

## Traccia della soluzione dell'esame del 18-12-2008

1) Assumendo l'opamp in alto guadagno si ottiene  $V_{uo} = V^+ = V^- = 0$ . Inoltre si ha  $I_{C10} = I_{C20}$  e  $V_{CE10} = V_{EC20} = 10$  V. Quindi dovrà essere anche  $V_{BE10} = V_{EB20}$ , da cui  $V_B = 9.4$  V, dove  $V_B$  indica la tensione di uscita dell'opamp. La corrente di collettore si calcola con

$$I_{C10} = I_S \exp(V_{BE10}/V_T) (1 + V_{CE10}/V_A) = 40 \mu A$$

Si verifica inoltre facilmente che non esistono altri punti di riposo corrispondenti al funzionamento in saturazione dell'opamp.

2) La resistenza d'ingresso è quella di uno stadio ad emettitore comune:

$$R_i = r_{BE1} = \frac{\beta_0 V_T}{I_{C10}} = \frac{\beta_F (1 + V_{CE10}/V_A) V_T}{I_{C10}} = 93.75 \text{ k}\Omega$$

3) Per brevità si omette qui di riportare il grafico del circuito equivalente per piccoli segnali, che peraltro si ottiene molto semplicemente dallo schema di figura sostituendo ai transistori il loro circuito equivalente ai piccoli segnali a tre parametri (effetto Early) e mettendo a massa gli emettitori.

4) Dal circuito ai piccoli segnali si ricavano le seguenti equazioni

$$v_u = v^+ = -\beta_0 (r_{CE1} \parallel r_{CE2}) (v_i / r_{BE1} + v_B / r_{BE2})$$

$$v^- = 0$$

$$v_d = v^+ - v^- = \frac{v_B}{A_d(s)} = \frac{v_B}{A_{d0}} \left( 1 + \frac{s}{\omega_0} \right)$$

dove  $\omega_0 = 2 \pi f_0$ , da cui, tenendo presente che nel punto di riposo considerato è  $r_{ce1} = r_{ce2} = r_{ce}$ ,  $r_{be1} = r_{be2} = r_{be}$ , si ottiene

$$A_v(s) = -\frac{\beta_0 r_{CE}}{2r_{BE}} \frac{1 + s/\omega_0}{1 + s/\omega_0 + (A_{d0} \beta_0 r_{CE}) / (2r_{BE})}$$

5) Zero  $z = -\omega_0 = -2 \pi \text{ rad/s}$ , polo  $p = -\omega_0 \left( 1 + \frac{A_{d0} \beta_0 r_{CE}}{2r_{BE}} \right) \approx -2 \pi 600 \text{ krad/s}$ , dove  $r_{CE} = \frac{V_A + V_{CE0}}{I_{C0}}$ .

6) Se l'opamp è ideale, dalle equazioni del punto 4) con  $A_{d0} = \infty$  si ottiene  $v_u = 0$ , da cui  $R_u = v_u/i_u = 0$ .