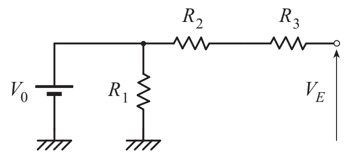
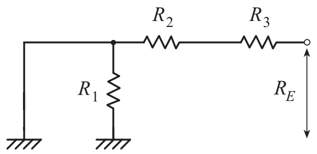
1) Assumiamo inizialmente che il generatore I_0 eroghi una corrente nulla e applichiamo il teorema di Thevenin a monte del diodo, allora, sostituendo il generatore di corrente con un circuito aperto, si ottiene lo schema di figura. La forza elettromotrice V_E erogata dal generatore equivalente di Thevenin vale:

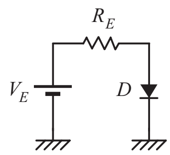


$$V_E = V_0 = 1.5\ V.$$

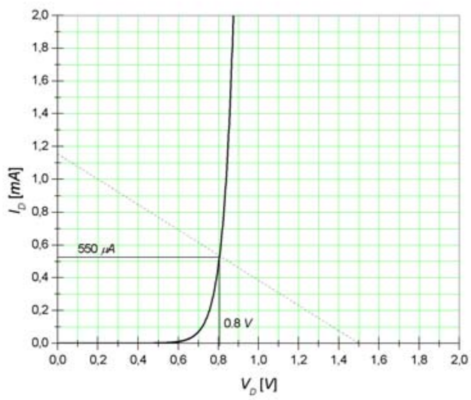


Con riferimento al circuito di figura, la resistenza R_E del circuito equivalente di Thevenin vale:

$$R_E = R_2 + R_3 = 1.3\ k\Omega.$$



Pertanto, il circuito, per $I_0 = 0$, può essere schematizzato così come mostrato in figura. La retta di carico ha, pertanto, intersezione con l'asse verticale del grafico della caratteristica del diodo pari a V_E/R_E, ovvero $1.154\ mA$ e intersezione con l'asse orizzontale pari a V_E, ovvero 1.5 V. Facendo l'intersezione grafica tra tale retta e la caratteristica del diodo (si veda la figura) si ottiene il punto di lavoro, con $V_D \approx 0.8\ V$, e, in particolare:

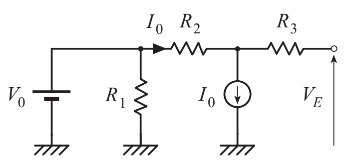


$$I_D \approx 550\ \mu A.$$

Qualora la corrente erogata dal generatore I_0 non sia nulla, il circuito per la determinazione della forza elettromotrice V_E diventa quello di figura, allora:

$$V_E = V_0 - R_2 I_0 = \text{-}0.5\ V.$$

In questo caso il diodo è interdetto e, pertanto:



$$I_D \approx 0.$$

2) Il guadagno di tensione A_V per questo amplificatore vale:

$$A_V = -g_m \frac{R_C r_0}{R_C + r_0},$$

dove:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T},$$
$$r_0 = \frac{V_A}{I_C},$$

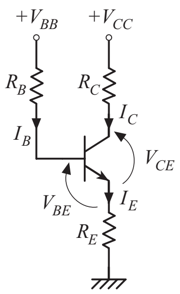
sostituendo g_m e r_0 nell'espressione precedente, si ottiene:

$$I_C = -\frac{A_V V_T}{R_C} \frac{1}{1 + A_V \frac{V_T}{V_A}} \approx 257\ \mu A,$$

Così, per ottenere il guadagno desiderato è necessario che la corrente di collettore a riposo del transistor risulti pari al valore trovato. A questa corrente di collettore corrispondono le correnti di base e di emettitore:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \approx 2.6\ \mu A,$$
$$I_E = I_C + I_B \approx 260\ \mu A.$$

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



$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \approx 22.2\ k\Omega,$$
$$V_{BB} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \approx 3.3\ V;$$

Assumendo che V_{BE} valga $0.7V$, dall'applicazione della *KVL* al circuito di ingresso del transistor si trova:

$$V_{BB} - V_{BE} = R_B I_B + R_E I_E,$$

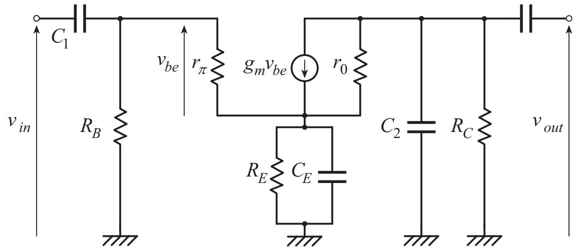
da cui segue:

$$R_E = \frac{V_{BB} - V_{BE} - R_B I_B}{I_E} \approx 9.7\ k\Omega.$$

Per verificare che il transistor opera in zona lineare applichiamo la *KVL* al circuito di uscita, risulta:

$$V_{CE} = V_{CC} - R_E I_E - R_C I_C \approx 6.8\ V,$$

poiché $V_{CE} > 0.7\ V$, la giunzione base-collettore è polarizzata inversamente; avendo assunto che la giunzione base-emettitore è polarizzata direttamente, ne segue che il transistor opera in zona lineare. Il circuito equivalente dell'amplificatore, per il piccolo segnale, è mostrato in figura, dove:

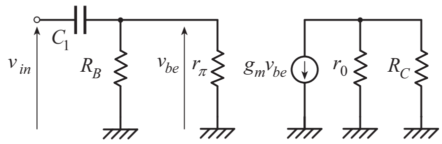


$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} \approx 10\ k\Omega,$$
$$r_0 = \frac{V_A}{I_C} \approx 233\ k\Omega.$$

La frequenza di taglio inferiore è determinata dai condensatori C_1 e C_E mentre quella di taglio superiore è determinata da C_2; valutiamo inizialmente C_1 e C_E. La costante di tempo associata al condensatore C_1 vale:

$$\tau_1 = R_i C_1$$

dove R_i è la resistenza di ingresso dell'amplificatore quando C_E è sostituito da un cortocircuito e C_2 da un circuito aperto; dall'analisi del circuito di figura risulta:



$$R_i = \frac{r_\pi R_B}{r_\pi + R_B} \approx 6.9\ k\Omega,$$

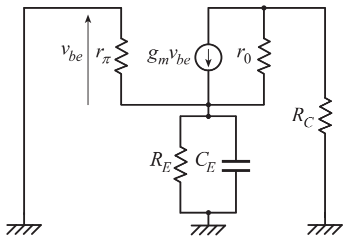
per cui, imponendo che la frequenza di taglio inferiore f_L sia determinata da C_E, poniamo:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \frac{f_L}{10} R_i} \approx 11.5\ \mu F.$$

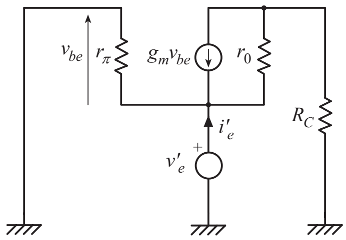
La costante di tempo associata al condensatore C_E vale:

$$\tau_e = R_e C_E,$$

dove la R_e rappresenta la resistenza vista da C_E quando C_1 è un cortocircuito, C_2 un circuito aperto e il generatore di ingresso è annullato. Anziché calcolare R_e direttamente, valutiamo prima la resistenza R_e' vista dall'emettitore del transistor e, con riferimento alla figura, definita come:

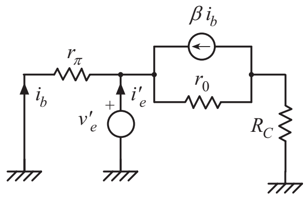


$$R_e' = \frac{v_e'}{i_e'}.$$



Modifichiamo lo schema sostituendo il comando del generatore controllato con la corrente i_b, allora, applicando la *KVL* allo schema così modificato, si ha:

$$\begin{aligned} v_e' &= r_0\left[i_e' + i_b\left(1+\beta\right)\right] + R_C\left(i_b + i_e'\right) = \\ &= \left(r_0 + R_C\right)i_e' + \left[r_0\left(1+\beta\right) + R_C\right]i_b, \end{aligned}$$



d'altra parte risulta:

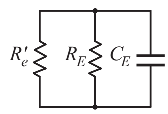
$$i_b = -\frac{v_e'}{r_\pi},$$

così sostituendo nella precedente espressione, si trova:

$$v_e' = \left(r_0 + R_C\right)i_e' + \frac{r_0\left(1+\beta\right) + R_C}{r_\pi}v_e',$$

da cui segue:

$$R_e' = \frac{r_0 + R_C}{1 + \dfrac{r_0(1+\beta) + R_C}{r_\pi}} \approx 100.0\ \Omega.$$



Infine la resistenza R_e vale:

$$R_e = \frac{R_e' R_E}{R_e' + R_E} \approx 99\ \ \Omega.$$

Avendo stabilito che il condensatore C_E determini la frequenza di taglio inferiore, risulta:

$$C_E = \frac{1}{2\pi f_L R_e} \approx 80.4\ \mu F.$$

Una volta che il generatore d'ingresso viene annullato e i condensatori C_1 e C_E sono sostituiti da cortocircuiti, il condensatore C_2 vede il parallelo R_0 tra le resistenze r_0 e R_C, così:

$$R_0 = \frac{r_0 R_C}{r_0 + R_C} \approx 2.5\ k\Omega,$$

per cui la capacità C_2 vale:

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_H R_0} \approx 3.2\ nF.$$