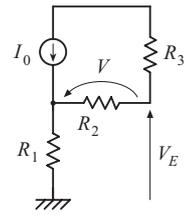


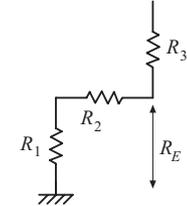
1) Applichiamo il teorema di Thevenin al circuito situato a monte del diodo; per il calcolo di V_E , una volta tolto il diodo, si ha il circuito di figura, in cui

$$V = I_0 R_2,$$



d'altra parte, siccome in tale circuito la resistenza R_1 non risulta percorsa da corrente, segue:

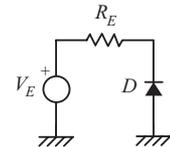
$$V_E = -V = -I_0 R_2;$$



per il calcolo di R_E , una volta aperto il generatore I_0 , il diodo vede la serie di R_1 con R_2 , per cui:

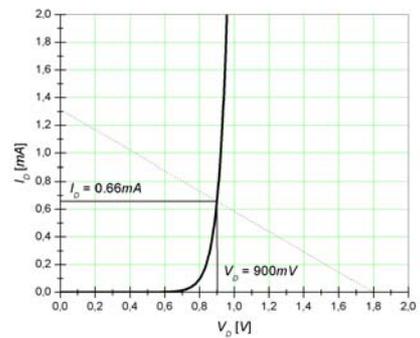
$$R_E = R_1 + R_2 \approx 1.38 \text{ k}\Omega.$$

Il circuito si può quindi schematizzare come indicato in figura, dove la retta di carico ha equazione:



$$I(V) = -\frac{1}{R_E} V - \frac{V_E}{R_E}.$$

Dall'esame della caratteristica si evince che, in corrispondenza di una tensione V_{D0} ai capi del diodo pari a 900 mV , la corrente I_{D0} che lo attraversa è di circa 0.66 mA ; imponendo che il punto (V_{D0}, I_{D0}) appartenga alla retta di carico, si ottiene:



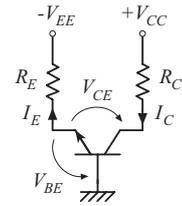
$$V_E = -V_{D0} - I_{D0} R_E \approx -1.8 \text{ V}.$$

da cui segue:

$$I_0 = -\frac{V_E}{R_2} \approx 10 \text{ mA}.$$

2) 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:

$$V_{EE} = V_{BE} + R_E I_E = V_{BE} + R_E \frac{\beta + 1}{\beta} I_C$$



da cui segue:

$$I_C = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} \approx 1.1 \text{ mA}$$

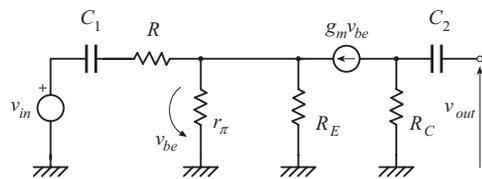
Applicando quindi la *KVL* al circuito di uscita si ha:

$$V_{CC} + V_{EE} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E = R_C I_C + V_{CE} + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C,$$

da cui segue:

$$V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - I_C \left[R_C + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \approx 10.5 \text{ V};$$

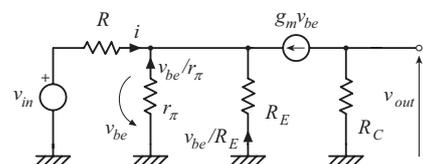
dal fatto che $V_{CE} > 0.7 V$ si evince che il BJT opera realmente in zona lineare. In corrispondenza di questo punto di funzionamento, i parametri del modello a π sono:



$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \approx 43 \frac{\text{mA}}{\text{V}},$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} \approx 2.3 \text{ k}\Omega.$$

In figura è mostrato il circuito equivalente per il piccolo segnale; per stabilire il guadagno v_{out}/v_{in} a centro banda, sostituiamo i condensatori con dei cortocircuiti. Noto:



$$i = \frac{v_{in} + v_{be}}{R}, \tag{1}$$

applicando la *KCL* al nodo in cui sono collegati gli estremi delle resistenze R , r_π , R_E e del generatore $g_m v_{be}$, risulta:

$$\frac{v_{in} + v_{be}}{R} + \frac{v_{be}}{r_{\pi}} + \frac{v_{be}}{R_E} + g_m v_{be} = 0, \quad 2.$$

da cui segue:

$$\frac{v_{in}}{R} = -v_{be} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m \right).$$

D'altra parte risulta:

$$v_{out} = -g_m v_{be} R_C,$$

per cui:

$$v_{be} = -\frac{v_{out}}{g_m R_C},$$

quindi, sostituendo nell'equazione precedente, si trova:

$$\frac{v_{in}}{R} = \frac{v_{out}}{R_C} \left[1 + \frac{1}{g_m} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} \right) \right]$$

così il guadagno v_{out}/v_{in} vale:

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_C}{R} \frac{1}{1 + \frac{1}{g_m} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} \right)} \approx 3.8$$

che può essere approssimato col rapporto R_C/R a meno del 6% circa. Per valutare la frequenza di taglio inferiore, stabiliamo l'impedenza d'ingresso R_{in} del circuito, data dal rapporto v_{in}/i . Dall'equazione 1. segue:

$$R_{in} = R - \frac{v_{be}}{i},$$

sostituendo quindi l'equazione 1. nella 2. si ha:

$$i = -\frac{v_{be}}{r_{\pi}} - \frac{v_{be}}{R_E} - g_m v_{be},$$

da cui segue:

$$\frac{v_{be}}{i} = -\frac{1}{\frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m},$$

così, sostituendo nella precedente equazione, segue:

$$R_{in} = R + \frac{1}{\frac{1}{r_{\pi}} + \frac{1}{R_E} + g_m} \approx 523 \Omega,$$

valore che differisce da R per il 4% circa. La costante di tempo associata al condensatore C_1 è pari a:

$$\tau = R_{in} C_1 \approx 7.8 \text{ ms},$$

per cui la frequenza di taglio inferiore vale:

$$f = \frac{1}{2\pi\tau} \approx 20.3 \text{ Hz}$$