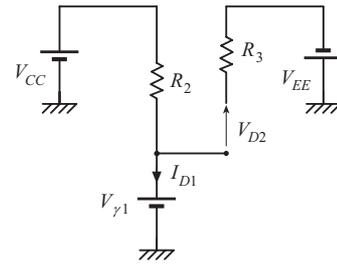


1) Per stabilire il punto di funzionamento dei diodi supponiamo che D_1 sia in conduzione e D_2 sia interdetto. Sostituendo ai diodi i corrispondenti circuiti equivalenti si ottiene lo schema di figura. Dall'applicazione della *KVL* al circuito, segue:



$$V_{CC} - V_{\gamma 1} = R_2 I_{D1}$$

da cui si ottiene:

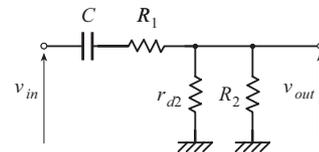
$$I_{D1} = \frac{V_{CC} - V_{\gamma 1}}{R_2} \approx 620 \mu A.$$

Allora la differenza di potenziale V_{D2} ai capi di D_2 vale:

$$V_{D2} = -V_{\gamma 1} - V_{EE} \approx -5.7 V.$$

Tale risultato è in accordo con l'ipotesi iniziale secondo cui il diodo D_2 è interdetto, pertanto il punto di funzionamento di questo diodo è $(0 A, -5.7 V)$ e il punto di funzionamento di D_1 è $(620 \mu A, 0.7 V)$. Di conseguenza il circuito equivalente per il piccolo segnale è quello indicato in figura dove la resistenza differenziale r_{d1} del diodo D_1 vale:

$$r_{d1} = \frac{\eta V_T}{I_{D1}} \approx 83.9 \Omega.$$

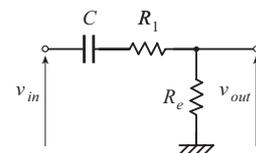


Posto:

$$R_e \equiv \frac{r_{d1} R_2}{r_{d1} + R_2} \approx 83.4 \Omega,$$

il circuito si modifica come indicato in figura. La relativa funzione di trasferimento vale:

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{s R_e C}{1 + s C (R_e + R_3)},$$



pertanto la frequenza di taglio risulta:

$$f_T = \frac{1}{2\pi C (R_e + R_3)} \approx 1.0 \text{ kHz}.$$

2) Considerando i condensatori dei circuiti aperti ed applicando il teorema di Thevenin a sinistra della base del primo transistor, si ottiene lo schema di figura, in cui:

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \approx 1.2 \text{ k}\Omega,$$

$$V_{BB} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \approx 0.7 \text{ V};$$

assumendo quindi che V_{BE1} valga 0.7 V , applicando la *KVL* al circuito di ingresso di Q_1 si ha:

$$V_{BB} - V_{BE1} = R_B I_{B1},$$

da cui segue:

$$I_{B1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{R_B} \approx 11.9 \text{ }\mu\text{A}.$$

così il comune valore della corrente di collettore di Q_1 e della corrente di emettitore di Q_2 vale:

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} = I_{E2} \approx 952.4 \text{ }\mu\text{A},$$

pertanto la corrente di base di Q_2 vale:

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} \approx 30.7 \text{ }\mu\text{A},$$

e la corrente di collettore di Q_2 vale:

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} \approx 921.7 \text{ }\mu\text{A},$$

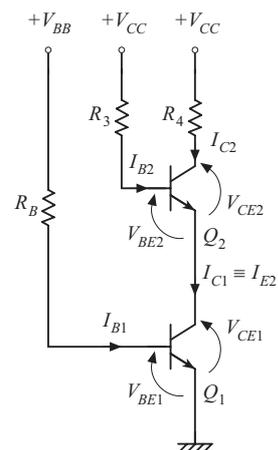
Applicando la *KVL* al circuito costituito dal generatore V_{CC} , dalla resistenza R_3 , dalla giunzione base-emettitore di Q_2 e dai terminali collettore-emettitore di Q_1 , si ottiene:

$$V_{CC} = V_{BE1} + V_{CE1} + R_3 I_{B2},$$

da tale relazione segue che il transistor Q_1 sarà in zona lineare se:

$$V_{CE1} = V_{CC} - V_{BE1} - R_3 I_{B2} > 0.7 \text{ V},$$

ovvero se:



$$R_3 < \frac{V_{CC} - V_{BE2} - 0.7V}{I_{B2}} \approx 117.2 \text{ k}\Omega.$$

Applicando la *KVL* al circuito costituito dalla resistenza R_3 , dalla giunzione base-emettitore di Q_2 , dai terminali collettore-emettitore di Q_2 e dalla resistenza R_4 , si ottiene:

$$R_3 I_{B2} + V_{BE2} = V_{CE2} + R_4 I_{C2}, \quad 1.$$

posto che V_{BE2} valga 0.7 V , da tale relazione segue che il transistor Q_2 sarà in zona lineare se:

$$V_{CE2} = R_3 I_{B2} + V_{BE2} - R_4 I_{C2} > 0.7 \text{ V},$$

ovvero se:

$$R_3 > \frac{0.7 \text{ V} - V_{BE2} + R_4 I_{C2}}{I_{B2}} \approx 33.0 \text{ k}\Omega.$$

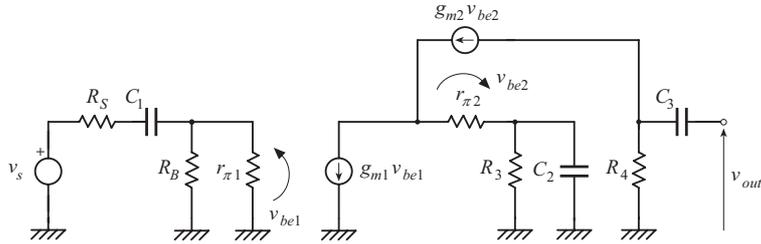
Pertanto se il valore della resistenza R_3 è compreso tra $33.0 \text{ k}\Omega$ e $117.2 \text{ k}\Omega$, entrambi i transistor si mantengono in zona attiva. Posto V_{CE2} uguale a 2.5 V nella relazione 1. si trova:

$$R_3 = \frac{V_{CE2} - V_{BE2} + R_4 I_{C2}}{I_{B2}} \approx 91.6 \text{ k}\Omega,$$

si osservi che per quanto ottenuto precedentemente, tale valore di R_3 garantisce che anche il transistor Q_1 sia in zona lineare e, in particolare risulta:

$$V_{CE1} = V_{CC} - V_{BE1} - R_3 I_{B2} \approx 1.49 \text{ V}.$$

Il circuito equivalente dell'amplificatore per il piccolo segnale è mostrato in figura, dove:



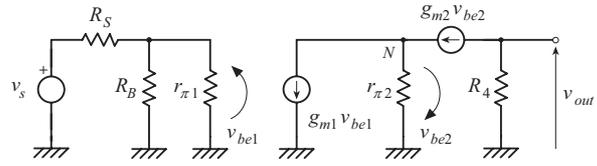
$$g_{m1} = \frac{I_{C1}}{V_T} \approx 36.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}},$$

$$r_{\pi 1} = \frac{\beta_1}{g_{m1}} \approx 2.2 \text{ k}\Omega,$$

$$g_{m2} = \frac{I_{C2}}{V_T} \approx 35.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}},$$

$$r_{\pi 2} = \frac{\beta_2}{g_{m2}} \approx 846.6 \Omega.$$

Per stabilire il guadagno v_{out}/v_s a centro banda sostituiamo i condensatori con dei cortocircuiti. Con riferimento al circuito di figura risulta:



$$v_{out} = -R_4 g_{m2} v_{be2}.$$

Applicando la *KCL* al nodo *N* si ha:

$$g_{m2} v_{be2} = g_{m1} v_{be1} - \frac{v_{be2}}{r_{\pi 2}},$$

da cui segue:

$$v_{be2} = \frac{g_{m1}}{g_{m2} + \frac{1}{r_{\pi 2}}} v_{be1} = \frac{g_{m1} r_{\pi 2}}{\beta_2 + 1} v_{be1}.$$

Infine alla rete di ingresso del circuito risulta:

$$v_{be1} = \frac{\frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B + r_{\pi 1}}}{R_S + \frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B + r_{\pi 1}}} v_S = \frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B R_S + R_S r_{\pi 1} + R_B r_{\pi 1}} v_S.$$

Pertanto:

$$\begin{aligned} \frac{v_{out}}{v_{in}} &= \frac{v_{out}}{v_{be2}} \frac{v_{be2}}{v_{be1}} \frac{v_{be1}}{v_S} = -R_4 g_{m2} \frac{g_{m1} r_{\pi 2}}{\beta_2 + 1} \frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B R_S + R_S r_{\pi 1} + R_B r_{\pi 1}} = \\ &= -\frac{\beta_1 \beta_2}{\beta_2 + 1} \frac{R_B R_4}{R_B R_S + R_S r_{\pi 1} + R_B r_{\pi 1}} \approx -6.9 \end{aligned}$$