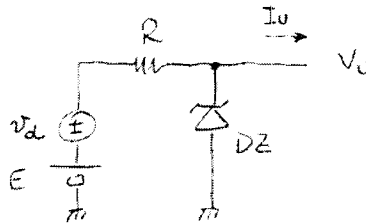


ESERCIZIO N°1

7 (4) punti

Nel seguente regolatore determinare R in modo da garantire il corretto funzionamento per tutto il range delle tensioni di ingresso ($20\text{ V} < E < 24\text{ V}$) e delle correnti di uscita ($I_U < 1\text{ A}$). La resistenza R deve essere scelta in modo da rendere minima la potenza massima erogata dal generatore.

Determinare quindi il valore di v_u in funzione del disturbo a media nulla v_d e con $E = 22\text{ V}$ e $I_U = 500\text{ mA}$. Per lo Zener si ha $V_Z = 12\text{ V}$ e $r_Z = 200\text{ m}\Omega @ I_Z = 800\text{ mA}$; $r_{ZK} = 10\ \Omega @ I_{ZK} = 20\text{ mA}$.

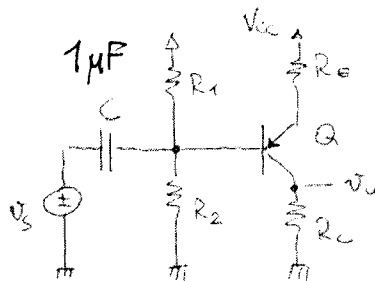


ESERCIZIO N°2

6 (4) punti

Determinare il punto di riposo del seguente circuito e valutare i parametri del circuito equivalente semplificato per piccoli segnali del transistore ($h_{FE} = h_{fe} = 60$; $r_{bb'} = 300\ \Omega$).

Si ha $V_{CC} = 18\text{ V}$; $R_1 = R_2 = 120\text{ k}\Omega$; $R_E = 0,6\text{ k}\Omega$; $R_C = 2,4\text{ k}\Omega$.



ESERCIZIO N°3

6 (4) punti

Determinare la risposta in frequenza e tracciare i relativi diagrammi asintotici di Bode del circuito dell'esercizio 2. Per questo esercizio si assuma $h_{ie} = 2\text{ k}\Omega$.

ESERCIZIO N°4

7 (4) punti

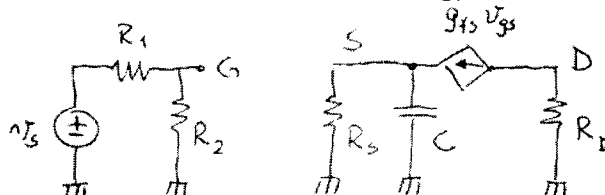
Determinare il parametro h_{fb} del modello a base comune di un transistore bipolare di cui sono noti tutti i parametri del modello a emettitore comune. Nel modello a base comune si assuma l'emettitore come ingresso e il collettore come terminale di uscita.

ESERCIZIO N°5

7 (4) punti

Determinare l'impedenza (modulo e fase) vista a 10 kHz tra i punti S e D nel seguente circuito.

Si ha $R_1 = R_2 = 680\text{ k}\Omega$; $R_S = 1,6\text{ k}\Omega$; $R_D = 2,4\text{ k}\Omega$; $C = 10\text{ nF}$; $g_{fs} = 200\text{ mS}$.

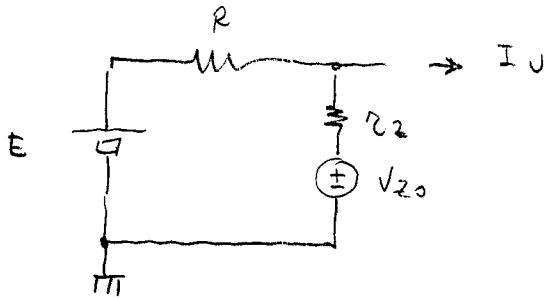


①

la massima potenza erogata dal generatore vale

$$P_{MAX} = E_{MAX} \cdot \left(\frac{E_{MAX} - V_{z0}}{R + r_z} + I_{O_{MAX}} \frac{r_z}{R + r_z} \right)$$

è quindi resa minima dal massimo valore di R accettabile
Circuito equivalente per grandi segnali



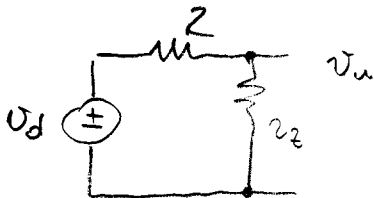
$$V_{z0} = V_z - r_z I_z = 11,84 \text{ V}$$

Il valore di R non può salire oltre al valore che garantisce la regolazione nel caso più critico (ingresso minimo, carico massimo)

$$I_{z_{min}} = \frac{E_{min} - V_{z0}}{R + r_z} - I_{O_{MAX}} \frac{r_z}{R + r_z} > 4 I_{zK} \quad \text{da cui}$$

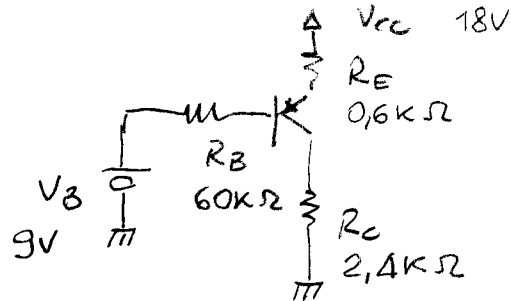
$$R < \frac{E_{min} - V_{z0} - 4 I_{zK} r_z}{I_{O_{MAX}} + 4 I_{zK}} = 7,54 \Omega$$

Riguardo al disturbo v_u



$$\frac{\bar{v}_u}{\bar{v}_d} = \frac{r_z}{R + r_z} = 25,8 \times 10^{-3}$$

② Circuito statico



Dalla maglia di ingresso

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_B - V_{BE0n}}{R_B + R_E (h_{FE} + 1)} = 85,92 \mu\text{A}$$

$$I_C = 5,155 \text{ mA} \quad ; \quad I_E = 5,241 \text{ mA}$$

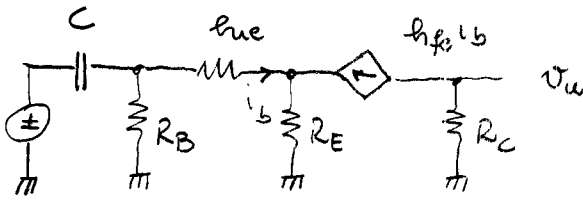
$$V_{EC} = V_{CC} - R_E I_E - R_C I_C = 2,483 \text{ V (OK ZAD)}$$

$$r_{ie} = r_{bb'} + \frac{V_T}{I_C} h_{fe} = 602,6 \Omega$$

$$r_{re} = r_{oe} \cong \phi$$

③ Circuito per piccoli segnali

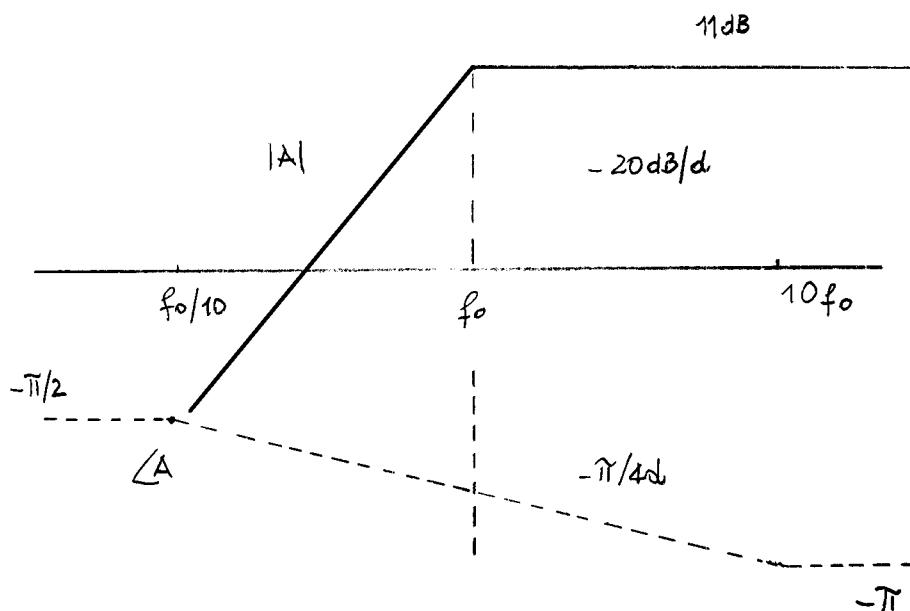
$$r_{ie} = 2\text{k}\Omega$$



$$\frac{v_u}{v_m} = -A_{CB} \cdot \frac{s}{s+p}$$

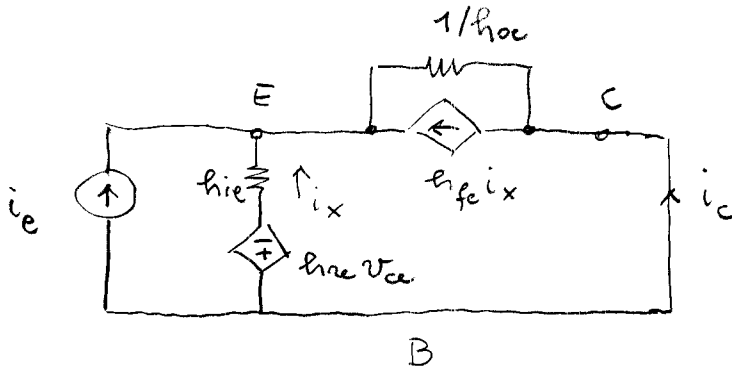
$$A_{CB} = \frac{h_{fe} R_C}{r_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)} = 3,731 \quad (\sim 11 \text{ dB})$$

$$p = \frac{1}{R_B \parallel [r_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)] \cdot C} = 42,57 \text{ rad/s} \quad (6,776 \text{ Hz})$$



④

Modello a base comune:



$$h_{fb} = \left. \frac{i_c}{i_e} \right|_{v_{cb} = \phi}$$

$$i_x = -(i_e + i_c)$$

$$v_{ce} = \frac{1}{h_{oe}} [h_{fe} i_e + i_c (h_{fe} + 1)]$$

$$v_{eb} = h_{ie} (i_e + i_c) - \frac{h_{re}}{h_{oe}} [h_{fe} i_e + i_c (h_{fe} + 1)]$$

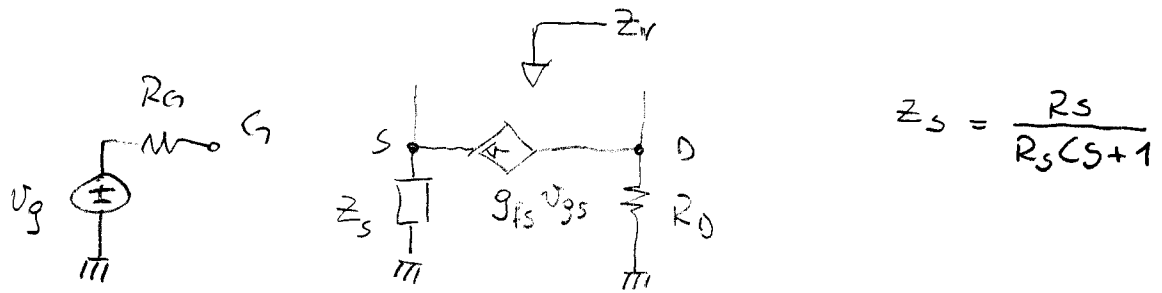
$$v_{ce} + v_{eb} = \phi \quad (v_{cb} = 0) \quad \text{quindi}$$

$$\frac{(1 - h_{re})}{h_{oe}} [h_{fe} i_e + i_c (h_{fe} + 1)] + h_{ie} (i_e + i_c) = \phi$$

$$h_{fb} = - \frac{h_{fe} (1 - h_{re}) + h_{ie} h_{oe}}{(1 - h_{re}) (h_{fe} + 1) + h_{ie} h_{oe}}$$

(≈ -1 con i valori tipici)

5 Impedenza vista
 Ai fini di quanto richiesto possiamo lavorare su questo circuito



$$Z_s = \frac{R_s}{R_s C s + 1}$$

In questo caso possiamo trovare Z_v come rapporto tra tensione a vuoto v_{ds} e corrente di corto circuito i_{cc}

$$v_{ds} = -g_{fs} v_{gs} (Z_s + R_D) = -v_g \frac{g_{fs}}{1 + Z_s g_{fs}} (Z_s + R_D)$$

$$v_{gs} = v_g - Z_s g_{fs} v_{gs} \quad \text{da cui} \quad v_{gs} = v_g \frac{1}{1 + Z_s g_{fs}}$$

Quando invece D e S sono cortocircuitati $v_{gs} = v_g$ e

$$i_{cc} = -g_{fs} v_g$$

Quindi

$$Z_v = \frac{Z_s + R_D}{1 + Z_s g_{fs}} = \frac{R_s + R_D (R_s C s + 1)}{R_s C s + 1 + R_s g_{fs}} = R_D \frac{s + z}{s + p}$$

$$z = \frac{1}{C(R_D \parallel R_s)} = 104 \text{ krad/s}$$

$$p = \frac{1 + R_s g_{fs}}{C R_s} = 20 \text{ Mrad/s}$$

$$\text{A } 10 \text{ kHz: } |Z| = R_D \cdot \sqrt{\frac{\omega^2 + z^2}{\omega^2 + p^2}} = 14,55 \Omega$$

($\omega = 62,8 \text{ krad/s}$)

$$\angle Z = \arctg \frac{\omega}{z} - \arctg \frac{\omega}{p} = -1,024 \text{ rad}$$

(-58° ; capacitiva)