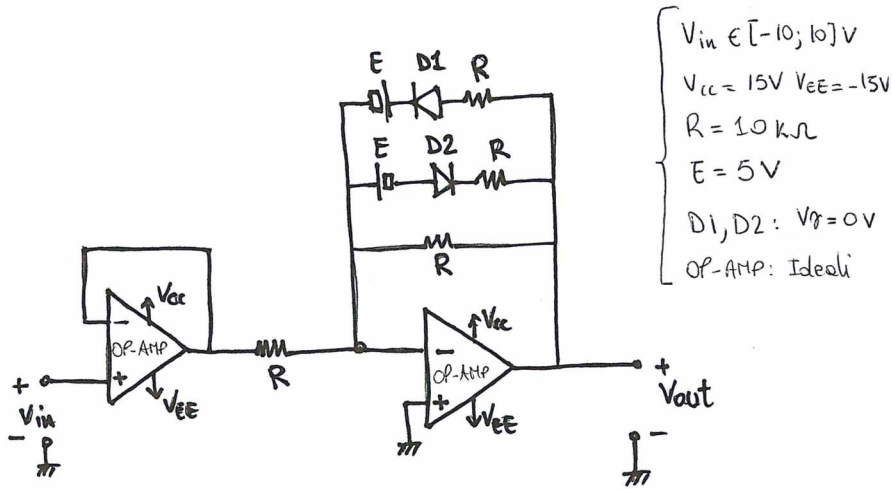


SCHEMA A16_06		Data: 1 Luglio 2016
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

6 punti (4)

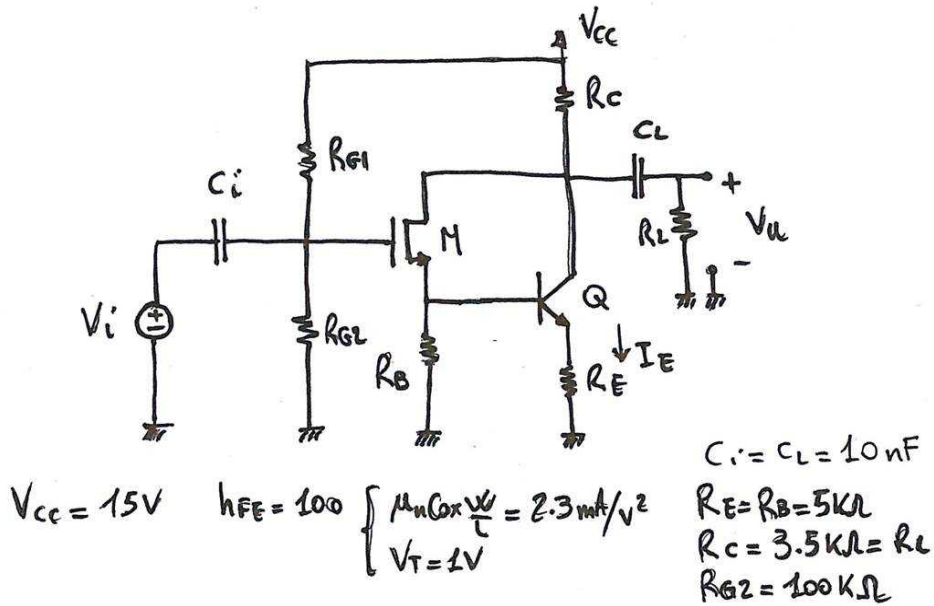
Ricavare e disegnare la caratteristica statica di ingresso/uscita del circuito mostrata in figura per tensioni in ingresso comprese nell'intervallo $[-10, 10]V$.



ESERCIZIO N°2

8 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il valore della resistenza R_{G1} affinché nel punto di riposo dei transistor M e Q la corrente di $I_E = 1 \text{ mA}$.



ESERCIZIO N°3

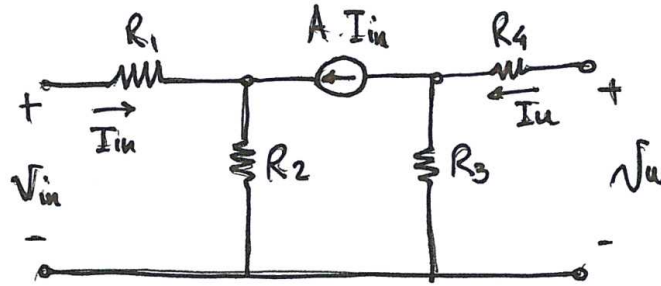
9 punti (4)

Nel circuito mostrato nell'esercizio precedente si ricavi la funzione di trasferimento $A_V(s) = V_U/V_I$ e se ne rappresenti il diagramma di Bode (asintotico) del modulo. Per i transistor M e Q si considerino $g_m = 2 \text{ mS}$, $h_{ie} = 4.8 \text{ k}\Omega$, $h_{fe} = 100$ ed $h_{oe} = 0 \text{ S}$, mentre per R_{G1} si assuma il valore di $95 \text{ k}\Omega$.

ESERCIZIO N°4

5 punti (4)

Si ricavino i parametri h del circuito mostrato in figura.

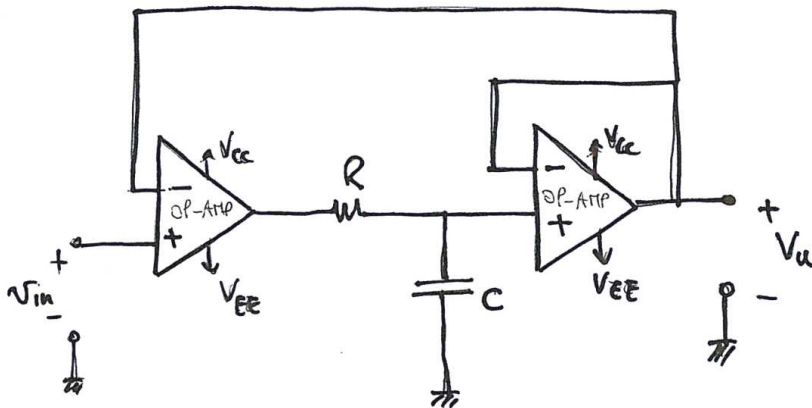


$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$
$$A = 5$$

ESERCIZIO N°5

5 punti (4)

Ricavare il massimo sbilanciamento in uscita del circuito mostrato in figura. Si considerino gli amplificatori operazionali ideali.



$$R = 1 \text{ k}\Omega, C = 1 \text{ nF}$$

$$V_{io} = 80 \mu\text{V} \quad I_B = 120 \text{ nA}, I_{io} = 30 \text{ nA}$$

• Es 1 :

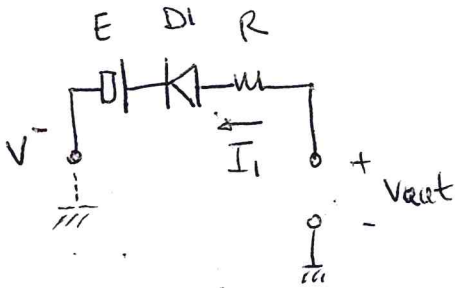
• Maglie per D1 : $-E - V_{D1} - RI_1 + V_{out} = 0$

$$V_{D1} = V_{out} - E - RI_1$$

• Condizione per D1 OFF :

$$I_1 = 0 \text{ @ } V_{D1} < 0$$

$$V_{D1} = V_{out} - E < 0 \rightarrow \underline{\underline{V_{out} < E}}$$



• Maglie per D2 : $E + V_{D2} + RI_2 + V_{out} = 0$

$$V_{D2} = -V_{out} - E - R \cdot I_2$$

• Condizione per D2 OFF :

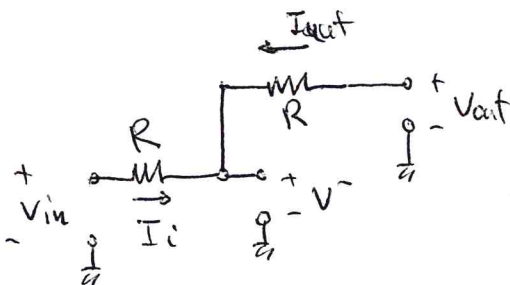
$$I_2 = 0 \text{ @ } V_{D2} < 0$$

$$V_{D2} = -V_{out} - E < 0 \rightarrow \underline{\underline{V_{out} > -E}}$$

• Analisi

1) $V_{in} \geq 0$ Ip.: D1 OFF

1.1) $0 \leq V_{in} \leq E$ Ip.: D2 OFF



$$I_i + I_{out} = 0$$

$$\frac{V_{in}}{R} + \frac{V_{out}}{R} = 0 \rightarrow$$

$V_{out} = -V_{in}$

$$\underline{-E \leq V_{out} < 0} \rightarrow \text{Vérifier entre les } \underline{\underline{2}} \text{ hypothèses}$$

$$1.2) \quad \underline{V_{in} > E} \quad \text{Ip. : } \underline{D_2 \text{ ON}}$$

$$I_i + I_{out} = I_2$$

$$E + V_{D2} + R I_2 + V_{out} = 0 \quad @ \quad V_{D2} = 0 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{-V_{out} - E}{R}$$

$$\frac{V_{in}}{R} + \frac{V_{out}}{R} = -\frac{V_{out}}{R} - \frac{E}{R}$$

$$\boxed{V_{out} = -\frac{V_{in}}{2} - \frac{E}{2}}$$

$$\underline{-\frac{3}{2}E \leq V_{out} < -E} \rightarrow \text{Vérifier entre les } \text{hypothèses}$$

$$2) \quad \underline{V_{in} < 0} \quad \text{Ip. : } \underline{D_2 \text{ OFF}}$$

$$2.1) \quad \underline{0 > V_{in} > -E} \quad \text{Ip. : } \underline{D_1 \text{ OFF}}$$

$$I_i + I_{out} = 0$$

$$\frac{V_{in}}{R} + \frac{V_{out}}{R} = 0 \rightarrow$$

$$\boxed{V_{out} = -V_{in}}$$

$$\underline{-E \leq V_{out} < 0} \rightarrow \text{Vérifier entre les } \text{hypothèses}$$

$$2.2) \quad \underline{V_{in} < -E} \quad \text{Ip. : } \underline{D_1 \text{ ON}}$$

$$I_i + I_{out} + I_1 = 0$$

$$-E - V_{oi} - R I_1 + V_{out} = 0 \quad @ \quad V_{oi} = 0 \text{ V}$$

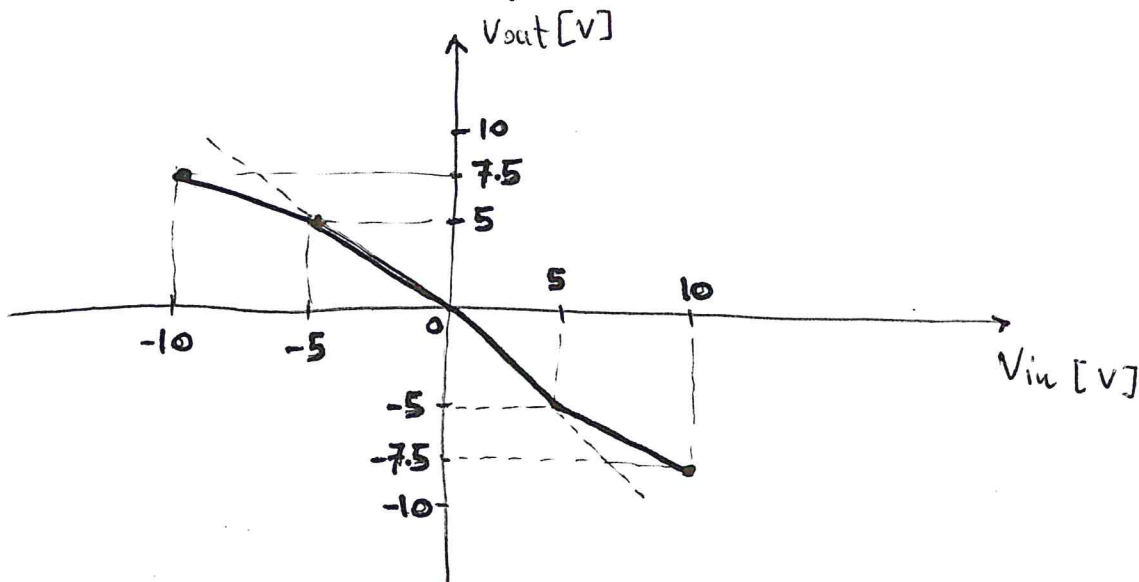
$$I_1 = \frac{V_{out} - E}{R}$$

$$\frac{V_{in}}{R} + \frac{V_{out}}{R} + \frac{V_{out} - E}{R} = 0$$

$$V_{out} = -\frac{V_{in}}{2} - \frac{E}{2}$$

$E < V_{out} < \frac{3E}{2} \rightarrow$ Verificare entrambe le ipotesi

• Caratteristica statica ingresso/uscita:



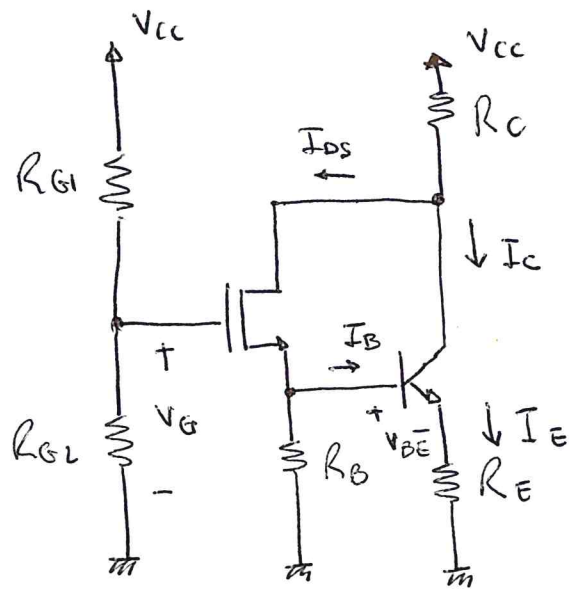
_____ x _____

• Es 2;

Ip. : M in saturazione e Q in ZAD

$$I_B = \frac{I_E}{h_{FE} + 1} = \frac{1 \text{ mA}}{101} \approx 9.9 \mu\text{A}$$

$$I_{DS} = I_B + \frac{V_{BEON} + R_E I_E}{R_B} = 9.9 \mu\text{A} + \frac{0.7 \text{ V} + 5 \text{ k}\Omega \cdot 1 \text{ mA}}{5 \text{ k}\Omega} \approx 1.15 \text{ mA}$$



$$I_{os} = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 \rightarrow V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{2I_{os}}{K}}$$

$$V_{GS} = 1V + \sqrt{\frac{2 \cdot 1.15mA}{2.3 mA/V^2}} = 1V + 1V = 2V$$

$$V_S = V_{BEON} + R_E I_E = 5.7V$$

$$V_G = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} \cdot V_{CC}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} \cdot V_{CC} - 5.7V = 2V$$

$$R_{G1} = R_{G2} \cdot \frac{V_{CC} - 7.7V}{7.7V} = 100k\Omega \cdot \frac{15V - 7.7V}{7.7V} \approx 95k\Omega$$

$R_{G1} = 95k\Omega$

• Verifica ipotesi:

$$V_E = R_E \cdot I_E = 5V$$

$$I_C = \frac{h_{FE}}{h_{FE} + 1} \cdot I_B \approx 0.99mA$$

$$V_C = V_{CC} - R_C [I_{os} + I_C] = 15V - 3.5k\Omega [1.15mA + 0.99mA]$$

$$V_C = 7.5V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 7.5V - 5V = \underline{2.51V} > 0 \text{ OK ZAD}$$

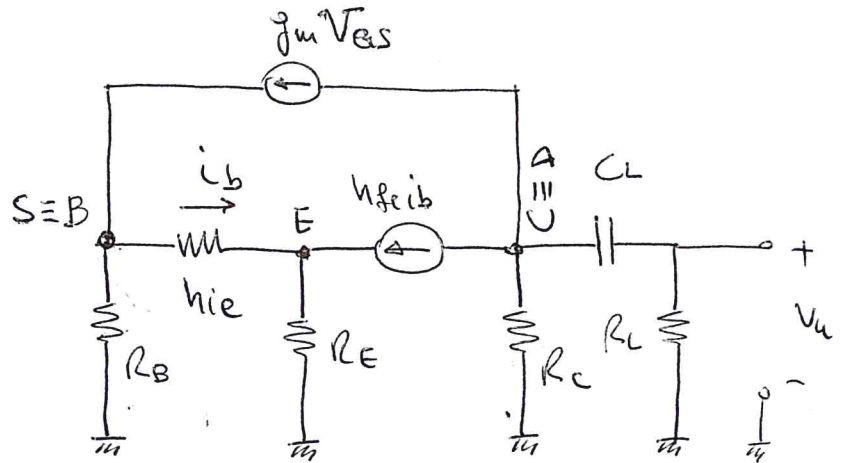
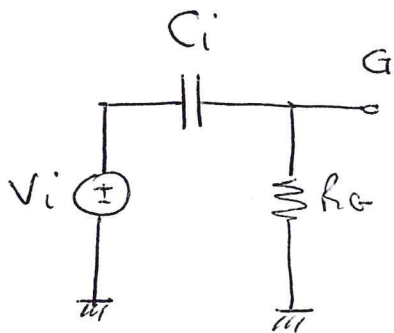
$$V_D = V_C = 7.51V$$

5

$$V_{DS} = V_D - V_S = 7.51V - 5.7V = 1.81V$$

$$V_{DS} > V_{DS} - V_T = 2V - 1V = 1V \quad \text{OK saturation}$$

• Es 3



$$R_G = R_{G1} \parallel R_{G2} \cong 48.72 \text{ k}\Omega$$

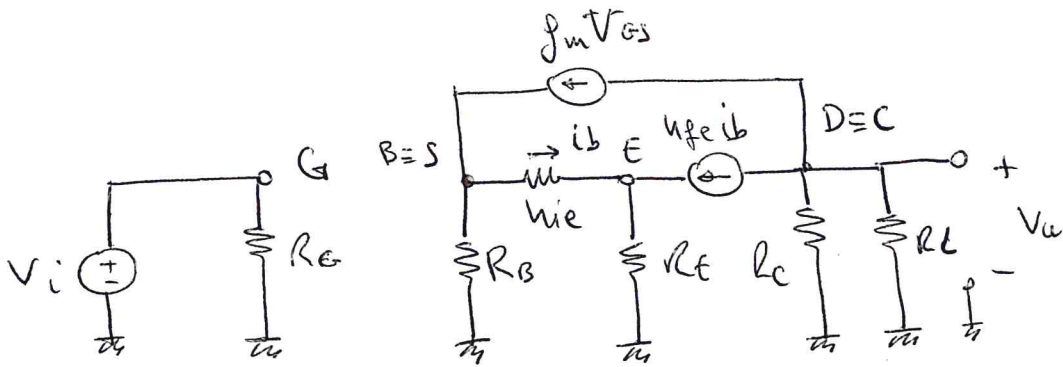
• Due condensatori C_i e C_L quindi due possibili singolarità e zeri per la funzione di trasferimento $A_v = V_u/V_i$.

• C_i \rightarrow zero nell'origine (disaccoppio ingresso)
pds alle pulsazzone:

$$\omega_{p1} = \frac{1}{R_G \cdot C_i} \cong 2,053 \text{ krad/s}$$

• C_L \rightarrow zero nell'origine (disaccoppio uscita)
pds alle pulsazzone:

$$\omega_{p2} = \frac{1}{C_L(R_L + R_C)} \cong 14,286 \text{ krad/s}$$



$$V_G = V_i$$

$$V_u = - (R_c \parallel R_L) \cdot (h_{fe} i_b + g_m V_{Gs})$$

$$V_s = [h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)] \cdot i_b \rightarrow i_b = \frac{V_s}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)}$$

$$V_s = R_B [g_m V_{Gs} - i_b]$$

$$V_s = g_m R_B \cdot V_G - R_B g_m V_s - \frac{V_s \cdot R_E}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)}$$

$$V_s = \frac{g_m R_B}{1 + g_m R_B + \frac{R_B}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)}} \cdot V_G \approx 0.908 \cdot V_G$$

$$i_b = \frac{\alpha}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)} \cdot V_G$$

$$V_u = - (R_c \parallel R_L) \cdot \left[\frac{h_{fe} \cdot \alpha}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)} + g_m (1 - \alpha) \right] V_G$$

$$A_{oo} = \frac{V_u}{V_i} \Big|_{\infty} = - (R_c \parallel R_L) \cdot \left[\frac{h_{fe} \cdot \alpha}{h_{ie} + R_E(h_{fe} + 1)} + g_m (1 - \alpha) \right]$$

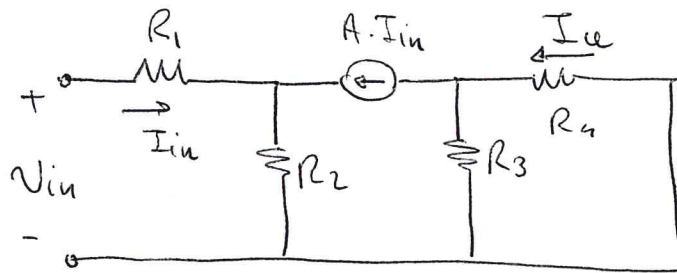
$$A_{oo} = - 0,633$$

Es 4

- Equazioni modello equivalente e parametri h:

$$\begin{cases} I_u = h_f \cdot I_{in} + h_o \cdot V_u \\ V_{in} = h_i \cdot I_{in} + h_r \cdot V_u \end{cases}$$

- Determinazione dei parametri h con $V_u = 0$:



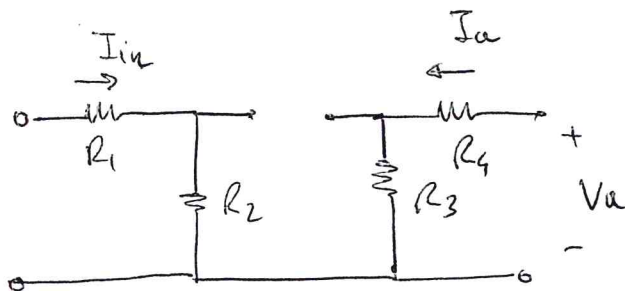
$$I_u = A \cdot I_{in} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} \rightarrow h_f = \frac{I_u}{I_{in}} \Big|_{V_u=0} = \frac{A \cdot R_3}{R_3 + R_4} = 2,5$$

$$V_{in} = R_1 \cdot I_{in} + (1+A) R_2 I_{in} =$$

$$= [R_1 + (1+A) R_2] \cdot I_{in} \rightarrow h_i = \frac{V_{in}}{I_{in}} \Big|_{V_u=0} = R_1 + (1+A) R_2 =$$

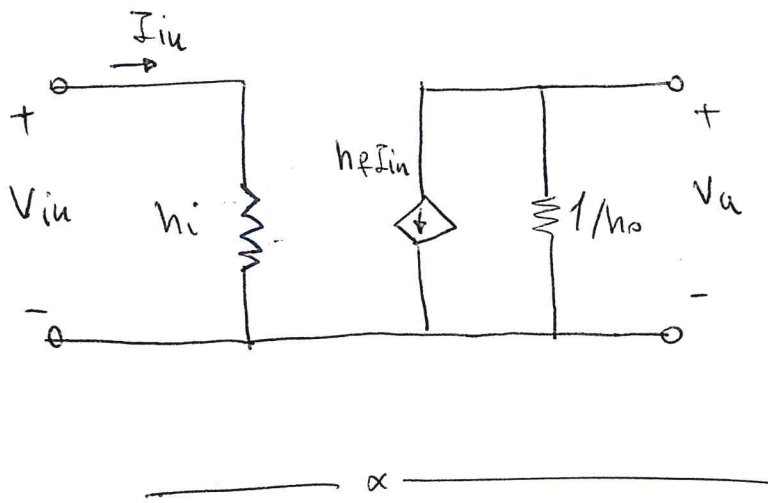
$$= 70 \text{ k}\Omega$$

- Determinazione dei parametri h con $I_{in} = 0$

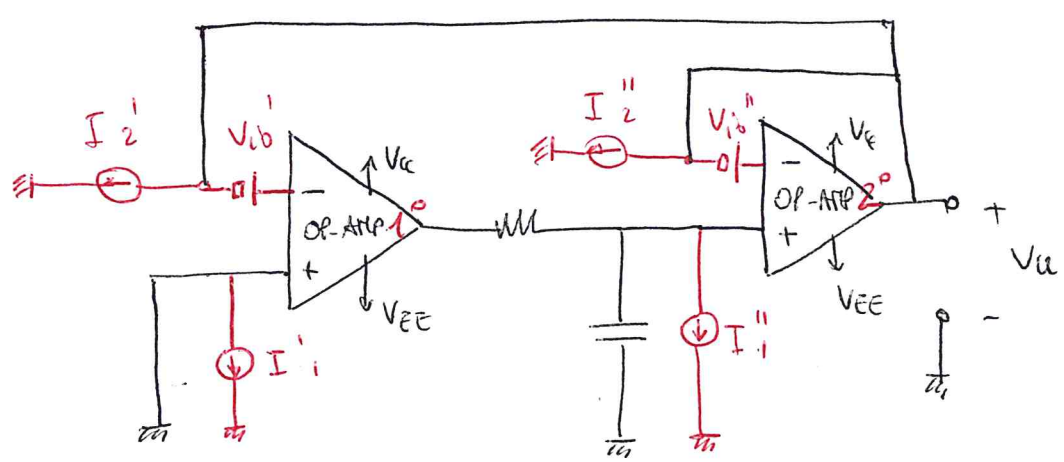


$$I_u = \frac{V_u}{R_3 + R_4} \rightarrow h_o = \frac{I_u}{V_u} \Big|_{I_{in}=0} = \frac{1}{R_3 + R_4} = 50 \mu\text{S}$$

$$V_{in} = 0 \rightarrow h_r = \frac{V_{in}}{V_u} \Big|_{I_{in}=0} = 0$$



Es 5



- PSE : (considers prime op-amp e poi di OP-AMP 2° e poi di OP-AMP 1°)
 - I generatori I_1'' , I_2'' , V_{1b}'' non producono nessun effetto sull'uscita in quanto per il C.C.V. sul primo OP-AMP si ha (quando non efiscano I_1' , I_2' e V_{1b}')

$$V^{+1} = V^{-1} = V_u$$

$$V^{+1} = 0 \rightarrow V_u = 0$$

- I_1' non produce nessun effetto su V_u
- I_2' " " " " " " " " ($V^{+1} = 0 \rightarrow V_u = 0$)
- $V_{1b}' \rightarrow V_u = -V_{1b}' + V^{-1} = -V_{1b}' + V^{+1} = -V_{1b}'$

• Au conclusion :

114

$$V_a = -V_{io}' = \pm 80 \mu V$$

_____ κ _____