SCHEDA **A10_07** Data: **21 Luglio 2010**

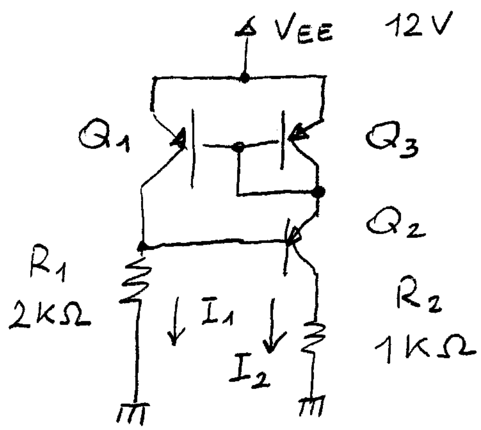
Cognome | Nome | Matricola

## ESERCIZIO N°1
7 (4) punti

Disegnare lo schema di un raddrizzatore a ponte di Graetz (diodi ideali) con trasformatore e filtro capacitivo. Determinare quindi il valore del rapporto spire e della capacità di uscita in modo tale che, quando il raddrizzatore eroga 2 A, la tensione minima di uscita sia pari a 18 V e il rapporto tra corrente massima ripetitiva e corrente media nei diodi sia pari a 16. Il raddrizzatore è alimentato alla tensione di rete (230 V, 50 Hz).

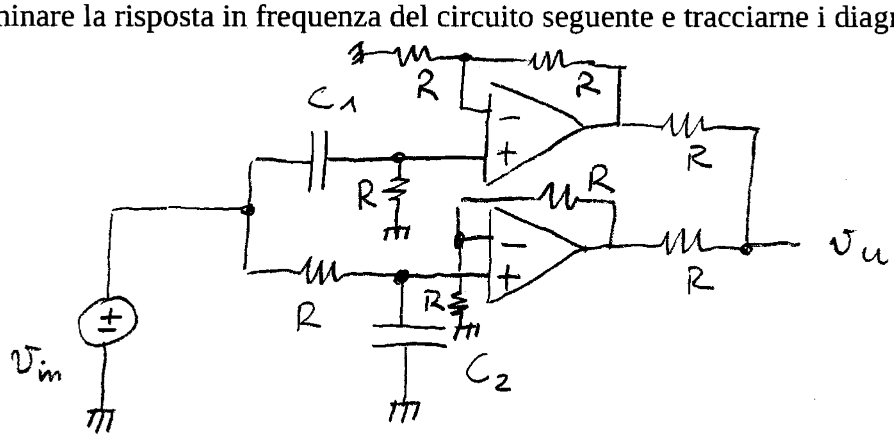
## ESERCIZIO N°2
7 (4) punti

Dopo aver trovato il punto di riposo del seguente circuito, in cui i 3 transistori bipolari *pnp* sono identici ($h_{FE}$ = 100), determinare il rapporto tra le correnti $I_1$ e $I_2$.




## ESERCIZIO N°3
6 (4) punti

Determinare la risposta in frequenza del circuito seguente e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode.




OpAmp ideali
$R = 1\,k\Omega$
$C_1 = 10\,nF$
$C_2 = 1\,\mu F$

## ESERCIZIO N°4
6 (4) punti

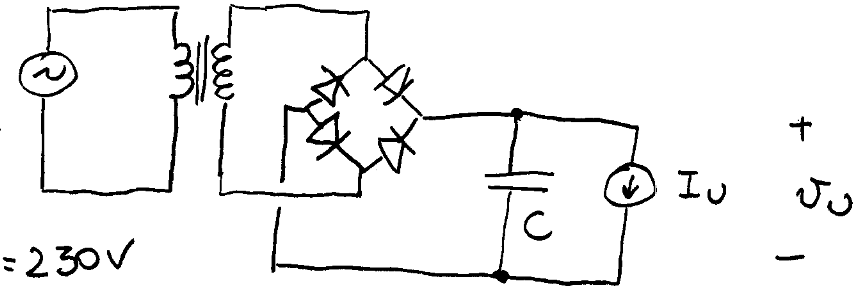
Determinare il parametro $h_{rb}$ del modello a base comune di un transistore bipolare di cui sono noti i parametri del modello a emettitore comune. Nel modello a base comune si assuma l'emettitore come ingresso e il collettore come terminale di uscita.

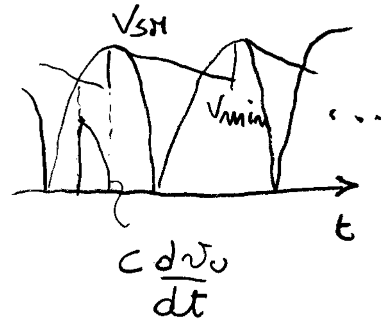
## ESERCIZIO N°5
7 (4) punti

Determinare i parametri dei componenti di una cella di Sallen Key in modo che presenti due poli complessi coniugati con modulo 1 krad/s e fase $\pm\frac{3}{4}\pi$. Indicare il valore del guadagno della cella.

① Schema

Rete




$V_{eff} = 230V$
$f = 50Hz$

$V_{min} = 18V$

$V_{PM} = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$

$V_{SM} = V_{PM} \cdot \frac{N_S}{N_P}$

$I_{Dmed} = \frac{I_U}{2} = 1A$

$\Delta V = \frac{1}{C} I_U \frac{T}{2} = V_{SM} - V_{min}$ (1)

nei diodi che conducono si ha

$i_D = I_U + V_{SM} C \omega \cos \omega t$ da cui si stima

$I_{DMAXR} = I_U + 2\pi \frac{C}{T} V_{SM} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{min}}{V_{SM}}\right)^2} = 16A$ (2)

Possiamo porre $V_{SM} = x$ e $\frac{C}{T} = y$ ; si avrà

(1) $x - 18 = \frac{1}{y}$ ; $xy = 1 + 18y$

(2) $14 = 2\pi xy \sqrt{1 - \left(\frac{18}{x}\right)^2} = 2\pi \sqrt{xy + 18y} = 2\pi \sqrt{1 + 36y}$

$\frac{196}{4\pi^2} = 1 + 36y$ ; $y = \left(\frac{196}{4\pi^2} - 1\right) \frac{1}{36} = 0{,}110$

$x = 27{,}08$

Quindi $C = Ty = 2{,}2$ mF

$V_{SM} = 27{,}08$ V

$\frac{N_S}{N_P} = \frac{27{,}08}{230\sqrt{2}} = 0{,}0832$

(2) Si tratta di uno specchio di corrente pnp.
Transistori identici con identica $V_{EB}$ danno la stessa $I_B$ e $I_C$ (in zona attiva)
Hp: tutti i BJT in ZAD. Per le $I_B$ assumo verso uscente.
Detta $I_{B1} = I_{B3} = x$ e $h_{FE} = h$ si ha

$$I_1 = hx + \frac{h+2}{h+1}x = \frac{V_{EE} - 2V_{EBon}}{R_1} = 5{,}3\,mA$$

da cui $x = I_1 \cdot \dfrac{h+1}{h^2+2h+2} = 52{,}47\,\mu A$

quindi

$I_{B1} = I_{B3} = 52{,}47\,\mu A$ (uscente)

$I_{C1} = I_{C3} = 5{,}247\,mA$ (uscente)

$$I_2 = I_{C2} = \frac{h(h+2)}{h+1}x = 5{,}299\,mA \quad \text{(uscente)}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{h^2+2h+2}{h^2+2h} = 1{,}000196$$

$V_{EC3} = 0{,}7$ ; $V_{EC1} = 1{,}4\,V$

$V_{EC2} = V_{EE} - V_{EBon} - R_2 I_2 = 6{,}0\,V$ ok hp.

(3) Il sistema combina un passa-basso con un passa-alto, sommandone le uscite (con peso 1/2).
Applicando il PSE, dopo aver sdoppiato il generatore di ingresso si ha

$$\frac{v_u}{v_{in}} = \frac{1}{2}\cdot 2\cdot\left(\frac{RC_1 s}{RC_1 s+1} + \frac{1}{RC_2 s+1}\right) =$$

$$= \frac{R^2 C_1 C_2 s^2 + 2RC_1 s + 1}{(RC_1 s+1)(RC_2 s+1)}$$

La funzione ha due poli e due zeri; $A_0 = A_\infty = 1$.

$$A = \frac{(s+z_1)(s+z_2)}{(s+p_1)(s+p_2)} \quad \text{con} \quad p_1 = \frac{1}{RC_1} = 100\,\text{krad/s}\ (15{,}9\,\text{kHz})$$

$$p_2 = \frac{1}{RC_2} = 1\,\text{krad/s}\ (159\,\text{Hz})$$

Per gli zeri si ha

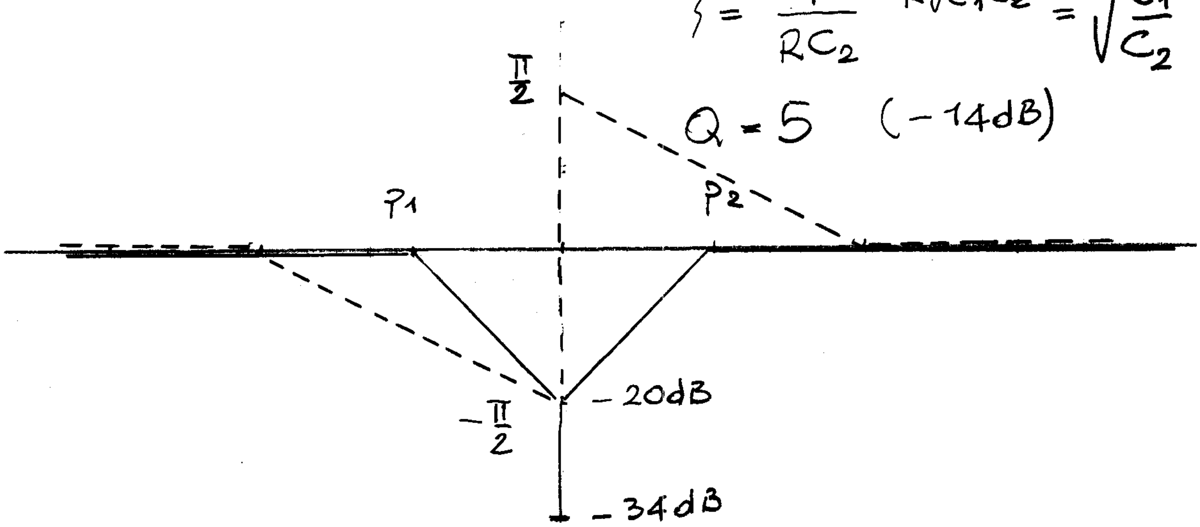
$$\frac{\Delta}{4} = R^2C_1^2 - R^2C_1C_2 < \phi \quad \text{quindi complessi coniug.}$$

Scrivo la funzione biquadratica

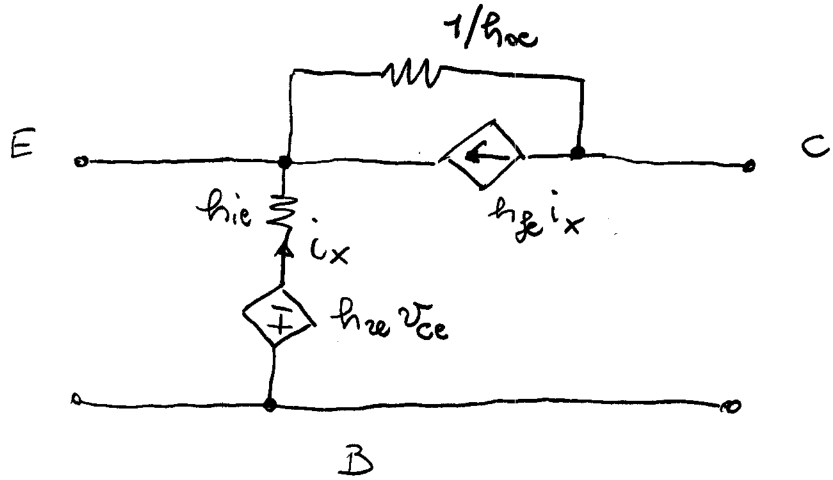
$$A = \frac{s^2 + 2\xi s z + z^2}{(s+p_1)(s+p_2)} \qquad z = \frac{1}{R\sqrt{C_1C_2}} = 10\,\text{krad/s}\ (1{,}59\,\text{kHz})$$

$$\xi = \frac{1}{RC_2}\, R\sqrt{C_1C_2} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = \frac{1}{10}$$

$Q = 5 \quad (-14\,\text{dB})$



④ Disegno il modello del transistore evidenziando la Base comune



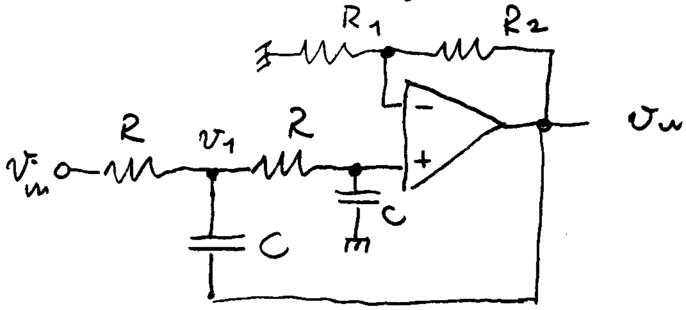

$$h_{rb} = \left.\frac{v_{eb}}{v_{cb}}\right|_{i_e=\phi} = \left.\frac{v_{be}}{v_{be}-v_{ce}}\right|_{i_e=0}$$

$$v_{ce} = -\frac{1}{h_{oe}}(h_{fe}+1)\,i_x$$

$$v_{be} = -\frac{h_{re}}{h_{oe}}(h_{fe}+1)\,i_x + h_{ie}\,i_x$$ quindi

$$h_{rb} = \frac{-\frac{h_{re}}{h_{oe}}(h_{fe}+1) + h_{ie}}{\frac{(1-h_{re})}{h_{oe}}(h_{fe}+1) + h_{ie}} = \frac{h_{oe}h_{ie} - h_{re}(h_{fe}+1)}{h_{oe}h_{ie} + (1-h_{re})(h_{fe}+1)}$$

⑤ Cella di Sallen-Key passa basso




$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$v_1 = \frac{v_u}{G}\, Cs\left(R + \frac{1}{Cs}\right) = \frac{v_u}{G}(RCs+1)$$

$$v_{in} = v_1 + R\left\{\frac{v_u}{G} Cs + (v_1 - v_u) Cs\right\} =$$

$$= \frac{v_u}{G}\left\{RCs+1 + RCs + (RCs+1)RCs - GRCs\right\} =$$

$$= \frac{v_u}{G}\left\{(RCs)^2 + (3-G)RCs + 1\right\}$$ da cui

$$\frac{v_u}{v_{in}} = \frac{G}{(RCs)^2 + (3-G)RCs + 1}$$ (risultato NOTO dalla teoria)

I poli devono essere $p = \omega_0 e^{\pm j 3\pi/4} = \omega_0 (\cos 3\pi/4 \pm j \operatorname{sen} 3\pi/4)$

con $\omega_0 = 1\,\mathrm{krad/s}$

quindi $\frac{1}{RC} = \omega_0$ che si ottiene ponendo $R = 1\,k\Omega$, $C = 1\,\mu F$

$$-(3-G) = 2\cos 3\pi/4$$

$$3 - G = \sqrt{2} \qquad G = 3 - \sqrt{2} = 1{,}59$$

che si ottiene con $R_2 = 5{,}9\,k\Omega$, $R_1 = 10\,k\Omega$