SCHEDA **A10_03** | Data: **17 Febbraio 2010**

Cognome | Nome | Matricola

ESERCIZIO N°1

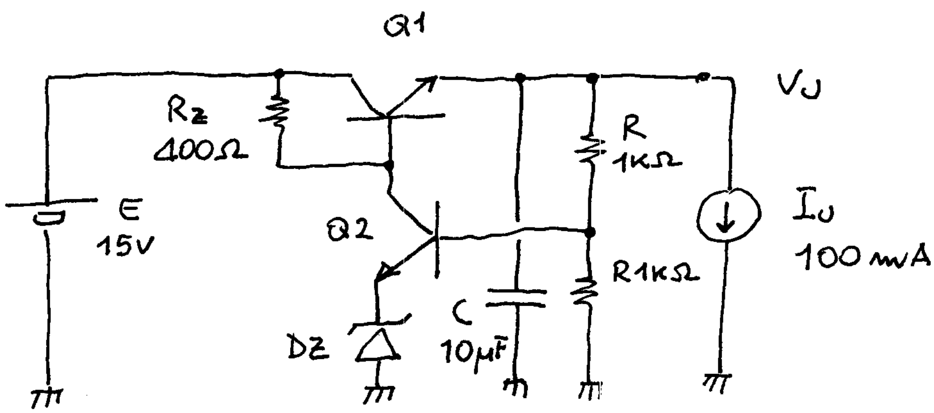
7 punti (4)

Avendo a disposizione diodi e generatori di tensione ideali, realizzare una rete elettrica la cui caratteristica di trasferimento per V_{IN} compresa nell'intervallo ±30 V approssima la radice cubica. Si faccia in modo che la massima corrente erogata dal generatore di ingresso sia pari a 10 mA e che la curva approssimata coincida con quella originale almeno per le tensioni di ingresso corrispondenti ai valori di 0, ±1 V, ±8 V e ±27 V.

ESERCIZIO N°2

7 punti

Determinare il punto di riposo del seguente regolatore di tensione, in cui per lo zener si ha $V_Z = 5{,}3$ V, $r_Z = 100\ \Omega$ @ $I_Z = 10$ mA; $r_{ZK} = 10$ kΩ @ $I_{ZK} = 0{,}1$ mA e per i transistori bipolari $h_{FE} = 100$.



ESERCIZIO N°3

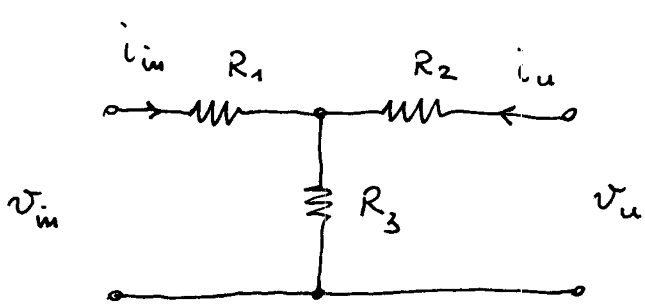
7 punti

Determinare, in continua, i parametri S_V e r_{out} rout del regolatore dell'esercizio precedente. Per il parametro S_V determinare quindi anche la risposta in frequenza e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode. Per i transistori bipolari si assuma $h_{fe} = 100$ e $h_{ie} = 1$ kΩ.

ESERCIZIO N°4

6 punti

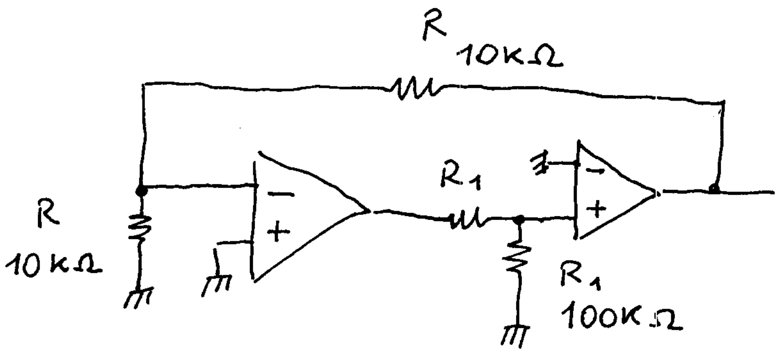
Determinare i 4 parametri g del seguente circuito.



ESERCIZIO N°5

6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento del seguente circuito.



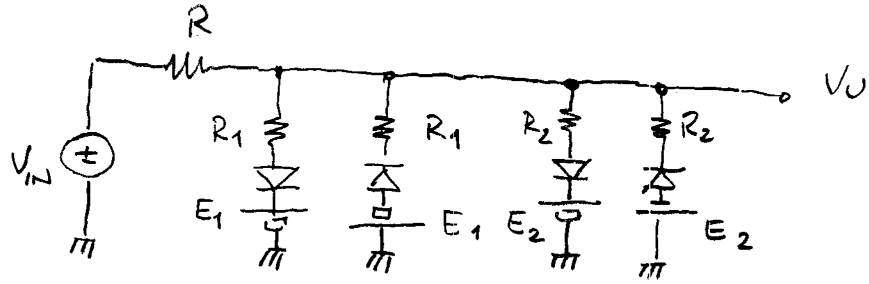
OPAMP uguali

$|V_{IO}| < 1\,mV$

$I_B = 10\,nA$

$|I_O| < 2\,nA$

1 Il circuito più semplice che soddisfa le richieste è



in questo la funzione è dispari e, nel 1° quadrante ha le seguenti caratteristiche

tra $(0,0)$ e $(1,1)$ pendenza $p_0 = 1$ $(R_0 \to \infty)$

tra $(1,1)$ e $(8,2)$ pendenza $p_1 = 1/7$

tra $(8,2)$ e $(27,3)$ pendenza $p_2 = 1/19$

Quindi $E_1 = 1V$; $E_2 = 2V$

$$\frac{1}{1 + R/R_1} = \frac{1}{7} \qquad R_1 = R/6$$

$$\frac{1}{1 + R/(R_1 /\!/ R_2)} = \frac{1}{19} \qquad R_2 = R/12$$

La corrente è massima per $V_{IN} = \pm 30V$
A questo valore corrisponde

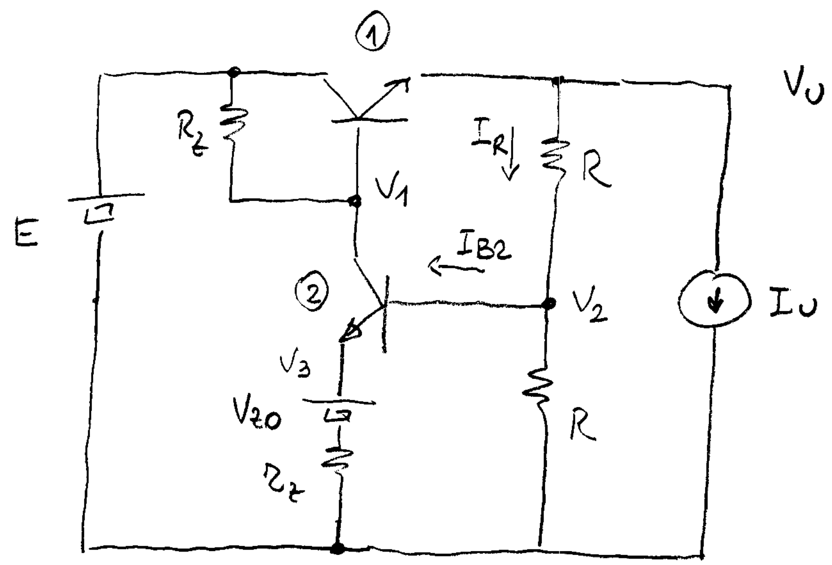
$$V_{U\,MAX} = 3 + \frac{3}{19} = 3{,}158\ V$$

$$R = \frac{V_{IN\,MAX} - V_{U\,MAX}}{I_{MAX}} = 2{,}384\ k\Omega$$

$R_1 = 397\,\Omega$

$R_2 = 199\,\Omega$

(2)



$V_{z0} = 4{,}3\,V$

$r_z = 0{,}1\,k\Omega$

hp: BJT in zona attiva diretta

$$V_2 = V_{z0} + V_{BEon} + r_z(h_{FE}+1)\,I_{B2}$$

$$I_R = I_{B2} + \frac{V_2}{R} = I_{B2}\left[1 + \frac{r_z}{R}(h_{FE}+1)\right] + \frac{V_{z0}+V_{BEon}}{R}$$

$$I_{B1} = \frac{1}{h_{FE}+1}\cdot(I_U + I_R)$$

$$V_U = V_2 + R I_R = 2(V_{z0}+V_{BEon}) + I_{B2}\left[R + 2r_z(h_{FE}+1)\right]$$

$$V_1 = V_U + V_{BEon}$$

$$E = V_1 + R_z(I_{B1} + h_{FE} I_{B2}) \quad \text{da cui}$$

$$E - 2V_{z0} - 3V_{BEon} - \frac{R_z I_U}{h_{FE}+1} - \frac{R_z(V_{z0}+V_{BEon})}{R(h_{FE}+1)} =$$

$$= I_{B2}\left\{R_z h_{FE} + \frac{R_z}{h_{FE}+1}\left[1 + \frac{r_z}{R}(h_{FE}+1)\right] + R + 2r_z(h_{FE}+1)\right\} \quad \text{da cui}$$

$$I_{B2} = \frac{3.884}{61.24} = 63{,}4\,\mu A$$

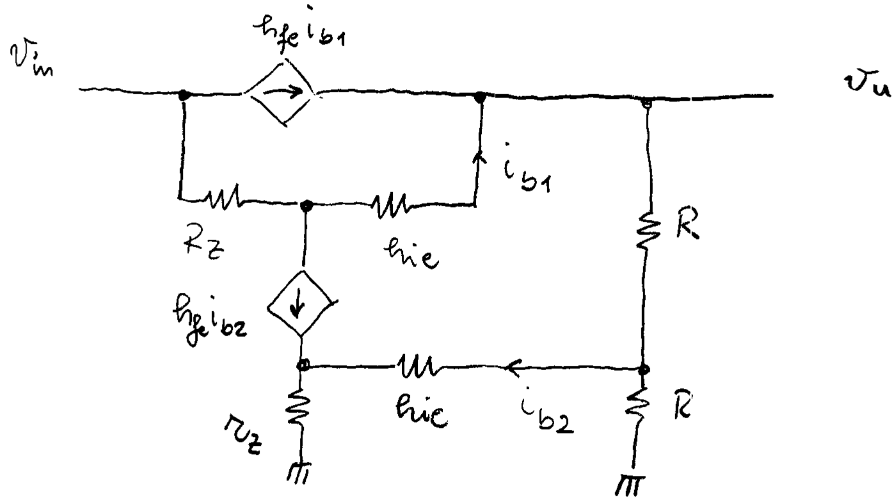
$$V_3 = V_{z0} + r_z(h_{FE}+1)I_{B2} = 4{,}94\,V$$

$V_2 = 5{,}64\,V$

$V_U = 11{,}34\,V$ $\qquad V_{CE1} > 0$ OK

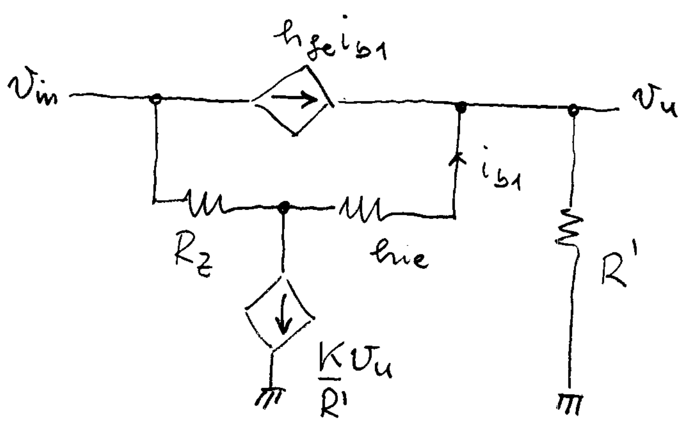
$V_1 = 12{,}04\,V$ $\qquad V_{CE2} > 0$ OK

(3) Per valutare S_v e r_{out} serve il circuito per piccoli segnali. In continua:



$$R' = R + R \,//\, [h_{ie} + r_z(h_{fe}+1)] = 1{,}917 \text{ k}\Omega$$

$$i_{b2} = v_u \, \frac{1}{R'} \cdot \frac{R}{h_{ie} + r_z(h_{fe}+1)} = \frac{K v_u}{R'} \quad \text{con} \quad K = 0{,}09$$



$$v_u = R'(h_{fe}+1)\, i_{b1}$$

$$v_{in} = R_z(1 + K h_{fe} + K)\, i_{b1} + h_{ie}\, i_{b1} + R'(h_{fe}+1)\, i_{b1} = R''\, i_{b1}$$

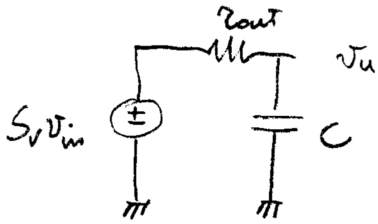
con $R'' = 198{,}7 \text{ k}\Omega$

$$\frac{v_u}{v_{in}} = S_v = \frac{R'(h_{fe}+1)}{R''} = 0{,}975$$

$$i_{cc} = \frac{v_{in}}{R_z + h_{ie}}(h_{fe}+1) \quad \text{da cui}$$

$$r_{out} = \frac{R_z + h_{ie}}{h_{fe}+1} \cdot S_v = 13{,}5\ \Omega$$

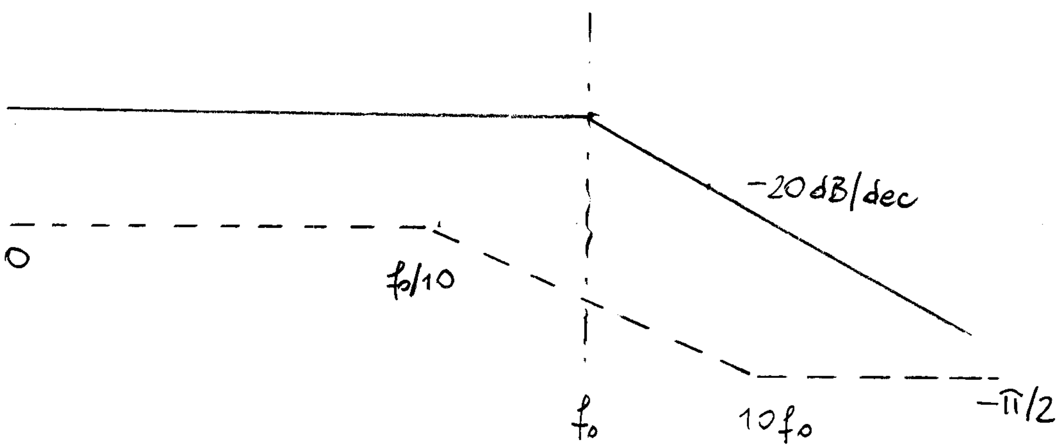
Dal punto di vista dell'uscita si ha, in frequenza



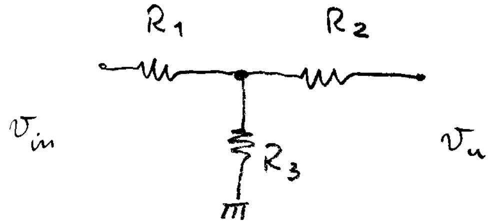
$$v_u = v_{in} \cdot S_v \cdot \frac{1}{s+p}$$

$$p = \frac{1}{C r_{out}} = 7{,}4\ \text{krad} \quad (1{,}18\ \text{kHz})$$

$$S_v = 0{,}975 \qquad (\sim 0\ \text{dB})$$



④



$$\begin{cases} v_{in} = (R_1+R_3)\, i_{in} + R_3\, i_u \\ v_u = R_3\, i_{in} + (R_2+R_3)\, i_u \end{cases}$$

Inverto la matrice e ottengo $\qquad D = R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3$

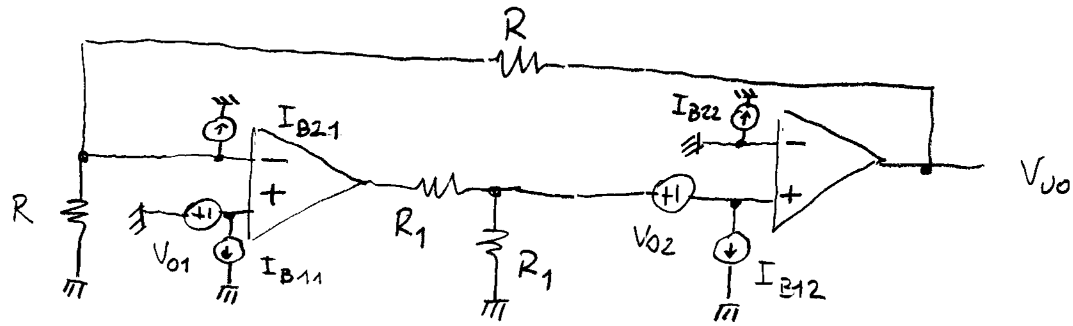
$$\begin{cases} i_{in} = (R_2+R_3)/D\ v_{in} - R_3/D\ v_u \\ i_u = -R_3/D\ v_{in} + (R_1+R_3)/D\ v_u \end{cases}$$

Quindi

$$g_i = \frac{R_2+R_3}{D} \qquad g_r = -\frac{R_3}{D}$$

$$g_f = -\frac{R_3}{D} \qquad g_o = \frac{R_1+R_3}{D}$$

(5) Circuito per lo sbilanciamento



Applicando la sovrapposizione degli effetti e il metodo del cortocircuito virtuale si vede che

I_{B11}, I_{B12}, I_{B22} e V_{O2} non hanno effetto sull'uscita.

Per gli altri due, si ha

$$V_{UO} = -2V_{O1} + R\,I_{B21}$$ che al massimo vale

$$V_{UOMAX} = R\,I_B + R\frac{|I_O|}{2} + 2\,|V_{IO}| = 2{,}11\ mV$$