

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 $\pm V_M$ con $V_M = 30$ V approssima la funzione

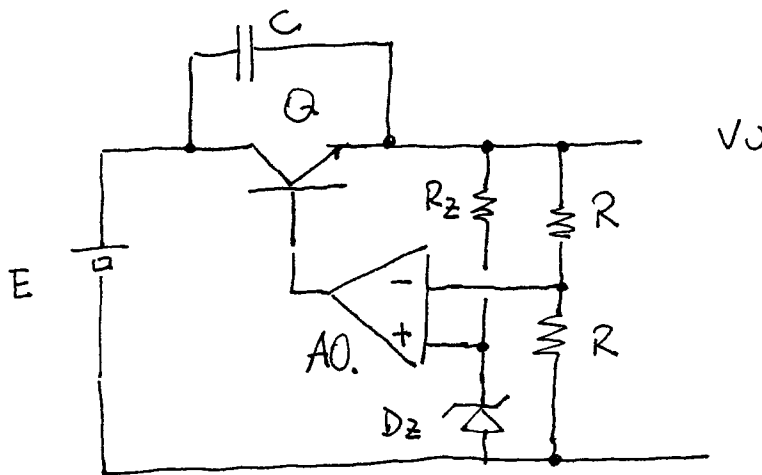
$$V_U = V_M \sin(V_{IN}/V_M)$$

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 per le tensioni di ingresso corrispondenti ai valori di 0, ± 10 V, ± 20 V e ± 30 V. Si usi il minor numero di componenti possibile.

ESERCIZIO N°2

7 punti (3)

Determinare il punto di riposo del seguente regolatore di tensione, in cui per lo zener si ha $V_Z = 4,7$ V, $r_z = 100 \Omega @ I_Z = 10$ mA; $r_{ZK} = 10$ k $\Omega @ I_{ZK} = 0,1$ mA e per il transistor bipolare $h_{FE} = 100$. L'operazionale è ideale.



$R = 1\text{k}\Omega$
 $R_Z = 385 \Omega$
 $C = 1\text{mF}$
 $E = 15\text{V}$

ESERCIZIO N°3

7 punti (4)

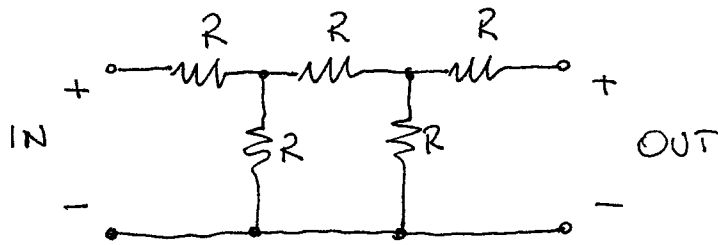
Determinare, in continua, i parametri S_V e r_{out} del regolatore dell'esercizio precedente. Per il parametro S_V determinare quindi anche la risposta in frequenza e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode. Per il transistor bipolare si assuma $h_{fe} = 100$ e $h_{ie} = 1$ k Ω .

In questo esercizio si assume, per l'A.O. una amplificazione finita pari a 1000.

ESERCIZIO N°4

6 punti

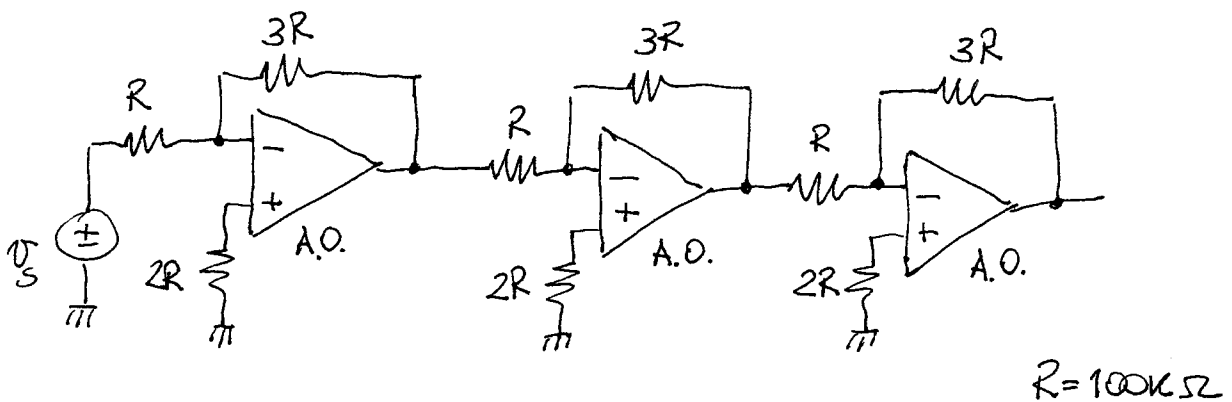
Determinare i 4 parametri g del seguente circuito.



ESERCIZIO N°5

6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento del seguente circuito.



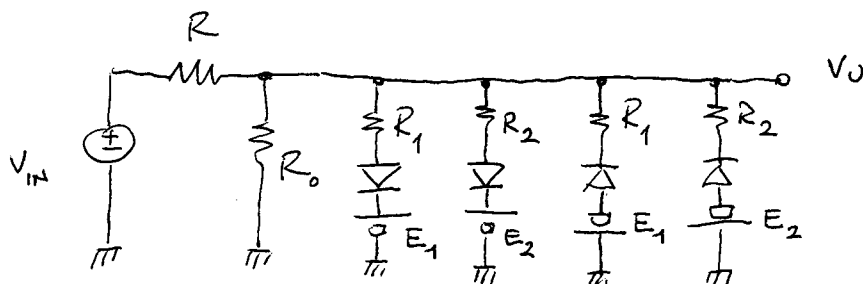
$$|V_{io}| < 1 \text{ mV}$$

$$I_B = 10 \text{ nA}$$

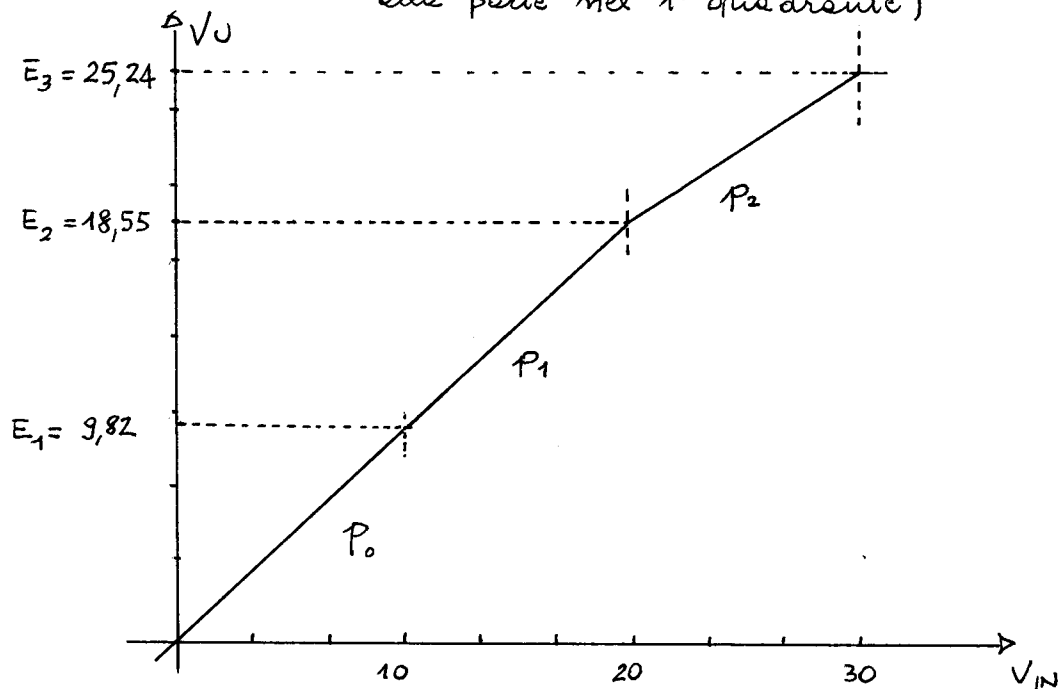
$$|I_o| < 2 \text{ nA}$$

(Operazionali uguali)
e ideali a parte
lo sbilanciamento

- ① Funzione dispersiva
 si può approssimare con 1+2+2 rami (di cui 2+2 simmetrici)



Valuto la spezzata che approssima la funzione (mi limito alla parte nel 1° quadrante)



Quindi

$$E_1 = 9,82V ; E_2 = 18,55V$$

$$R = \frac{V_M - V_M \sin(1)}{I_M} = 476 \Omega ;$$

$$P_0 = 3E_1/V_M = 0,982$$

$$P_1 = 3(E_2 - E_1)/V_M = 0,874$$

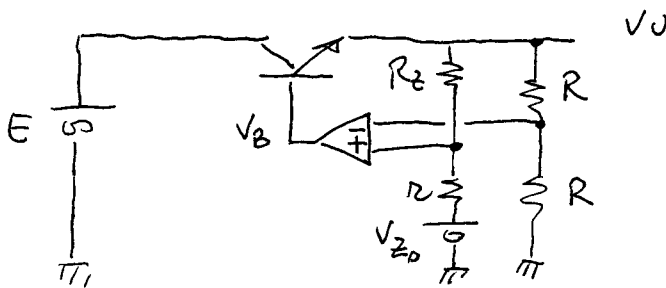
$$P_2 = 3(E_3 - E_2)/V_M = 0,669$$

$$\frac{1}{P_0} = 1 + R G_0 ; R_0 = R \left(\frac{1}{P_0} - 1 \right)^{-1} = 25,35 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + R(G_0 + G_1) ; R_1 = R \left(\frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_0} \right)^{-1} = 3,77 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{P_2} = 1 + R(G_0 + G_1 + G_2) ; R_2 = R \left(\frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_1} \right)^{-1} = 1,36 \text{ k}\Omega$$

- ② Circuito statico - sostituire il modello dello Zener nella sua zona di regolazione



$$V_{Z0} = V_Z - r I_Z = 3,7 \text{ V}$$

$$r = 100 \Omega$$

Applico il metodo del corto-circuito virtuale

$$\frac{V_U}{2} = V_U \cdot \frac{r}{r+R_Z} + V_{Z0} \frac{R_Z}{r+R_Z} \quad \text{da cui}$$

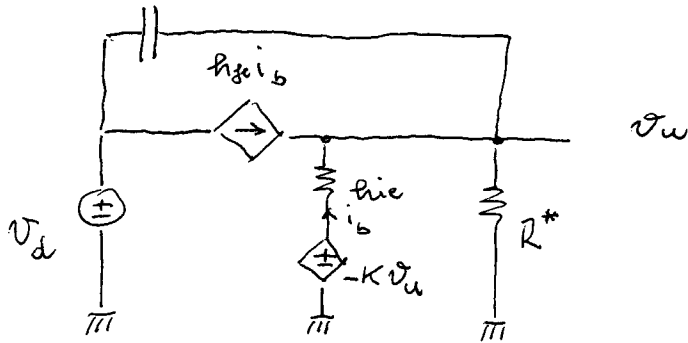
$$V_U = V_{Z0} R_Z \cdot \frac{1}{\frac{r+R_Z}{2} - r} = 10,00 \text{ V}$$

$$V_B = V_U + V_{BE_{on}} = 10,7 \text{ V}$$

$$V_{CE} = E - V_U = 5 \text{ V} \quad (\text{coerente con ZAD})$$

$$I_C = \frac{\beta_{FE}}{\beta_{FE} + 1} \cdot \left\{ V_U \frac{1}{2R} + \frac{V_U - V_{Z0}}{r + R_Z} \right\} = 14,8 \text{ mA}$$

③ Circuito per piccoli segnali



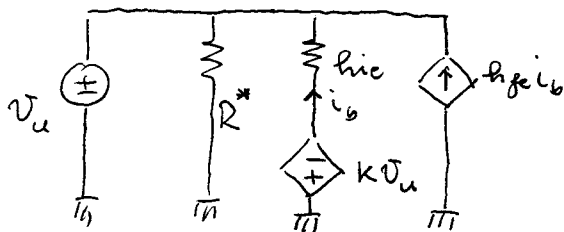
$$R^* = 2R \parallel (R_2 + r) = 326,6 \Omega$$

$$K = A \left(\frac{1}{2} - \frac{100}{485} \right) = 293,8$$

In continua C è un'impedenza infinita e quindi

$$S_V = \frac{v_u}{v_d} = 0$$

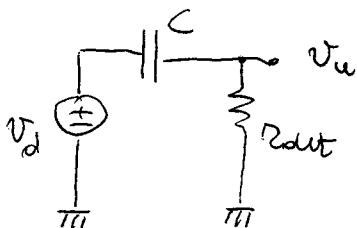
Circuito per r_{out}



$$\frac{i_u}{v_u} = \frac{1}{R^*} + \frac{(1+K)(1+h_{fe})}{h_{ie}}$$

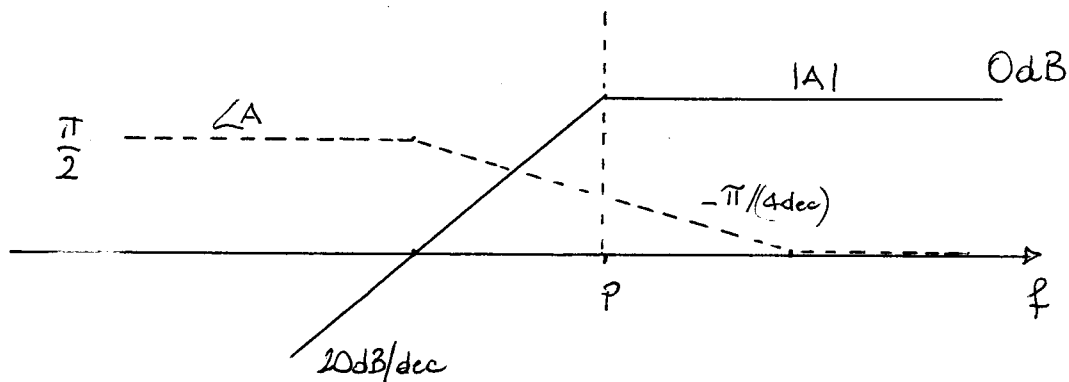
$$r_{out} = 33,6 \text{ m}\Omega$$

Circuito per S_V in frequenza (sdoppiando v_d)

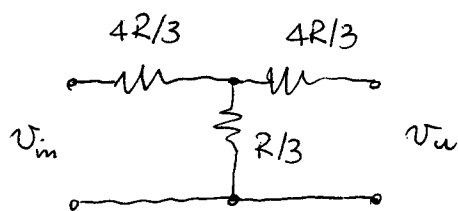


$$S_V = \frac{v_u}{v_d} = \frac{s}{s+p} ; \quad P = \frac{1}{r_{out}C} = 29,8 \text{ Grad/s}$$

$$(4,76 \text{ Hz})$$



④ Applico la trasformazione $\Delta \rightarrow Y$ al triangolo centrale



Per la simmetria

$$g_i = g_o \quad \text{e} \quad g_f = g_r$$

$$g_i = g_o = \frac{1}{4R/3 + (R/3) \parallel (4R/3)} = \frac{1}{R} \cdot \frac{5}{8}$$

$$g_f = g_r = -g_i \cdot \frac{V_{in}}{V_u} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{1}{8}$$

(partizione della corrente che va in uscita)

⑤ Singolo stadio

$$V_o = -4V_{i0} - 2RI_1 \cdot 4 + 3RI_2$$

sostituisco $I_1 = I_B + I_o/2$ e $I_2 = I_B - I_o/2$

$$V_o = -4V_{i0} - 5RI_B - 5,5RI_o \quad \text{da cui}$$

$$V_{oMAX} = 4m - 5m + 1,1m = 0,1mV$$

$$V_{oMIN} = -4m - 5m - 1,1m = -10,1mV$$

Combinazione

$$V_{o0} = +9V_{o1} - 3V_{o2} + V_{o3}$$

$$V_{o0MAX} = 10V_{oMAX} - 3V_{oMIN} = 31,3mV$$

$$V_{o0MIN} = 10V_{oMIN} - 3V_{oMAX} = \underline{\underline{-101,3mV}}$$