1) Assumendo che la corrente attraverso R sia trascurabile, dallo schema si evince che:

$$V_{GS} \approx V_{DD} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \approx 6.5\ V,$$

per cui, siccome $V_{GS} > V_{TH}$, il transistor è acceso; se opera nella regione di saturazione, la corrente di drain I_D vale:

$$I_D = k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2,$$

in tale condizione, applicando la KVL al circuito di uscita, la tensione V_{DS} si esprime come:

$$V_{DS} = V_{DD} - \left(R_3 + R \right) I_D = V_{DD} - \left(R_3 + R \right) k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2 .$$

Il transistor è in saturazione se $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$, ovvero, sostituendo V_{DS} dalla relazione precedente, si ha:

$$V_{DD} - \left(R_3 + R \right) k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2 > V_{GS} - V_{TH},$$

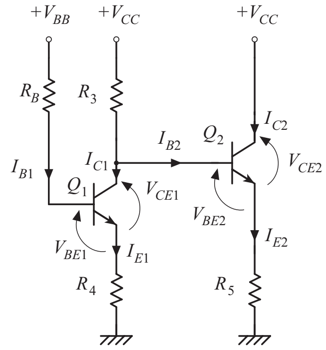
da cui segue:

$$R < \frac{V_{DD} - R_3 k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2 - \left(V_{GS} - V_{TH} \right)}{k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2} .$$

Pertanto il massimo valore R_{max} della resistenza R in corrispondenza del quale il transistor opera in saturazione vale:

$$R_{max} = \frac{V_{DD} - R_3 k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2 - \left(V_{GS} - V_{TH} \right)}{k_n \frac{W}{L} \left(V_{GS} - V_{TH} \right)^2} \approx 26.6\ k\Omega.$$

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:



$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \approx 2.7\ k\Omega,$$

$$V_{BB} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \approx 1.2\ V;$$

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

$$V_{BB} - V_{BE1} = R_B I_{B1} + R_4 (\beta_1 + 1) I_{B1},$$

da cui segue:

$$I_{B1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{R_B + R_4 (\beta_1 + 1)} \approx 10.2\ \mu A.$$

così la corrente di collettore di Q_1 vale:

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} \approx 1.0\ mA.$$

Applicando la *KVL* al circuito di ingresso di Q_2 si ha:

$$V_{CC} - R_3 (I_{C1} + I_{B2}) = V_{BE2} + R_5 I_{B2} (\beta_2 + 1),$$

da cui, assumendo che V_{BE2} valga 0.7 V, segue:

$$I_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{BE2} - R_3 I_{C1}}{R_3 + R_5 (\beta_2 + 1)} \approx 10.0\ \mu A,$$

così la corrente di collettore di Q_2 vale:

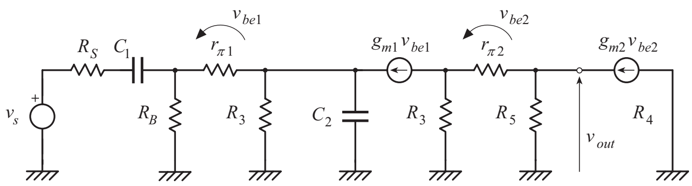
$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} \approx 2.0\ mA.$$

Infine, applicando la *KVL*, rispettivamente, al circuito di uscita di Q_1 e di Q_2 si ha:

$$V_{CE1} = V_{CC} - R_3 (I_{C1} + I_{B2}) - R_4 (I_{C1} + I_{B1}) \approx 6.2\ V,$$

$$V_{CE2} = V_{CC} - R_5 (I_{B2} + I_{C2}) \approx 5.9\ V;$$

siccome tali valori sono superiori alla tensione di soglia di 0.7 V concludiamo che le giunzioni base-emettitore di entrambi i transistor sono polarizzate inversamente e quindi i dispositivi operano in zona lineare. Il circuito equivalente dell'amplificatore per il piccolo segnale è mostrato in figura, dove:

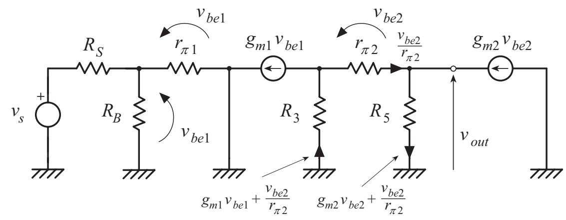


$$g_{m1} = \frac{I_{C1}}{V_T} \approx 39.1 \ \frac{mA}{V},$$

$$r_{\pi 1} = \frac{\beta_1}{g_{m1}} \approx 2.6 \ k\Omega,$$

$$g_{m2} = \frac{I_{C2}}{V_T} \approx 77.3 \ \frac{mA}{V},$$

$$r_{\pi 2} = \frac{\beta_2}{g_{m2}} \approx 2.6 \ k\Omega.$$



Per stabilire il guadagno v_{out}/v_s a centro banda sostituiamo i condensatori con dei cortocircuiti. La tensione di uscita v_{out} si può esprimere come:

$$v_{out} = R_5 \left(v_{be2} g_{m2} + \frac{v_{be2}}{r_{\pi 2}} \right),$$

da cui segue:

$$\frac{v_{out}}{v_{be2}} = R_5 \left(g_{m2} + \frac{1}{r_{\pi 2}} \right) \approx 233.0.$$

Applicando la *KVL* alla maglia contenente le resistenze R_3, $r_{\pi 2}$ e R_5 si ha:

$$\left(v_{be1} g_{m1} + \frac{v_{be2}}{r_{\pi 2}} \right) R_3 + v_{be2} + \left(v_{be2} g_{m2} + \frac{v_{be2}}{r_{\pi 2}} \right) R_5 = 0 ,$$

da cui segue:

$$\frac{v_{be2}}{v_{be1}} = -\frac{g_{m1} R_3 r_{\pi 2}}{R_3 + r_{\pi 2} + R_5 \left(1 + \beta_2\right)} \approx \text{-0.8}.$$

La tensione v_{be1} vale:

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

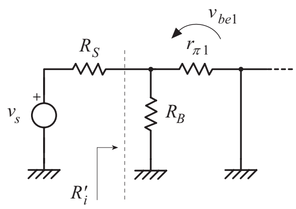
da cui segue:

$$\frac{v_{be1}}{v_S} = \frac{r_{\pi 1} R_B}{r_{\pi 1} R_B + R_S R_B + r_{\pi 1} R_S} \approx 0.6.$$

Pertanto:

$$\frac{v_{out}}{v_S} = \frac{v_{out}}{v_{be2}} \frac{v_{be2}}{v_{be1}} \frac{v_{be1}}{v_S} \approx \text{-}111.8.$$

La resistenza di ingresso R_i è pari alla somma della resistenza R_S con la resistenza R_i' indicata in figura. Siccome:



$$R_i' = \frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B + r_{\pi 1}},$$

si ha:

$$R_i = R_S + R_i' = R_S + \frac{R_B r_{\pi 1}}{R_B + r_{\pi 1}} \approx 2.3\ k\Omega.$$