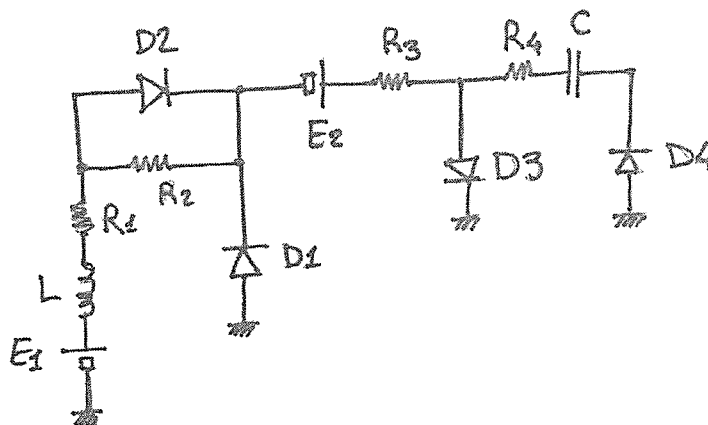


**ESERCIZIO N°1**

7 punti (4)

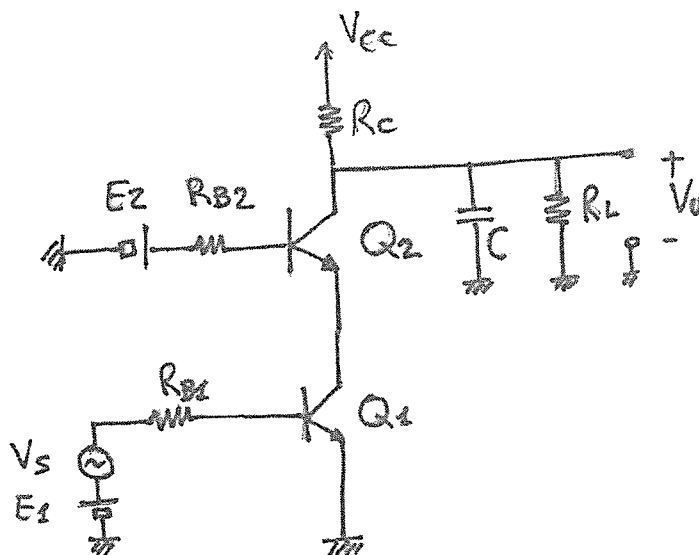
Determinare, nelle condizioni di regime, le correnti in tutti i rami ed il regime di funzionamento dei diodi presenti nel circuito riportato in figura. Per i diodi D1, D2, D3 e D4 sia  $V_\gamma = 0,7\text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 5\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 15\text{ k}\Omega$ ,  $L = 1\text{ }\mu\text{H}$ ,  $C = 3\text{ }\mu\text{F}$ ,  $E_1 = 5,7\text{ V}$ ,  $E_2 = 3,7\text{ V}$ .



**ESERCIZIO N°2**

7 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il punto di riposo dei transistor Q1 e Q2. Per i transistor si consideri  $h_{FE1} = 120$  e  $h_{FE2} = 100$ ,  $R_{B1} = R_{B2} = 100\text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 3\text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 6\text{ k}\Omega$ ,  $C = 5\text{ }\mu\text{F}$ ,  $E_1 = 4,7\text{ V}$ ,  $E_2 = 6,7\text{ V}$ ,  $V_{CC} = 20\text{ V}$ .



**ESERCIZIO N°3**

7 punti (4)

Con riferimento al circuito mostrato nell'esercizio precedente si ricavi la funzione di trasferimento  $A_v(s) = V_U/V_S$  e se ne rappresentino i diagrammi asintotici di Bode del modulo e della fase. Per i transistor Q1 e Q2 si considerino  $h_{fe1} = 300$  e  $h_{fe2} = 260$ ,  $h_{ie1} = h_{ie2} = 4,8\text{ k}\Omega$  e gli altri parametri dei modelli nulli.

## ESERCIZIO N°4

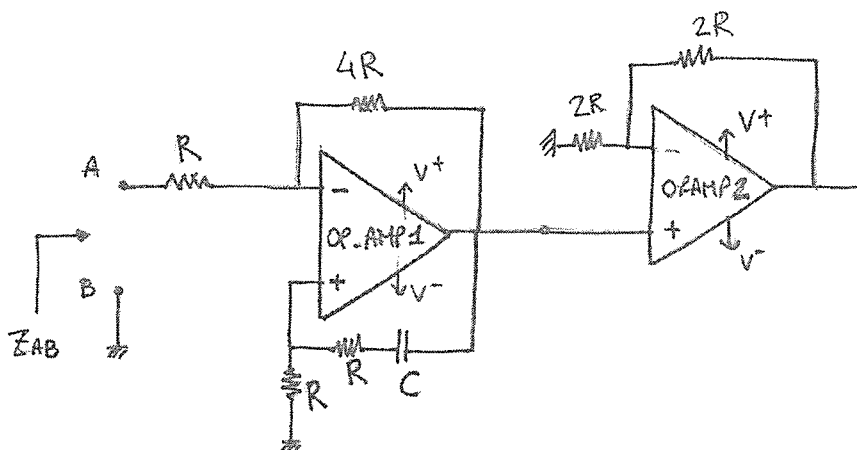
5 punti (4)

Progettare e dimensionare un filtro passa basso con pulsazione di taglio  $\omega_p = 5 \text{ krad/s}$  e guadagno in banda passante pari a 40 dB. Il comportamento del filtro non deve risentire della circuiteria collegata in ingresso ed in uscita al filtro stesso.

## ESERCIZIO N°5

7 punti (4)

Ricavare l'espressione analitica dell'impedenza vista  $Z_{AB}$  tra i nodi A e B del circuito riportato in figura.  $R = 25 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 40 \text{ nF}$ . Si consideri l'amplificatore operazionale OP-AMP\_1 ideale, mentre per l'amplificatore operazionale OP-AMP\_2 siano  $R_{IN} = 50 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{OUT} = 20 \Omega$ ,  $\omega_p = 30 \text{ rad/s}$  e  $A_0 = 100 \text{ dB}$ .

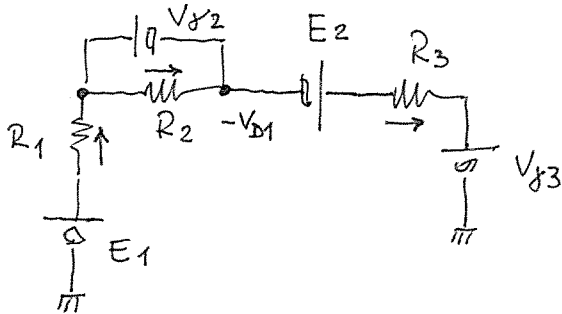


①

Se diodo  $D_4$  è "separato" del circuito, (C aperto) quindi OFF, con corrente nulla.  $I_{D4} = \phi$

Ipotesi:  $D_2, D_3$ : on  
 $D_1$ : off

Risolvero il circuito, dopo aver sostituito il modello di posto dei diodi. (L cortocircuito).



$$I_{R2} = \frac{V_{x2}}{R_2} = 0,14 \text{ mA}$$

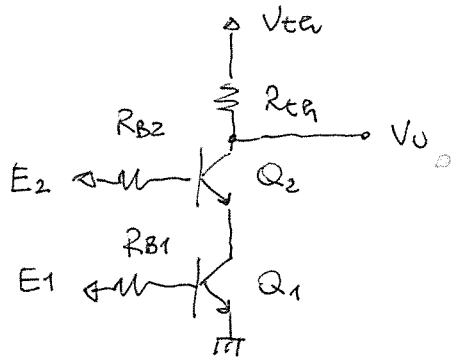
$$I_{R1} = I_{R3} = I_{D3} = \frac{E_1 + E_2 - V_{x2} - V_{x3}}{R_1 + R_3} = 0,40 \text{ mA} \quad (\text{OK } D_3, \text{ on})$$

$$I_{D2} = I_{R1} - I_{R2} = 0,26 \text{ mA} \quad (\text{OK } D_2, \text{ on})$$

$$-V_{D1} = E_1 - V_{x2} - R_1 I_{R1} = 3 \text{ V} \quad (\text{OK } D_1, \text{ in inverse})$$

Ovviamente  $I_{D1} = \phi$ .

2



$$V_{th} = V_{cc} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_C} = 13,333 \text{ V}$$

$$R_{th} = R_L \parallel R_C = 2 \text{ k}\Omega$$

lip: Q1, Q2 z.A.D.

$$I_{B1} = \frac{E_1 - V_{\gamma}}{R_{B1}} = 40 \mu\text{A} ; \quad I_{C1} = h_{FE1} I_{B1} = 4,8 \text{ mA}$$

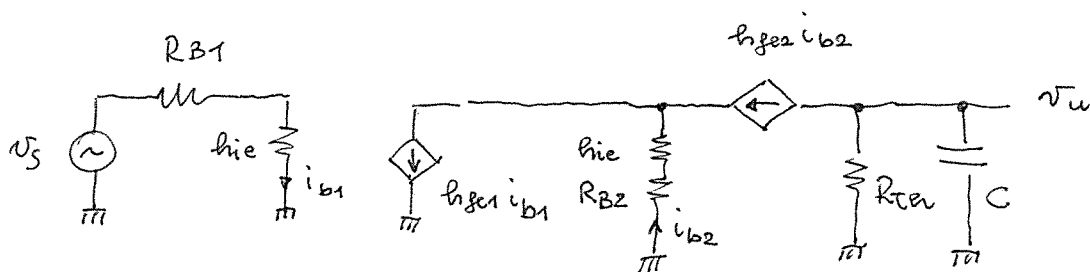
$$I_{E2} = I_{C1} ; \quad I_{B2} = \frac{I_{E2}}{h_{FE2} + 1} = 47,525 \mu\text{A} ; \quad I_{C2} = h_{FE2} I_{B2} = 4,753 \text{ mA}$$

Verifico cu lip.

$$V_{CE1} = V_{C1} = E_2 - R_{B2} I_{B2} - V_{\gamma} = 1,248 \text{ V} \quad (\text{OK})$$

$$V_{CE2} = V_{C2} - V_{C1} = V_{th} - R_{th} I_{C2} - V_{C1} = 2,581 \text{ V} \quad (\text{OK})$$

3 Circuiti per piccoli segnali



$$i_{b1} = v_s \cdot \frac{1}{R_{B1} + h_{ie}} \quad ; \quad i_{b2} = - \frac{h_{fe1}}{h_{fe2} + 1} i_{b1}$$

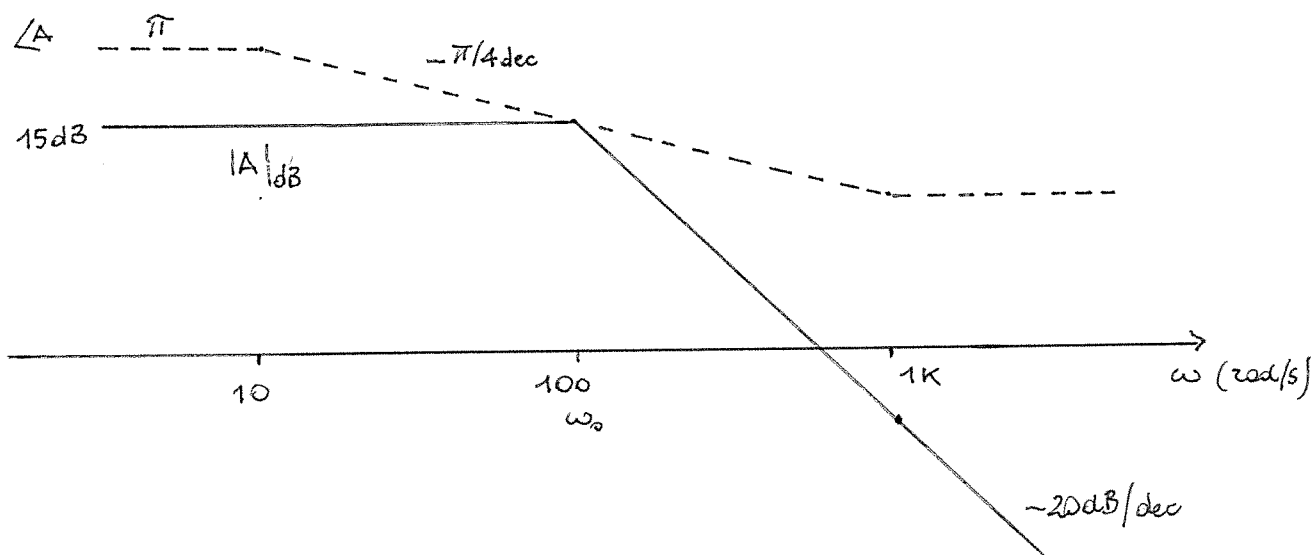
$$v_u = - \frac{h_{fe1} h_{fe2}}{h_{fe2} + 1} \cdot \frac{1}{R_{B1} + h_{ie}} \cdot \frac{R_{te}}{R_{te} C s + 1} v_s$$

$$A_v(s) = - A_o \frac{\omega_o}{s + \omega_o}$$

$$\text{con } \omega_o = \frac{1}{R_{te} C} = 100 \text{ rad/s}$$

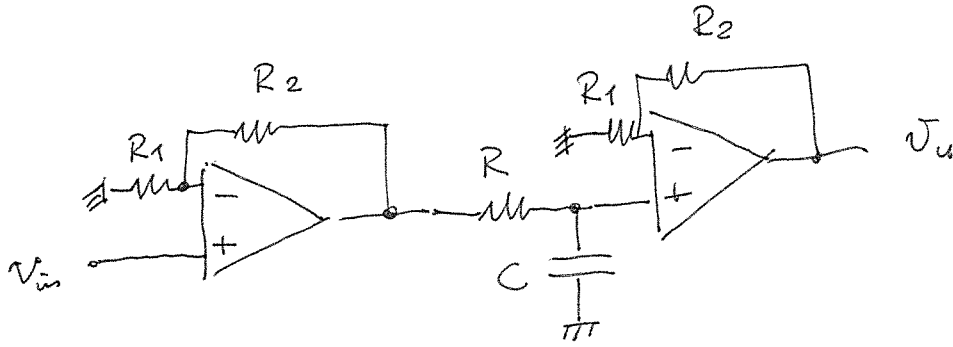
$$A_o = \frac{h_{fe1} h_{fe2}}{h_{fe2} + 1} \cdot \frac{R_{te}}{(R_{B1} + h_{ie})} = 5,703 \quad (15,1 \text{ dB})$$

Diagrammi di Bode



4

40 dB  $\rightarrow A_o = 100$  (espresso in due di 10)



Guadagno

$$1 + \frac{R_2}{R_1} = 10 \quad R_2 = 9k\Omega ; R_1 = 1k\Omega$$

Pulsazione di taglio

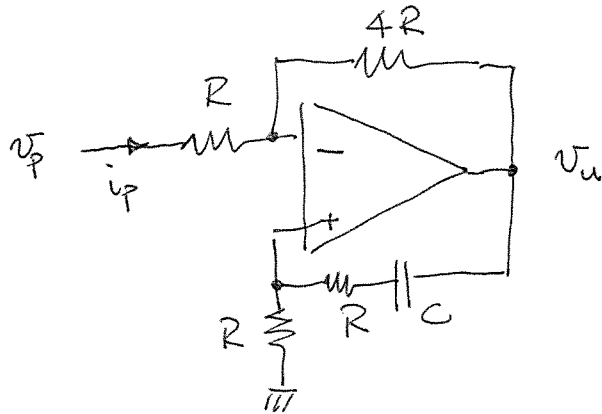
$$\frac{1}{RC} = 5 \text{ krad/s} \quad R \cdot C = 200 \mu\text{s}$$

$$C = 100 \text{ nF} ; R = 2k\Omega$$

Impedenze di ingresso e uscite  $\sim$  ideali, garantite dalle configurazioni dell'OP-AMP.

5

Il secondo stadio NON ha alcun effetto sulla  $Z_{AB}$ .



$$Z_{AB} = \frac{v_p}{i_p}$$

$$i_p = \frac{v_p - v_u}{5R}$$

Per determinare  $v_u$  si usa il metodo del c.c.v.

$$v_u \frac{R}{2R + \frac{1}{Cs}} = v_u + 4R \cdot \frac{v_p - v_u}{5R}$$

$$v_u \left( \frac{RCS}{2RCS + 1} - \frac{1}{5} \right) = \frac{4}{5} v_p$$

$$v_u \frac{5RCS - 2RCS - 1}{2RCS + 1} = 4v_p ; \quad v_u = v_p \cdot 4 \cdot \frac{2RCS + 1}{3RCS - 1}$$

$$i_p = \frac{v_p}{5R} \cdot \frac{3RCS - 1 - 8RCS - 4}{3RCS - 1} = \frac{v_p}{5R} \cdot \frac{-5RCS - 5}{3RCS - 1}$$

$$Z_{AB} = R \frac{\omega_0 + 5}{\omega_0 - 35}$$

con  $R = 25k\Omega$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = 1k\text{rad/s}$$

(in DC,  $Z_{AB} = R$ , come previsto)