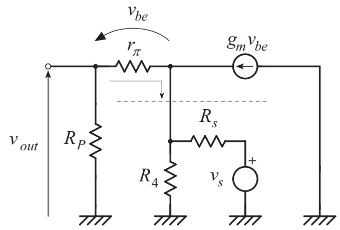
Siccome $V_{CE} > 0.7\,V$, il BJT opera effettivamente in zona lineare. Nel punto di funzionamento i parametri del modello a π sono:



$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \approx 33.2 \frac{mA}{V},$$

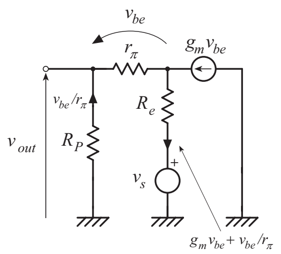
$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} \approx 4.5\ k\Omega,$$

così, il circuito equivalente per il piccolo segnale è quello mostrato in figura. Sostituendo i condensatori con dei cortocircuiti e ponendo:



$$R_P = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \approx 75.0\ k\Omega,$$

si ottiene lo schema di figura. Infine, applicando il teorema di Thevenin al ramo a valle della linea tratteggiata in figura, il circuito si modifica come indicato, dove:



$$v_e = v_S \frac{R_4}{R_S + R_4},$$

$$R_e = \frac{R_S R_4}{R_S + R_4},$$

e quindi:

$$\frac{v_e}{v_S} = \frac{R_4}{R_S + R_4} \approx 1.0.$$

Applicando la *KVL* al circuito di uscita si ha:

$$v_e = -R_e \frac{v_{be}}{r_\pi}\left(1+g_m r_\pi\right) - v_{be} - R_P \frac{v_{be}}{r_\pi} = -v_{be}\left[1+\frac{R_P}{r_\pi}+\frac{R_e}{r_\pi}\left(1+g_m r_\pi\right)\right],$$

da cui segue:

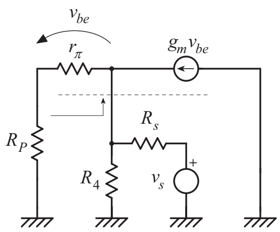
$$\frac{v_{be}}{v_e} = -\frac{1}{1+\frac{R_P}{r_\pi}+\frac{R_e}{r_\pi}\left(1+g_m r_\pi\right)} \approx 0.1.$$

Infine, siccome la corrente che attraversa la resistenza R_P vale v_{be}/r_π, si ha:

$$\frac{v_{out}}{v_{be}} = -\frac{R_P}{r_\pi} \approx \text{-}16.6.$$

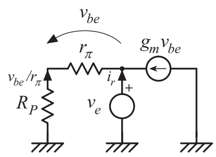
Pertanto, il guadagno di tensione v_{out}/v_S vale:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{v_{out}}{v_{be}}\frac{v_{be}}{v_e}\frac{v_e}{v_S} \approx 0.8.$$



Per stabilire l'impedenza di ingresso dell'amplificatore, calcoliamo inizialmente l'impedenza a monte della linea tratteggiata di figura. Allo scopo, come indicato in figura, applichiamo un generatore di forza elettromotrice v_r che eroga una corrente i_r e stabiliamo il rapporto v_r/i_r. Applicando la *KVL* al circuito considerato, la tensione v_r può esprimersi come:

$$v_r = \left(r_\pi + R_P\right)\left(-\frac{v_{be}}{r_\pi}\right),$$



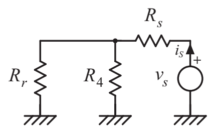
e, applicando la *KCL* al nodo del circuito, la corrente i_r si scrive come:

$$i_r = -\frac{v_{be}}{r_\pi} - g_m v_{be} = -v_{be}\frac{1+g_m v_{be}}{r_\pi}.$$

Dividendo membro a membro queste due espressioni si trova:

$$R_r = \frac{v_r}{i_r} = \frac{\left(r_\pi + R_P\right)\left(-\frac{v_{be}}{r_\pi}\right)}{-v_{be}\frac{1+g_m v_{be}}{r_\pi}} = \frac{r_\pi + R_P}{1+g_m v_{be}} \approx 526.6\ \Omega.$$

Nota R_r il circuito di ingresso dell'amplificatore si può modificare come indicato in figura, allora la resistenza di ingresso v_S / i_S vale:



$$R_i = R_S + \frac{R_4 R_r}{R_4 + R_r} \approx 554.4\ \Omega.$$