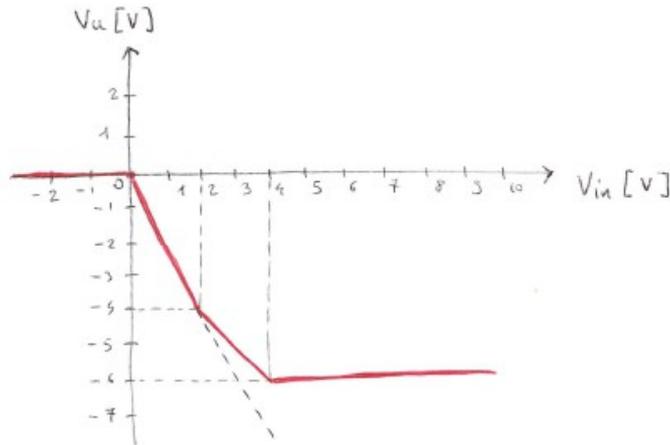


SCHEDA A16_05		Data: 10 Giugno 2016
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

5 punti (4)

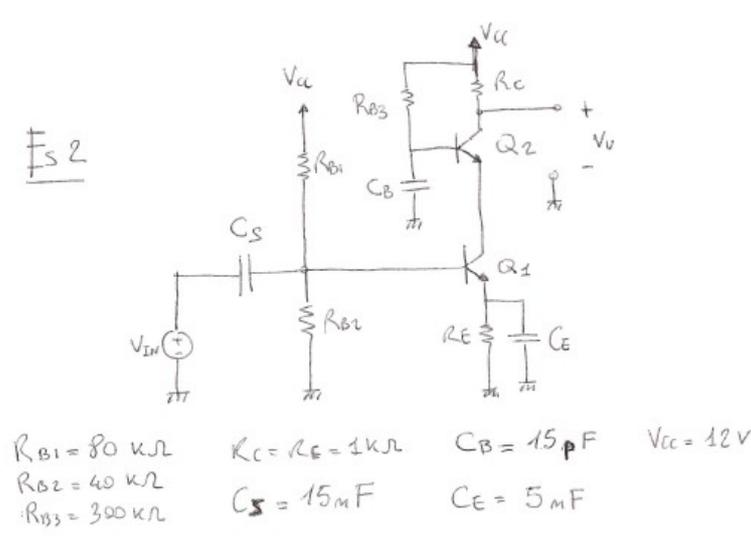
Si progetti e si dimensiona un circuito che possieda la caratteristica ingresso/uscita mostrata in figura, indipendentemente dalla sorgente e dal carico applicati.



ESERCIZIO N°2

8 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il punto di riposo dei transistor Q₁ e Q₂. Per entrambe i transistor si consideri $h_{FE} = 200$.



ESERCIZIO N°3

9 punti (4)

Nel circuito mostrato nell'esercizio precedente si ricavi la funzione di trasferimento $A_v(s) = V_U/V_{IN}$. Per entrambe i transistor Q₁ e Q₂ si considerino $h_{ie} = 4.8 \text{ k}\Omega$, $h_{fe} = 200$ ed $h_{oe} = 0 \text{ S}$.

ESERCIZIO N°4

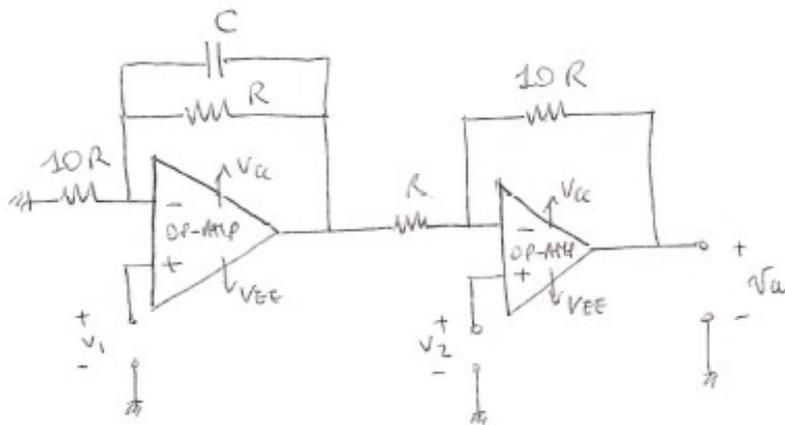
6 punti (4)

Progettare e dimensionare un filtro passa alto di ordine 2 ($1/Q = 1.414$) con pulsazione limite inferiore pari a 500 rad/s ed amplificazione in banda passante pari a 10.

ESERCIZIO N°5

5 punti (4)

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

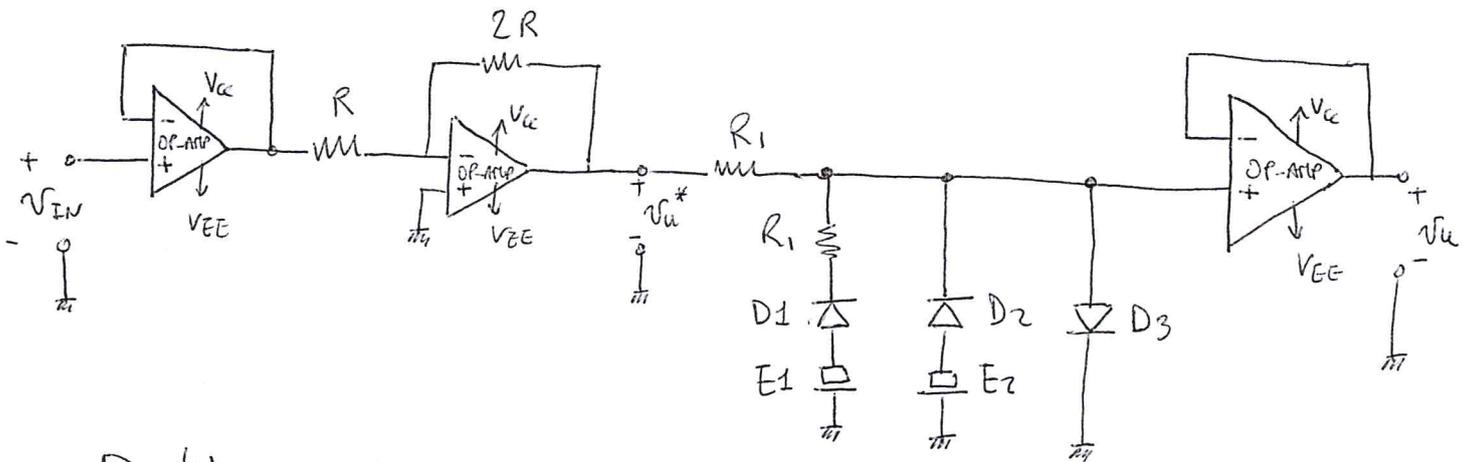


$$\begin{cases} R = 10 \text{ k}\Omega \\ C = 25 \text{ mF} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_B = \frac{I_1 + I_2}{2} = 80 \text{ }\mu\text{A} \\ I_{io} = |I_1 - I_2| = 20 \text{ }\mu\text{A} \\ V_{io} = 70 \text{ }\mu\text{V} \end{cases}$$

Es. 1

• Possibile soluzione:



Dati: $R = R_1 = 10\text{ k}\Omega$
 $E_1 = 4\text{ V}$, $E_2 = 6\text{ V}$
 D_1, D_2 e D_3 diodi ideali ($V_{rr} = 0\text{ V}$)

Funzionamento:

$$V_u^* = -2V_{IN}, \begin{cases} D1 \text{ ON} \rightarrow V_{D1} = -E_1 - V_u > 0 \\ D2 \text{ ON} \rightarrow V_{D2} = -E_2 - V_u > 0 \\ D3 \text{ ON} \rightarrow V_{D3} = V_u > 0 \end{cases}$$

1) $V_{IN} < 0$ $\rightarrow V_u^* > 0 \rightarrow \begin{cases} D1 \text{ e } D2 \text{ OFF} \\ D3 \text{ ON} \end{cases}$

\downarrow

$V_u = V_{D3} = 0\text{ V}$

2) $0 \leq V_{IN} < 2\text{ V}$ $\rightarrow V_u^* \leq 0 \rightarrow V_u^* > -4\text{ V}$

\downarrow

$D1, D2$ e $D3$ OFF

\downarrow

$V_u = V_u^* = -2V_{IN}$

3) $\underline{2V \leq V_{IN} < 4V} \rightarrow \underline{-8V \leq V_u^* \leq -4V} \quad \underline{\underline{2}}$

$\left\{ \begin{array}{l} D1 \text{ ON} \\ D2 \text{ e } D3 \text{ OFF} \end{array} \right.$

$$\begin{aligned}
 V_u &= (V_u^* + E_1) \cdot \frac{R_1}{2R_1} - E_1 = \\
 &= \frac{V_u^*}{2} + \frac{E_1}{2} - E_1 = \\
 &= -\frac{2V_{IN}}{2} - \frac{E_1}{2} = -V_{IN} - \frac{E_1}{2}
 \end{aligned}$$

$V_u = -V_{IN} - 2V$

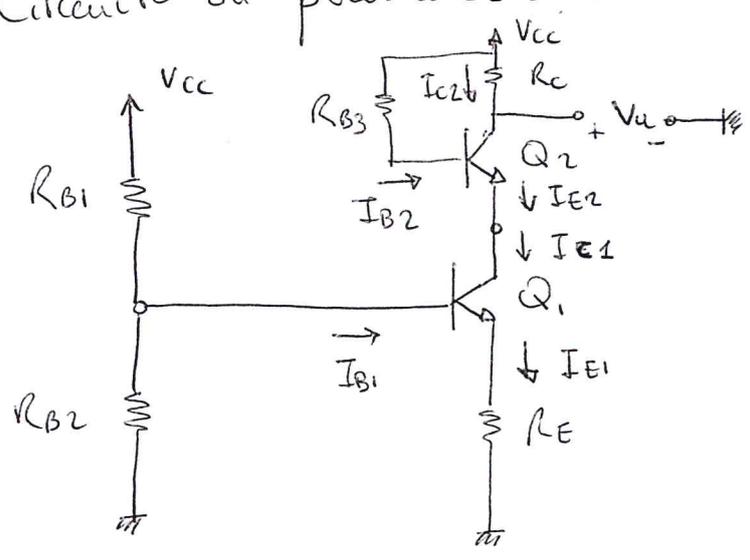
4) $\underline{V_{IN} > 4V} \rightarrow V_u^* < -8V$

$\left\{ \begin{array}{l} D1 \text{ e } D2 \text{ ON} \\ D3 \text{ OFF} \end{array} \right.$

$V_u = -6V$

Es 2

• Circuito di polarizzazione:



• Analisi:

3

$$V_{Th} = V_{cc} \cdot \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 12V \cdot \frac{40k\Omega}{120k\Omega} = 4V$$

$$R_{Th} = R_{B1} \parallel R_{B2} = 26,67k\Omega$$

$$I_{B1} = \frac{V_{Th} - V_{BEON1}}{R_{B1} \parallel R_{B2} + R_E(h_{FE} + 1)} = \frac{4V - 0,7V}{26,67k\Omega + 20k\Omega} = 14,50\mu A$$

$$I_{E1} = (h_{FE} + 1) I_{B1} = 2,91mA$$

$$I_{C1} = h_{FE} \cdot I_{B1} = 2,89mA = I_{E2}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{(h_{FE} + 1)} = 14,37\mu A$$

$$I_{C2} = h_{FE} \cdot I_{B2} = 2,87mA$$

$$V_{E1} = R_E \cdot I_{E1} = 1k\Omega \cdot 2,91mA = 2,91V$$

$$V_{C1} = V_{cc} - R_{B3} \cdot I_{B2} - V_{BEON2} =$$

$$= 12V - 300k\Omega \cdot 14,37\mu A - 0,7V = 6,99V$$

$$V_{CE1} = V_{C1} - V_{E1} = 4,08V \Rightarrow \underline{Q1 \text{ in ZAD}}$$

(Zona Attiva Diretta)

$$V_{E2} = V_{C1} = 6,99V$$

$$V_{C2} = V_{cc} - R_C \cdot I_{C2} = 12V - 1k\Omega \cdot 2,87mA = 9,13V$$

$$V_{CE2} = V_{C2} - V_{E2} = 9,13V - 6,99V = 2,14V$$

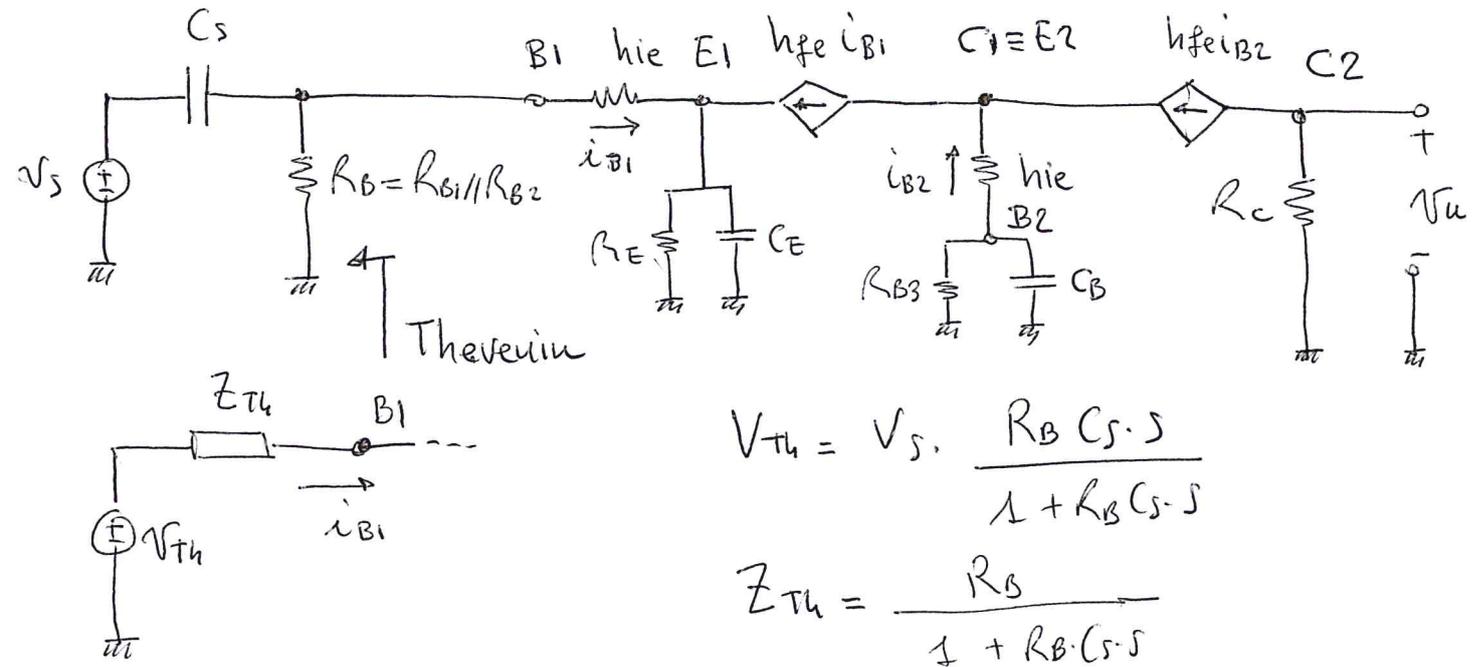


Q2 in ZAD

$$\underline{V_u = V_{C2} = 9,13V} \text{ nel punto di riposo}$$

————— x —————

- Circuito per le variazioni:



- Nodo $C1 \equiv E2$: $i_{B2} + h_{fe} i_{B2} = h_{fe} i_{B1} \Rightarrow i_{B2} = \frac{h_{fe}}{1+h_{fe}} i_{B1}$

$$V_u = - R_c \cdot h_{fe} i_{B2}$$

- Teoria di ingresso:

$$V_{th} = \left[Z_{th} + h_{ie} + \frac{R_E (h_{fe} + 1)}{R_E C_E \cdot s + 1} \right] \cdot i_{B1}$$

$$V_S \cdot \frac{R_B C_S \cdot s}{1 + R_B C_S \cdot s} = \left[\frac{R_B}{1 + R_B C_S \cdot s} + h_{ie} + \frac{R_E (h_{fe} + 1)}{R_E C_E \cdot s + 1} \right] i_{B1}$$

$$\frac{V_S \cdot R_B C_S \cdot s}{(1 + R_B C_S \cdot s)} = \left[\frac{R_B \cdot (1 + R_E C_E \cdot s) + h_{ie} (1 + R_B C_S \cdot s) \cdot (1 + R_E C_E \cdot s) + \dots}{(1 + R_B C_S \cdot s) (R_E C_E \cdot s + 1)} \dots \frac{R_E (h_{fe} + 1) (1 + R_B C_S \cdot s)}{R_E C_E \cdot s + 1} \right] i_{B1}$$

$$i_{B1} = \frac{R_B C_S \cdot S \cdot (1 + R_E C_E \cdot S)}{h_{ie} R_B R_E C_S C_E S^2 + [R_E R_B C_E + h_{ie}(R_B C_S + R_E C_E) + (h_{fe} + 1) R_E R_B C_S] S + [R_B + h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)] \cdot V_S}$$

$$A_V = \frac{V_u}{V_S} = - \frac{R_C h_{fe} i_{B2}}{V_S} = - \frac{R_C h_{fe}^2}{1 + h_{fe}} \cdot \frac{i_{B1}}{V_S} \Rightarrow$$

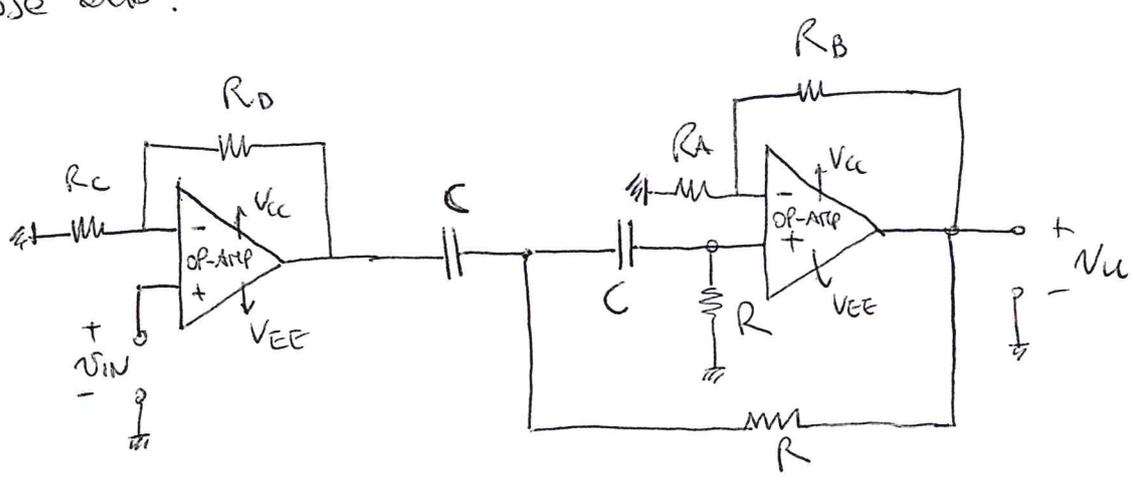
$$A_V = - \frac{R_C h_{fe}^2}{1 + h_{fe}} \cdot \frac{R_B \cdot C_S \cdot S \cdot (1 + R_E C_E \cdot S)}{A_1 \cdot S^2 + A_2 \cdot S + A_3}$$

$$\begin{cases} A_1 = h_{ie} R_B R_E C_S C_E \\ A_2 = R_E R_B C_E + h_{ie}(R_B C_S + R_E C_E) + (h_{fe} + 1) R_E \cdot R_B \cdot C_S \\ A_3 = R_B + h_{ie} + R_E (1 + h_{fe}) \end{cases}$$

————— x —————

Es 4

- Possibile soluzione con celle di Solen-Key non invertente di tipo posse alto:



• Funzione di trasferimento:

$$H(s) = \frac{V_u(s)}{V_{IN}(s)} = \frac{A_{v1} \cdot A_{v2} \cdot s^2}{s^2 + \frac{(3 - A_{v2})}{RC} s + \frac{1}{R^2 C^2}}$$

- $\omega_0 = \frac{1}{RC} = 500 \text{ rad/s}$

- $\frac{1}{Q} = 3 - A_{v2} = 1.414 \rightarrow A_{v2} = 3 - 1.414 = 1.586$

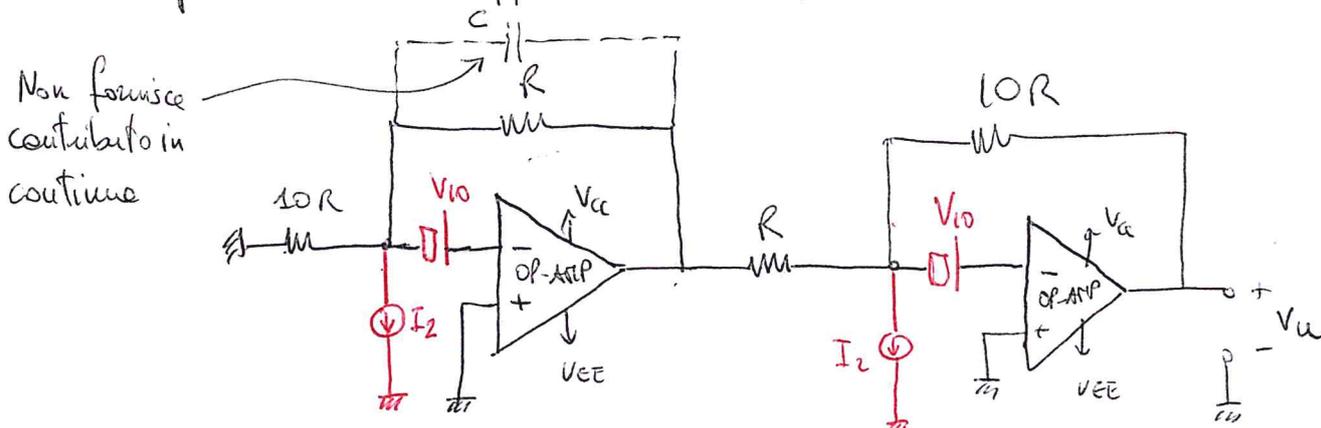
$A_{v2} = 1 + \frac{R_B}{R_A} = 1.586 \rightarrow \frac{R_B}{R_A} = 0.586$

- $A_{v1} \cdot A_{v2} = 10 \rightarrow A_{v1} = \frac{10}{A_{v2}} = \frac{10}{1.586} \approx 6.31$

$A_{v1} = 1 + \frac{R_D}{R_C} = 6.31 \rightarrow \frac{R_D}{R_C} = 5.31$

Es 5

• Circuito con i generatori di offset e di polarizzazione che producono un effetto sull'uscita:



• Applicando il PSE si trova:

7

$$V_u = -V_{i0}'' \left(1 + \frac{10R}{R} \right) - \frac{10R}{R} \left(1 + \frac{R}{10R} \right) \cdot (-V_{i0}') - \frac{10R}{R} \cdot R \cdot I_2' + 10R \cdot I_2''$$

$$V_u = -V_{i0}'' \cdot 11 + \cancel{10} \cdot \frac{11}{\cancel{10}} V_{i0}' - 10R I_2' + 10R I_2''$$

$$I_2 = -\frac{I_{i0}}{2} + I_B$$

$$V_u = -V_{i0}'' \cdot 11 - V_{i0}' \cdot 11 - 10R \left[-\frac{I_{i0}'}{2} + I_B' + \frac{I_{i0}''}{2} - I_B'' \right]$$

• Combinando opportunamente i segni per avere il max sbilanciamento:

$$\begin{aligned} V_{i0}|_{\max} &= -22 \cdot V_{i0} - 10R [I_{i0} + 2I_B] = \\ &= -22 \cdot 70 \mu V - 100 \text{ k}\Omega \cdot [20 \text{ mA} + 2 \cdot 80 \text{ mA}] = \\ &= -1.54 \text{ mV} - 18 \text{ mV} = -19.54 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$\underline{V_u|_{\max} = \pm 19.54 \text{ mV}}$$

_____ x _____