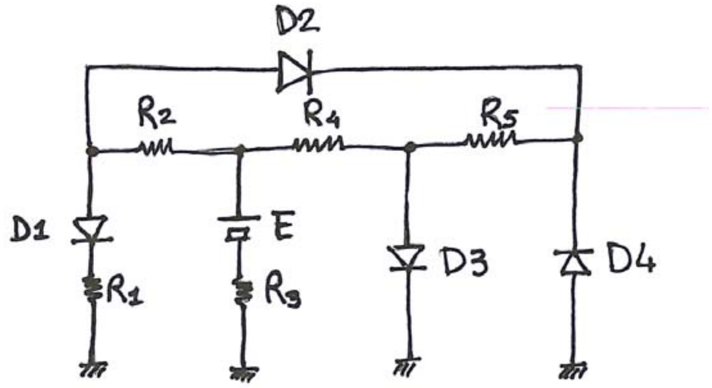
SCHEDA **A16_07**		Data: **22 Luglio 2016**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

5 punti (4)

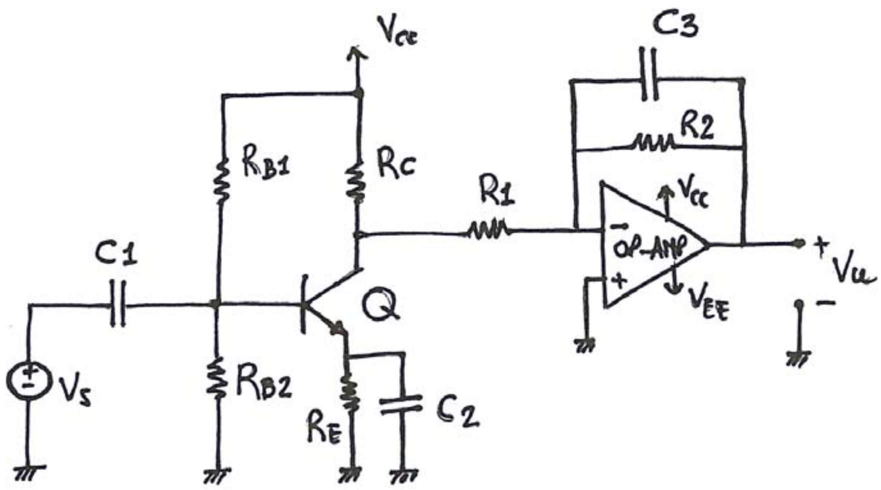
Si calcolino le correnti nei rami e le tensioni nei nodi riferite al comune nel seguente circuito. Si considerino i diodi ideali con $V\gamma$ = 0 V, E = 6 V, $R_1 = R_4 = R_5$ = 3 kΩ ed $R_2 = R_3$ = 1,5 kΩ.



ESERCIZIO N°2

8 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il punto di riposo del transistor Q e la V_U a riposo. Si considerino l'amplificatore operazionale ideale, $V_{CC} = -V_{EE}$ = 12 V, $R_{B1} = R_{B2}$ = 400 kΩ, $R_E = R_C$ = 5 kΩ, $R_1 = R_2$ = 50 kΩ, C_1 = 500 nF, C_2 = 200 μF, C_3 = 54 pF ed h_{FE} = 200 per Q.



ESERCIZIO N°3

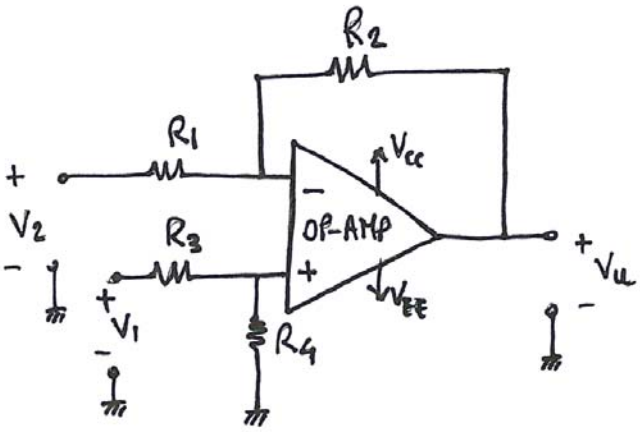
9 punti (4)

Nel circuito mostrato nell'esercizio precedente si ricavi il la funzione di trasferimento Av(s) = V_U/V_S e se ne rappresenti il diagramma di Bode (asintotico) del modulo. Per il transistor Q si considerino h_{fe} = 200, h_{ie} = 4,8 kΩ ed h_{oe} = 0 S.

ESERCIZIO N°4

6 punti (4)

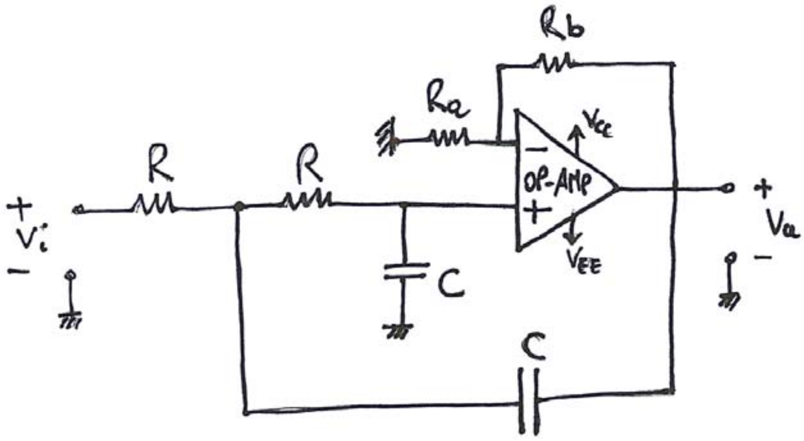
Si determini il CMRR del circuito in figura essendo $R_1 = R_3 = R_4 = 35$ kΩ, $R_2 = 35{,}4$ kΩ e l'amplificatore operazionale ideale.



ESERCIZIO N°5

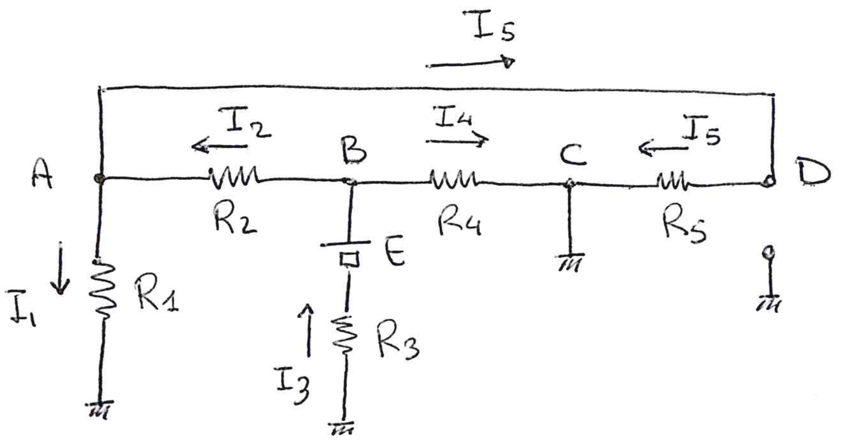
5 punti (4)

Ricavare il massimo sbilanciamento in uscita del circuito mostrato in figura. Si consideri l'amplificatore operazionale ideale. Si considerino R = 22 kΩ, C = 74 pF, $R_a = R_b = 45$ kΩ, $V_{io} = 750$ μV, $I_B = 80$ nA ed $I_{io} = 20$ nA.



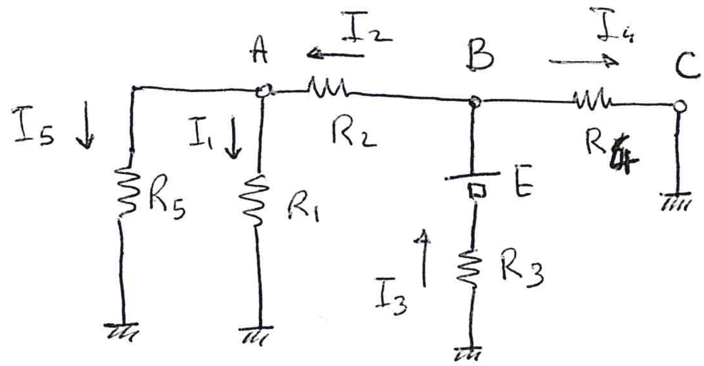
Es 1

* <u>Ipotesi di lavoro</u>: $\begin{cases} D1,\ D2 \text{ e } D3 \ \ ON \\ D4 \ \ OFF \end{cases}$



$$\boxed{V_A \equiv V_D}$$

$$\boxed{V_C = 0\ V}$$



* Calcolo delle correnti dell'analisi del circuito:

- $I_3 = \dfrac{E}{R_3 + R_4 // [R_2 + (R_1 // R_5)]}$

  $I_3 = \dfrac{6\,V}{3\,K\Omega} = 2\,mA$

  $$\boxed{I_3 = 2\,mA}$$

- $V_B = E - R_3 \cdot I_3 =$

  $= 6V - 1.5K\Omega \cdot 2mA$

  $$\boxed{V_B = 3V}$$

- $I_4 = \dfrac{V_B}{R_4} = \dfrac{3V}{3K\Omega} \rightarrow \boxed{I_4 = 1\,mA}$

- $I_3 = I_2 + I_4 \longrightarrow I_2 = I_3 - I_4 = 2mA - 1mA \longrightarrow \boxed{I_2 = 1\,mA}$

- $I_1 = \dfrac{R_5}{R_1 + R_5} \cdot I_2 = \dfrac{3K\Omega}{3K\Omega + 3K\Omega} \cdot 1\,mA \longrightarrow \boxed{I_1 = 0{,}5\,mA}$

- $I_2 = I_1 + I_5 \longrightarrow I_5 = I_2 - I_1 \longrightarrow \boxed{I_5 = 0{,}5\,mA}$

- $$V_A = \frac{R_2 // R_5}{R_1 // R_5 + R_2} \cdot V_B = \frac{1{,}5\,k\Omega}{1{,}5\,k\Omega + 1{,}5\,k\Omega} \cdot 3V$$

$$\boxed{V_A = 1{,}5\ V}$$

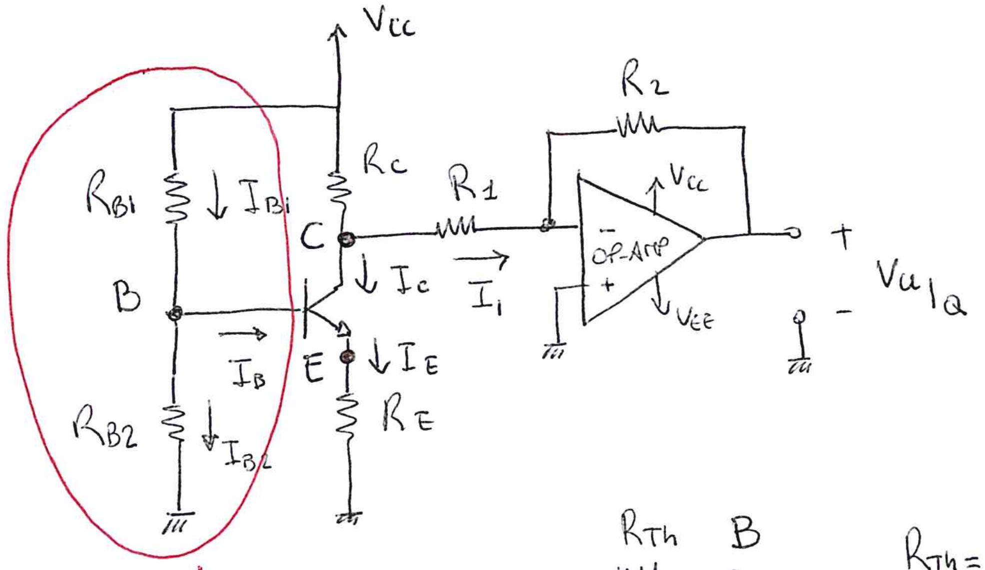
* Verifica dell'ipotesi di lavoro:

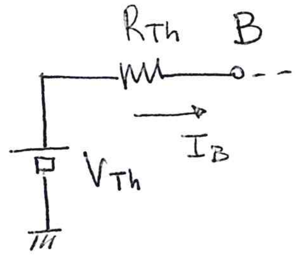
- D1 percorso della corrente I1 nel verso appropriato per la sua accensione.
- D2 percorso della corrente I5 nel verso appropriato per la sua accensione.
- D3 percorso della corrente $I_4 + I_5$ nel verso appropriato per la sua accensione.
- D4 ha ai suoi capi una tensione $V_{D4} = -V_D$ ovvero $V_{D4} = -1{,}5\ V$ quindi compatibile con la sua interdizione.

———— x ————

Es 2

* Ipotesi di lavoro: Q in ZAD





$R_{Th} = R_{B1} // R_{B2} = 200k\Omega$

$V_{Th} = \frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} \cdot V_{cc} = 6V$

- $-V_{Th} + R_{Th} \cdot I_{B_Q} + V_{BE} + R_E \cdot I_{E_Q} = 0$

$I_{E_Q} = (h_{FE}+1) \cdot I_{B_Q}$

$$I_{B_Q} = \frac{V_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + R_E(h_{FE}+1)} = \frac{6V - 0{,}7V}{200k\Omega + 5k\Omega(200+1)}$$

$$\boxed{I_{B_Q} \cong 4{,}398\ \mu A}$$

$I_{EQ} = (h_{FE}+1) I_{BQ} \rightarrow \boxed{I_{EQ} \cong 0{,}884\ mA}$

$I_{CQ} = h_{FE} \cdot I_{BQ} \rightarrow \boxed{I_{CQ} \cong 0{,}880\ mA}$

- $V_E = R_E \cdot I_E = 5k\Omega \cdot 0.884\ mA = 4.42\ V$

- $I_c + I_1 = \frac{V_{cc} - V_c}{R_c}$

$I_1 = \frac{V_c}{R_1}$ per il C.C.V : $V^+ = 0V$ e $V^+ = V^-$

$$I_c + \frac{V_c}{R_1} = \frac{V_{cc}}{R_c} - \frac{V_c}{R_c}$$

$$V_c\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_c}\right] = \frac{V_{cc}}{R_c} - I_c \rightarrow \frac{V_c}{R_1 /\!/ R_c} = \frac{V_{cc}}{R_c} - I_c$$

$$V_c = \frac{R_1 /\!/ R_c}{R_c} \cdot V_{cc} - (R_1 /\!/ R_c) \cdot I_c$$

$$V_c = \frac{4{,}54\,k\Omega}{5\,k\Omega} \cdot 12\,V - 4{,}54\,k\Omega \cdot 0.880\,mA \cong 6{,}91\,V$$

* Verifica ipotesi di lavoro:

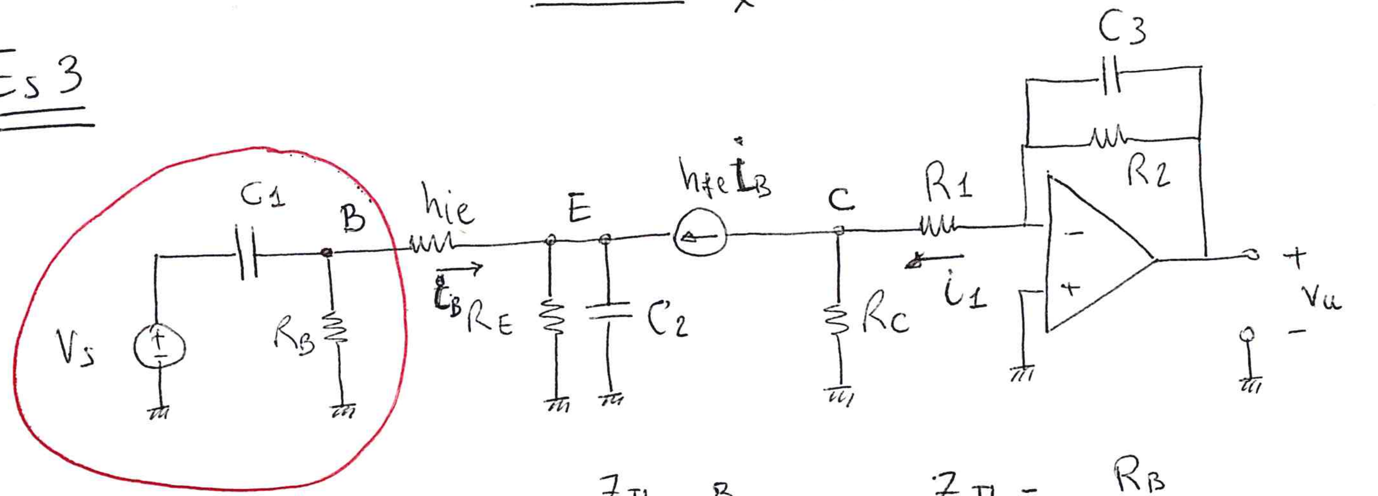
$$V_{CE} = V_c - V_E = 6{,}91\,V - 4{,}42\,V \cong 2{,}49\,V \quad \underline{\text{OK ZAD}}$$

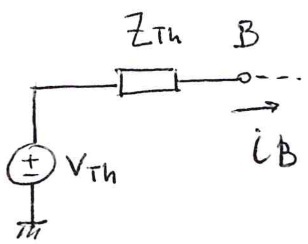
- $V_{u_Q} = -R_2 \cdot I_1$ per il C.C.V : $I^- = 0A$ e $V^- = V^+ = 0\,V$

$$\boxed{V_{uQ}} = -\,50\,k\Omega \cdot \frac{6{,}91\,V}{50\,k\Omega} = \boxed{-\,6{,}91\,V}$$

— × —

Es 3





$$Z_{Th} = \frac{R_B}{1 + R_B C_1 s}$$

$$V_{Th} = \frac{R_B C_1 s}{1 + R_B C_1 s} \cdot V_s$$

- $$-V_{Th} + (Z_{Th} + h_{ie}) \cdot i_B + \frac{R_E}{1+R_E C_2 s} \cdot (h_{fe}+1) \cdot i_B = 0$$

$$i_B = \frac{V_{Th}}{(Z_{th} + h_{ie}) + \frac{R_E(h_{fe}+1)}{1+R_E C_2 s}} = \frac{V_{Th}}{\frac{R_B}{1+R_B C_1 s} + h_{ie} + \frac{R_E(h_{fe}+1)}{1+R_E C_2 s}} =$$

$$= \frac{(1+R_B C_1 s)\cdot(1+R_E C_2 s)\cdot V_{Th}}{R_B(1+R_E C_2 s) + h_{ie}\cdot(1+R_B C_1 s)\cdot(1+R_E C_2 s) + R_E(h_{fe}+1)(1+R_B C_1 s)} =$$

$$= \frac{R_B C_1 s \cdot (1+R_E C_2 s)\cdot V_s}{\underbrace{[R_B + h_{ie} + R_E(1+h_{fe})]}_{A} + \underbrace{[R_B R_E C_2 + h_{ie}(R_B C_1 + R_E C_2) + R_E(h_{fe}+1) R_B C_1]}_{B} s + \underbrace{R_B R_E C_1 C_2 h_{ie}}_{C} \cdot s^2}$$

- Per il C.C.V : $V^- = V^+ = 0\ V$ ed $I^- = 0\ A$

$$V_u = + i_1 \cdot \frac{R_2}{1+R_2 C_3 s}$$

$$i_1 = \frac{R_c}{R_c + R_1} \cdot h_{fe}\, i_B \longrightarrow V_u = \frac{h_{fe} R_c}{R_1 + R_c} \cdot \frac{R_2}{1+R_2 C_3 s} \cdot i_B$$

- In conclusione :

$$\boxed{V_u = \frac{h_{fe}\cdot R_c \cdot R_2}{R_1 + R_c} \cdot \frac{1}{1+R_2 C_3 s} \cdot \frac{R_B C_1 s\,(1+R_E C_2 s)}{C\cdot s^2 + B\cdot s + A} \cdot V_s}$$

- Poli e zeri :

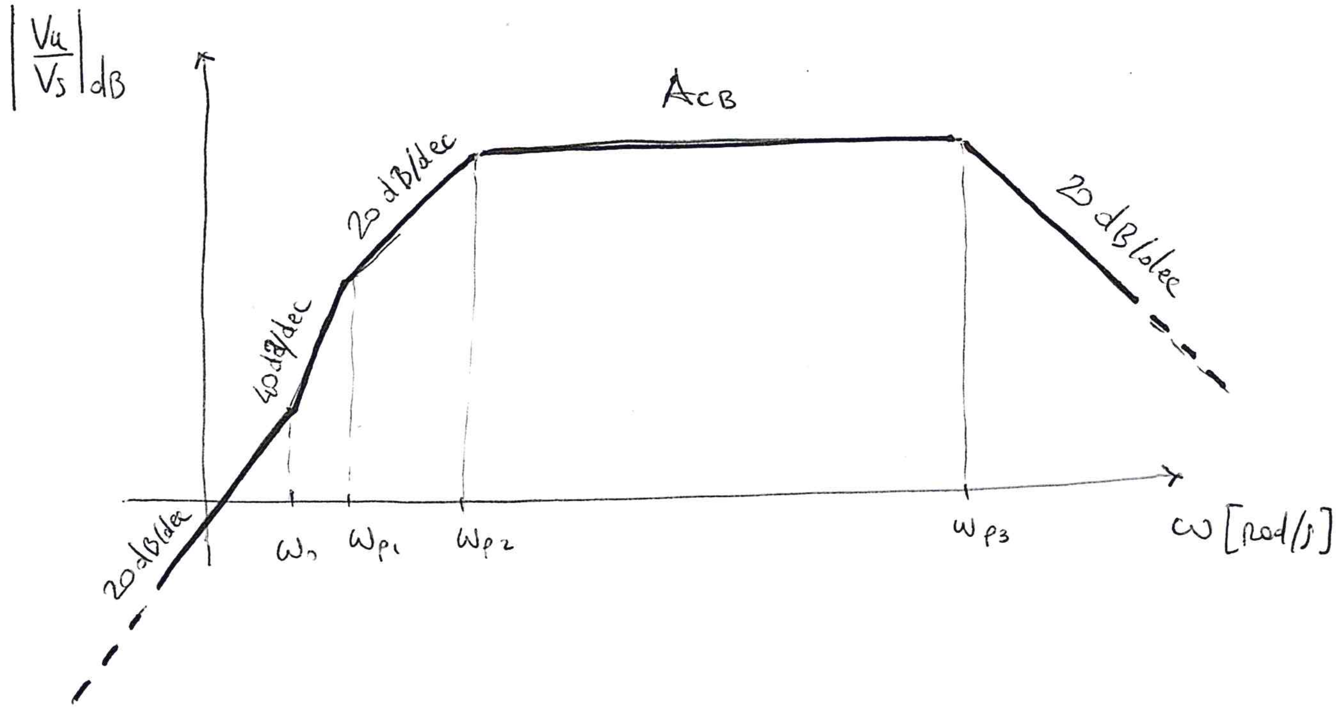
$\omega_{P1} \cong 3{,}98\ rad/s$ $\quad \omega_{P2} \cong 633\ rad/s$

$\omega_{P3} \simeq 370\ Krad/s$] Poli

$\omega_0 \simeq 1\ rad/s$, zero nell'origine] zeri

- Guadagno in centrobanda (esauriti effetti di C_1 e C_2, non intervenuto ancora C_3)

$$A_{CB} \simeq \frac{h_{fe} \cdot R_C \cdot R_2}{(R_1+R_C) \cdot h_{ie}} \simeq 189{,}4 \quad (C_1 \text{ e } C_2 \text{ c.c. } C_3 \text{ aperto})$$



Es 4

- Applichiamo il PSE per calcolare l'effetto del sulla V_u prodotto da V_1 e V_2:

- $$V_u\Big|_{V_1} = \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) \cdot \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_1 \qquad A_1 = \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) \cdot \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)$$

- $$V_u\Big|_{V_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_2 \qquad A_2 = \frac{R_2}{R_1}$$

- In conclusione:

$$V_u = V_u|_{V_1} + V_u|_{V_2} = A_1 \cdot V_1 - A_2 V_2$$

$$V_1 = V_c + \frac{V_d}{2} \qquad V_2 = V_c - \frac{V_d}{2}$$

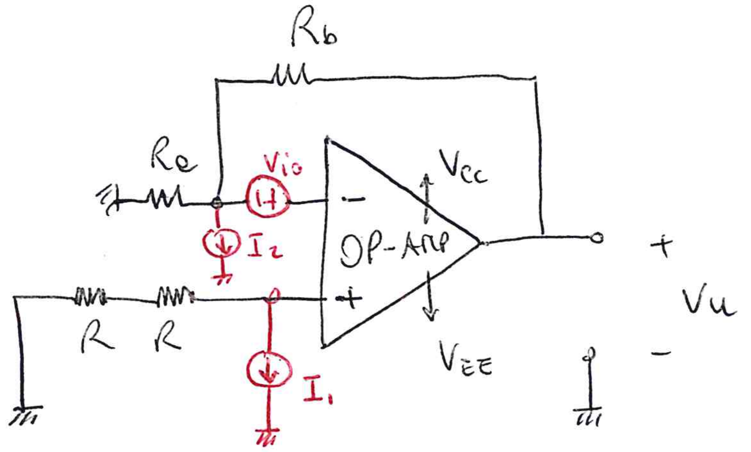
$$V_u = A_1 \cdot V_c + A_1 \frac{V_d}{2} - A_2 V_c + A_2 \frac{V_d}{2}$$

$$V_u = \underbrace{\frac{A_1 + A_2}{2}}_{A_d} \cdot V_d + \underbrace{(A_1 - A_2)}_{A_c} \cdot V_c = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

- Per definizione:

$$CMRR = \frac{|A_d|}{|A_c|} = \frac{\left|\frac{A_1 + A_2}{2}\right|}{|A_1 - A_2|} \cong 176,5$$

Es 5



- Applicando il PSE:

$$V_u|_{I_1} = -2R \cdot I_1 \cdot \left(1 + \frac{R_b}{R_a}\right)$$

$$V_u|_{I_2} = +R_b \cdot I_2$$

$$V_u\Big|_{V_{io}} = -V_{io} \cdot \left[1 + \frac{R_b}{R_e}\right]$$

- In conclusione:

$$V_u = -2R\,I_1 \cdot \left(1 + \frac{R_b}{R_e}\right) + R_b I_2 - V_{io}\left[1 + \frac{R_b}{R_e}\right]$$

$$I_1 = I_B + \frac{I_{io}}{2} \qquad I_2 = I_B - \frac{I_{io}}{2}$$

$$V_u = -I_B \cdot \left[2R\left(1 + \frac{R_b}{R_e}\right) - R_b\right] - \frac{I_{io}}{2}\left[2R\left(1 + \frac{R_b}{R_e}\right) + R_b\right] +$$

$$- V_{io}\left[1 + \frac{R_b}{R_e}\right]$$

Combinando opportunamente i segni (tutti positivi o negativi) si ottiene:

$$V_u\Big|_{max} = \pm\, 80 \cdot 10^{-\cancel{9}\,6}\,A \cdot 43 \cdot \cancel{10^{3}} \pm \frac{133}{\cancel{2}} \cdot \cancel{10^{3}} \cdot \cancel{20}^{\,10} \cdot 10^{-\cancel{9}\,6}\,A +$$

$$\pm\, 750 \cdot 10^{-6}\,V \cdot 2$$

$$\boxed{V_u = \pm\, 6{,}27\ mV}$$

—— × ——