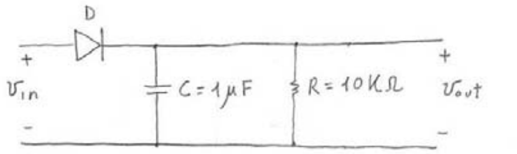
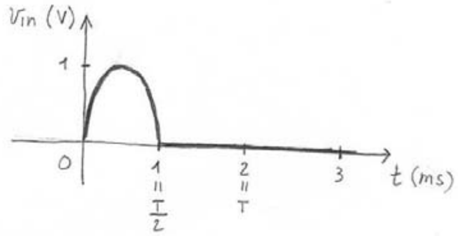
Scheda **A18_06**		Data: **29 giugno 2018**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

6.5 punti (4)

Si consideri il rivelatore di inviluppo rappresentato a sinistra nella seguente figura. Ipotizzando il condensatore inizialmente scarico, si disegni l'andamento nel tempo, per $0 \leq t \leq 3$ ms, della tensione $v_{out}(t)$ in uscita da tale circuito quando in ingresso al circuito si applica la tensione $v_{in}(t)$ il cui andamento nel tempo è rappresentato a destra nella figura. In particolare, si dica in quali intervalli di tempo il diodo conduce e in quali è interdetto e si scriva l'espressione matematica della $v_{out}(t)$ nei due casi. Si scriva anche l'equazione da soddisfare per trovare l'istante di tempo t^* in cui il diodo si interdice (è sufficiente scrivere la condizione analitica che deve essere soddisfatta nell'istante t^*, senza procedere oltre con i calcoli). Si consideri il diodo ideale.





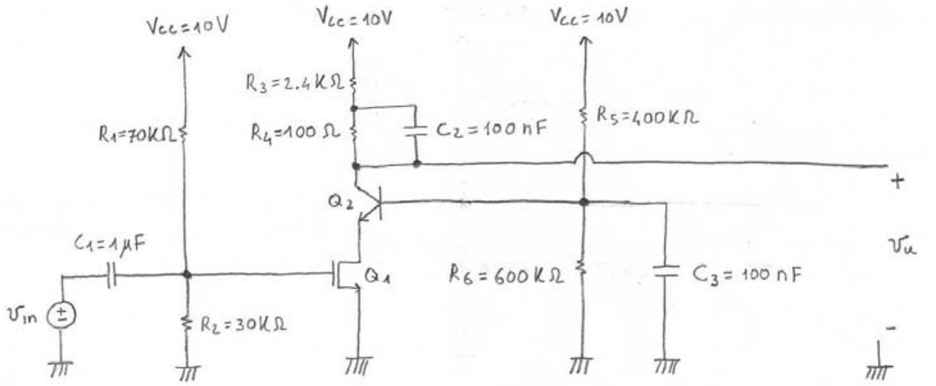
$$v_{in}(t) = \begin{cases} V_M \,\text{sen}(\omega t) & \text{per } 0 < t < 1\text{ ms} \\ 0 & \text{per } t \geq 1\text{ ms} \end{cases}$$

$V_M = 1\text{V}$; $T = 2\text{ms}$; $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\text{ms}} = \pi$ Krad/s

ESERCIZIO N°2

7 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare la tensione V_U a riposo e il punto di lavoro di Q_1 e Q_2. [Nel calcolo, si consiglia di iniziare l'analisi dal punto di lavoro di Q_1 e di fare un equivalente di Thevenin di ciò che sta sulla base di Q_2].



PER Q_1: $V_T = 2\text{V}$

$\frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = 2.01\ \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

PER Q_2: $h_{FE} = 200$

ESERCIZIO N°3

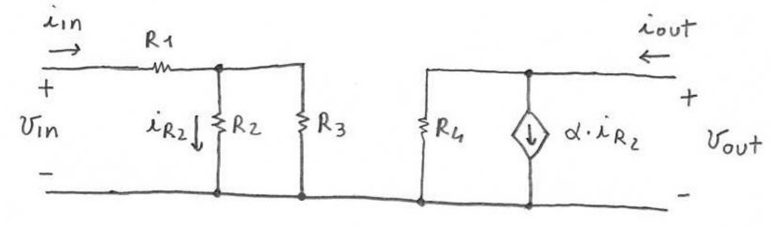
7 punti (4)

Si ricavi la funzione di trasferimento $A_v(s)=V_u/V_{in}$ del circuito mostrato nell'esercizio precedente (il diagramma di Bode non è richiesto). Si considerino per Q_1: g_m=4.02 mA/V e per Q_2: h_{ie}=5 KΩ, h_{fe}=250. [Nello svolgere l'esercizio, si consiglia di valutare se tutti e tre i condensatori abbiano effetto sull'uscita.]

ESERCIZIO N°4

6 punti (4)

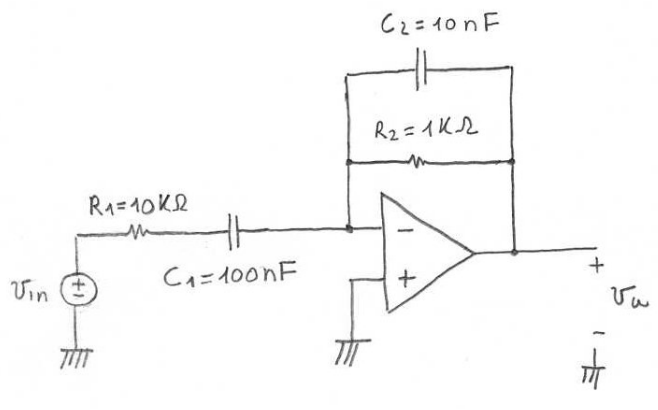
Si ricavino i parametri *g* per il circuito mostrato nella seguente figura (dove i_{R_2} è la corrente che scorre nella sola resistenza R_2).



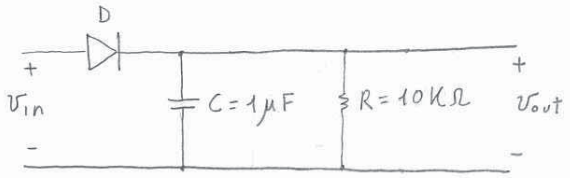
ESERCIZIO N°5

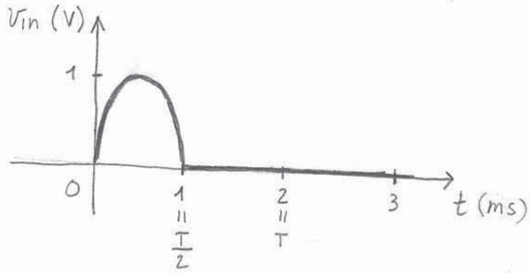
6.5 punti (4)

Ipotizzando l'amplificatore operazionale ideale e lavorando in *s*, si trovi la funzione di trasferimento V_u/V_{in} del circuito riportato nella seguente figura e se ne disegni il diagramma di Bode del modulo. Sulla base di quanto trovato, dire che a tipo di filtro corrisponde tale circuito.



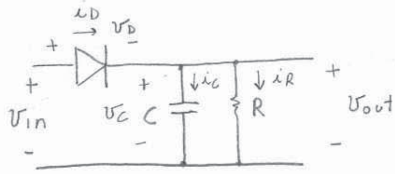
1)



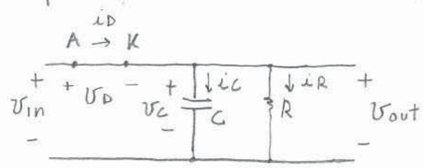


$$v_{in}(t) = \begin{cases} V_M \text{ sen}(\omega t) & \text{per } 0 < t < 1 \text{ ms} \\ 0 & \text{per } t \geq 1 \text{ ms} \end{cases}$$

$V_M = 1V$; $T = 2ms$; $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2ms} = \pi$ Krad/s



si parte da C scarico ($v_C = 0$) ;
v_{in} all'inizio cresce assumendo valori positivi $\rightarrow v_D \geq 0$ e il diodo conduce,
quindi la situazione è



$v_D = 0 \rightarrow v_{out} = v_C = v_{in}$

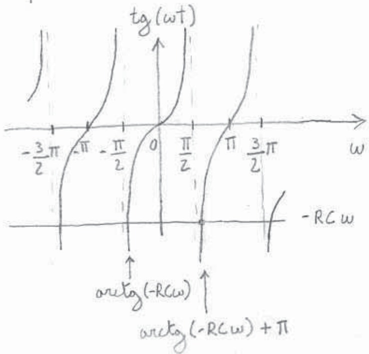
il diodo continua a condurre fintantoché $i_D > 0$, cessa di condurre nel primo istante in cui la i_D diventa ≤ 0

$$i_D = i_C + i_R = C\frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{R} \overset{\text{essendo } v_C = v_{in}}{=} C\frac{dv_{in}}{dt} + \frac{v_{in}}{R} \leq 0 \rightarrow C\frac{dv_{in}}{dt} \leq -\frac{v_{in}}{R}$$; essendo

$v_{in} \geq 0$ questo implica che $\frac{dv_{in}}{dt} \leq 0$, per cui ci troviamo per $\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2}$ (cioè $0.5 \text{ ms} \leq t \leq 1 \text{ ms}$);
per $\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2}$ si ha che $v_{in}(t) = V_M \text{ sen}(\omega t) \rightarrow \frac{dv_{in}}{dt} = V_M\, \omega \cos(\omega t)$ per cui

$$C\frac{dv_{in}}{dt} + \frac{v_{in}}{R} = C\,\cancel{V_M}\,\omega\cos\omega t + \frac{\cancel{V_M}\text{ sen}(\omega t)}{R} \leq 0 \rightarrow \text{sen}(\omega t) \leq -RC\omega\cos(\omega t) \rightarrow$$

$\frac{T}{4} \leq t \leq \frac{T}{2}$ corrisponde a $\omega\frac{T}{4} \leq \omega t \leq \omega\frac{T}{2}$ cioè $\frac{2\pi}{T}\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \leq \omega t \leq \frac{2\pi}{T}\frac{T}{2} = \pi$ e in



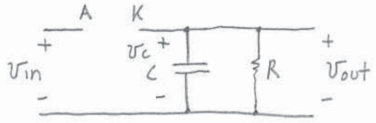
questo intervallo $\cos(\omega t) \leq 0$, per cui la disuguaglianza diventa $\frac{\text{sen}(\omega t)}{\cos(\omega t)} \geq -RC\omega \rightarrow tg(\omega t) \geq -RC\omega$;
nell'intervallo $\frac{\pi}{2} \leq \omega t \leq \pi$ l'intersezione tra $tg(\omega t)$ e $-RC\omega$ (con $-RC\omega = -31.416$) è data dal punto evidenziato in figura la cui ascissa ωt è pari a $arctg(-RC\omega) + \pi$

$$\omega t = arctg(-RC\omega) + \pi \rightarrow t = \frac{\pi}{\omega} + \frac{arctg(-RC\omega)}{\omega} =$$
$$= \pi \cdot \frac{T}{2\pi} + \frac{arctg(-RC\omega)}{\omega} = \frac{T}{2} - \frac{arctg(RC\omega)}{\omega} ;$$

quindi $tg(\omega t) \geq -RC\omega$ corrisponde a $t \geq \frac{T}{2} - \frac{arctg(RC\omega)}{\omega} = 1ms - \frac{arctg(31.416)}{\pi \cdot 10^3\, s^{-1}} =$

$= 1ms - 0.489\,ms = 0.51013\,ms$;

quindi il diodo smette di condurre per $t = t^* = 0.51013$ ms (cioè nell'istante t^* in cui $C\frac{dv_{in}}{dt}\Big|_{t=t^*} + \frac{v_{in}(t^*)}{R} = C V_M\, \omega \cos\omega t^* + \frac{V_M \text{ sen}(\omega t^*)}{R} = 0$) ; dopodiché il circuito diventa:

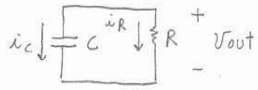


per cui il condensatore si scarica sulla resistenza con una scarica esponenziale;
in particolare v_{out} parte all'istante t^* dal valore $v_{in}(t^*)$ che c'era in quel momento e si scarica esponenzialmente con costante di tempo $\tau = RC = 10\,ms$:

$$v_{out}(t) = v_{out}(t^*)\ e^{-\frac{t-t^*}{\tau}}$$

(che vale $v_{out}(t^*)$ per $t = t^*$)

con $v_{out}(t^*) = v_{in}(t^*) = V_M \operatorname{sen}(\omega t^*) = 0.9995\ V$

(infatti abbiamo 

$$i_C = C\frac{d v_{out}}{dt} = -i_R = -\frac{v_{out}}{R} \rightarrow \frac{d v_{out}}{dt} = -\frac{v_{out}}{RC} \rightarrow$$

$$v_{out}(t) = A\ e^{-\frac{t}{RC}}$$

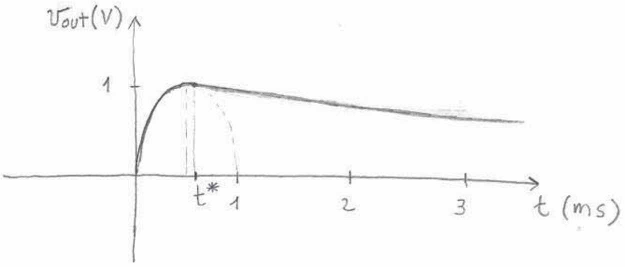
essendo la condizione iniziale $v_{out}(t^*) = v_{in}(t^*)$, allora imponiamo $v_{in}(t^*) = A\ e^{-\frac{t^*}{RC}} \rightarrow A = v_{in}(t^*)\ e^{\frac{t^*}{RC}}$
per cui abbiamo che

$$v_{out}(t) = \left[v_{in}(t^*)\ e^{\frac{t^*}{RC}}\right] e^{-\frac{t}{RC}} = v_{in}(t^*)\ e^{-\frac{t-t^*}{RC}}\ )$$

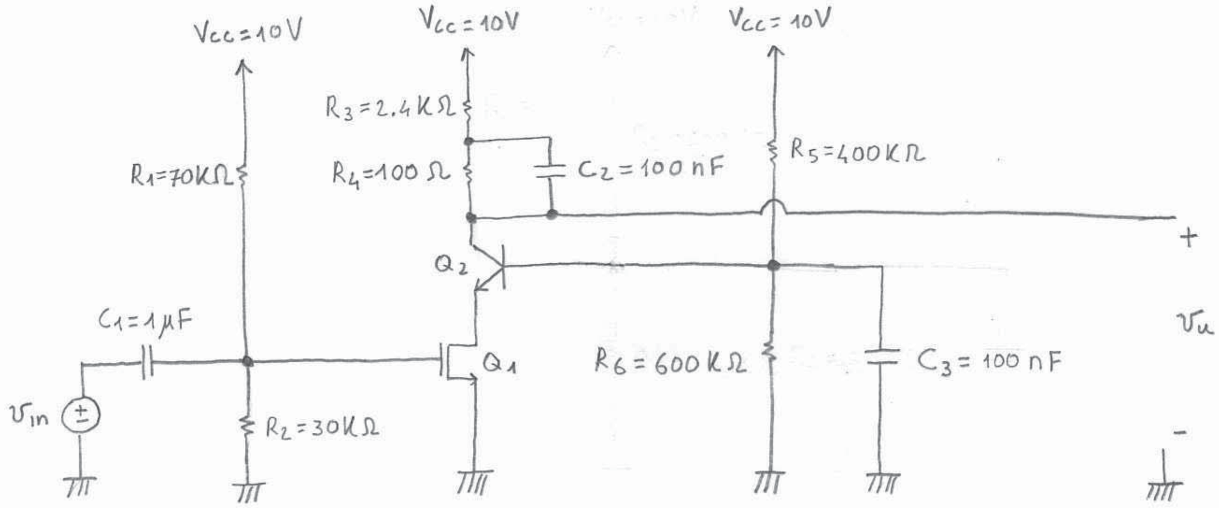
A questo punto il diodo D resta interdetto finché $v_D = v_{AK} < 0$ cioè finché $v_{in} - v_{out} < 0 \rightarrow v_{in} < v_{out}$; il diodo tornerebbe a condurre qualora v_{in} ridiventasse $\geq v_{out}$; poiché però da questo momento in poi $v_{out}(t) > v_{in}(t)$ il diodo rimane interdetto.
In conclusione:

per $0 < t < t^*$ $\quad v_{out}(t) = v_{in}(t)$

per $t > t^*$ $\quad v_{out}(t) = v_{in}(t^*)\ e^{-\frac{t-t^*}{RC}}$



2)

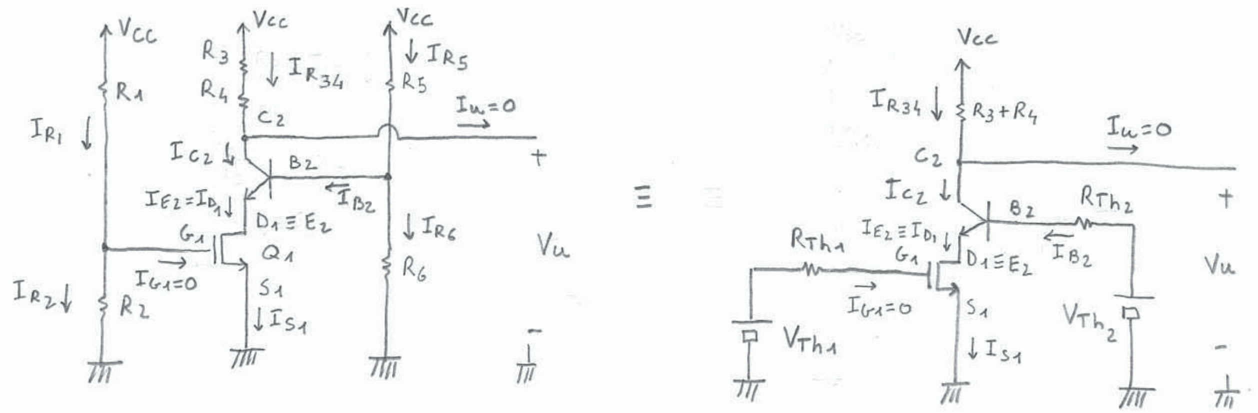


PER Q_1: $V_T = 2V$

$$\frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = 2.01\ \frac{mA}{V^2}$$

PER Q_2: $h_{FE} = 200$

Circuito in continuo:



$I_{G_1}=0 \rightarrow I_{R_1}=I_{R_2} \rightarrow R_1$ e R_2 sono in serie

$$I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{V_{cc}}{R_1+R_2} = 0.1\ mA$$

$$V_{G_1} = R_2 I_{R_2} = 3V \quad \left(= V_{cc}\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)$$

oppure: $V_{Th_1} = \dfrac{V_{cc}\ R_2}{R_1+R_2} = 3V$

$$R_{Th_1} = R_1 // R_2 = 21K\Omega$$

$$I_{G_1}=0 \rightarrow V_{G_1} = V_{Th_1} - R_{Th_1} I_{G_1} = V_{Th_1} = 3V$$

$$V_{GS_1} = V_{G_1} - V_{S_1} = 3V - 0V = 3V > V_T = 2V$$

ipotesi 1: Q_1 in saturazione

$$I_{D_1} = K(V_{GS_1}-V_T)^2 = 2.01\ mA = I_{E_2}$$

con $K = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L} = 2.01\ \frac{mA}{V^2}$

$$I_{S_1} = I_{D_1} = 2.01\ mA \quad (\text{dato che } I_{G_1}=0)$$

ipotesi 2: Q_2 in zona attiva diretta

$$I_{E_2} = I_{C_2} + I_{B_2} = h_{FE} I_{B_2} + I_{B_2} = (h_{FE}+1) I_{B_2}$$

$$I_{B_2} = \frac{I_{E_2}}{h_{FE}+1} = 10\ \mu A > 0$$

$$I_{C_2} = h_{FE} I_{B_2} = 2\ mA$$

$$V_{Th_2} = \frac{V_{cc}\, R_6}{R_5 + R_6} = 6V$$

$$R_{Th_2} = R_5 // R_6 = 240 K\Omega$$

$$V_{B_2} = V_{Th_2} - R_{Th_2}\, I_{B_2} = 3.6V$$

oppure:

$$I_{B_2} = I_{R_5} - I_{R_6} \rightarrow I_{B_2} = \frac{V_{cc} - V_{B_2}}{R_5} - \frac{V_{B_2}}{R_6} \rightarrow$$

$$V_{B_2}\left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_5}\right) = \frac{V_{cc}}{R_5} - I_{B_2} \rightarrow$$

$$V_{B_2} = \left(\frac{V_{cc}}{R_5} - I_{B_2}\right)\frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6} = \frac{V_{cc}\, R_6}{R_5 + R_6} - I_{B_2}(R_5 // R_6) =$$

$$= 3.6\ V$$

$$V_{BE_2} = V_\gamma = 0.7V$$

$$V_{E_2} = V_{B_2} - V_{BE_2} = 2.9V = V_{D_1}$$

$$V_{DS_1} = V_{D_1} - V_{S_1} = V_{D_1} = 2.9V \quad > V_{GS_1} - V_T = 3V - 2V = 1V$$

$$\left.\begin{array}{l} V_{GS_1} > V_T \\ V_{DS_1} > V_{GS_1} - V_T \end{array}\right\} \rightarrow \text{ipotesi 1 verificata}$$

$$I_{R_5} = \frac{V_{cc} - V_{B_2}}{R_5} = 16\ \mu A$$

$$I_{R_6} = \frac{V_{B_2}}{R_6} = 6\ \mu A$$

$$I_{R_{34}} = I_C = 2mA \quad (\text{dato che } I_u = 0)$$

$$V_{C_2} = V_{cc} - (R_3 + R_4)\, I_{R_{34}} = 5V = V_u$$

$$V_{CE_2} = V_{C_2} - V_{E_2} = 2.1V \quad > V_{CEsat} = 0.2V$$

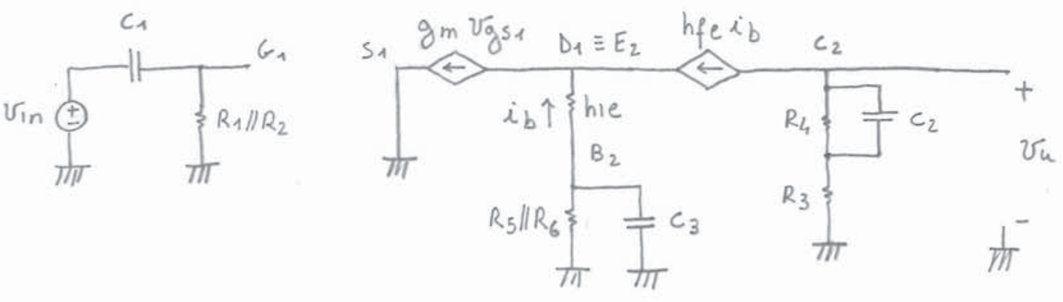
$$\left.\begin{array}{l} I_{B_2} > 0 \\ V_{CE_2} > V_{CEsat} \end{array}\right\} \rightarrow \text{ipotesi 2 verificata}$$

$$\left[g_m = 2K(V_{GS_1} - V_T) = 4.02\ \frac{mA}{V} \right]$$ NON RICHIESTO

3) PER Q_1: $g_m = 4.02\ \frac{mA}{V}$

PER Q_2: $h_{fe} = 250$, $h_{ie} = 5\ K\Omega$

Circuito equivalente per le variazioni:



ci sono 3 condensatori, nessuna maglia impropria → ci sono 3 poli

$A_V(\infty) \neq 0$ → numero degli zeri = numero dei poli → ci sono 3 zeri

$$R_{VC_1} = R_1 // R_2 = 21 K\Omega$$

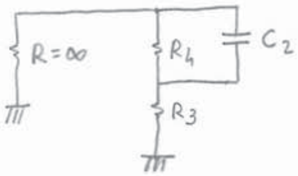
$$\omega_{P_1} = \frac{1}{C_1 R_{VC_1}} = 47.619\ rad/s \rightarrow f_{P_1} = \frac{\omega_{P_1}}{2\pi} = 7.5788\ Hz$$

C_1 è in serie sull'unico percorso che porta l'effetto del segnale in uscita →

$v_u = 0$ per $\frac{1}{C_1 s} = \infty \rightarrow s = 0 \rightarrow \omega_{Z_1} = 0 \rightarrow f_{Z_1} = 0$

$R_{VC_2} = R_4 // (R_3 + \infty) = R_4 = 100\,\Omega$

(perchè tra C_2 e massa guardando verso sinistra si vede un'impedenza infinita, per cui si ha



)

$$\omega_{P2} = \frac{1}{C_2 R_{VC_2}} = 100'000 \text{ rad/s} \rightarrow f_{P2} = \frac{\omega_{P2}}{2\pi} = 15915.4943 \text{ Hz}$$

C_2 introduce uno zero in corrispondenza della s per cui $R_3 + R_4 // \frac{1}{C_2 s} = 0$

$$R_3 + R_4 // \frac{1}{C_2 s} = R_3 + \frac{R_4 \frac{1}{C_2 s}}{R_4 + \frac{1}{C_2 s}} = R_3 + \frac{R_4}{1 + R_4 C_2 s} = \frac{R_3 + R_3 R_4 C_2 s + R_4}{1 + R_4 C_2 s} = 0 \rightarrow$$

$$R_3 + R_4 + R_3 R_4 C_2 s = 0 \rightarrow s = -\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4 C_2} = -\frac{1}{(R_3 // R_4) C_2} \rightarrow$$

$$\omega_{z2} = \frac{1}{(R_3 // R_4) C_2} = 104'166.\bar{6} \text{ rad/s} \rightarrow f_{z2} = \frac{\omega_{z2}}{2\pi} = 16578.64 \text{ Hz}$$

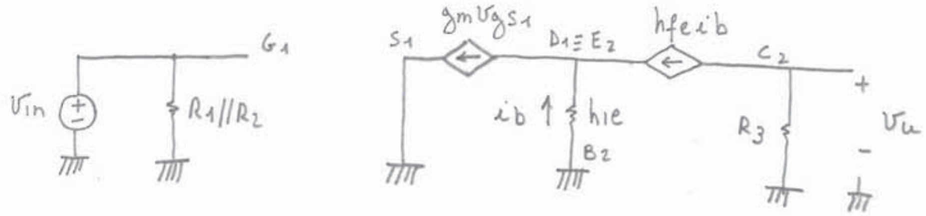
C_3 non ha alcun effetto sull'uscita in quanto $v_u = -h_{fe2}\, i_b\, Z_{C_2}$ (con $Z_{C_2} = R_3 + R_4 // \frac{1}{C_2 s}$);

$i_b + h_{fe} i_b = g_m v_{gs1} \rightarrow i_b = \frac{g_m}{1 + h_{fe}} v_{gs1}$; $v_{gs1} = v_{g1} - v_{s1} = v_{g1}$;

$v_{g1} = v_{in} \frac{R_1 // R_2}{\frac{1}{C_1 s} + R_1 // R_2}$; quindi la v_u non dipendende in alcun modo da cosa c'è su B_2 ;

di conseguenza C_3 introduce un polo e uno zero coincidenti.

Calcoliamo $A_v(\infty)$



$v_u = -R_3\, h_{fe}\, i_b$

$h_{fe} i_b + i_b = g_m v_{gs1} \rightarrow i_b = \frac{g_m}{1 + h_{fe}} v_{gs1}$

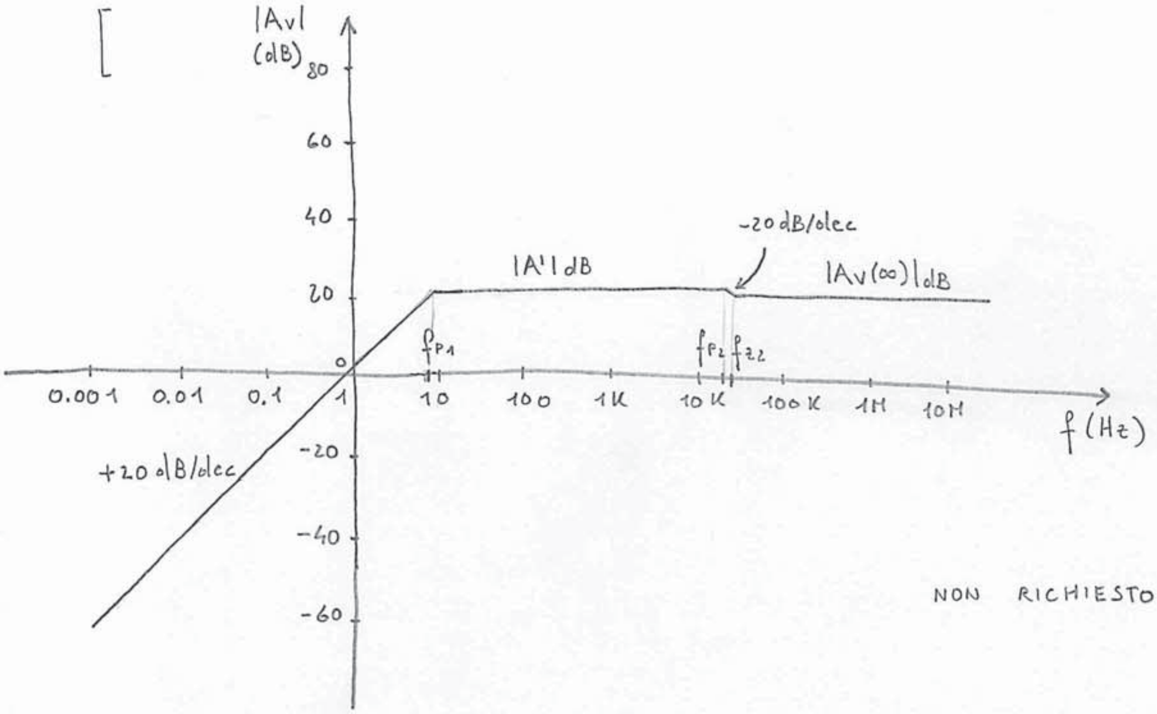
$v_{gs1} = v_{g1} - v_{s1} = v_{g1} = v_{in}$

$A_v(\infty) = \frac{v_u}{v_{in}} = -R_3\, g_m \frac{h_{fe}}{1 + h_{fe}} = -9.60956$ (negativo, come è giusto che sia dato che si tratta di uno stadio a source comune, invertente, seguito da uno stadio a base comune, non invertente)

$|A_v(\infty)|_{dB} = 19.654$ dB

$$A_v(s) = A_v(\infty) \frac{s(s + \omega_{z2})}{(s + \omega_{p1})(s + \omega_{p2})}$$

[



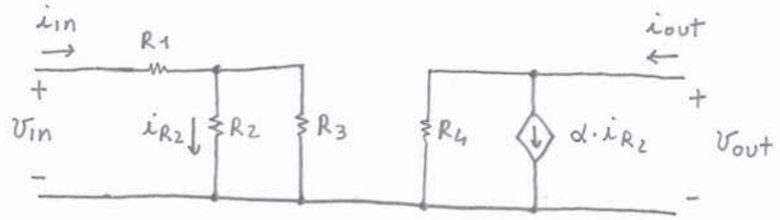
NON RICHIESTO

$|A'| = |A_v(\infty)| \dfrac{f_{Z2}}{f_{P2}} = 10.01$

$|A'|_{dB} = 20.01 \text{ dB}$

]

4)

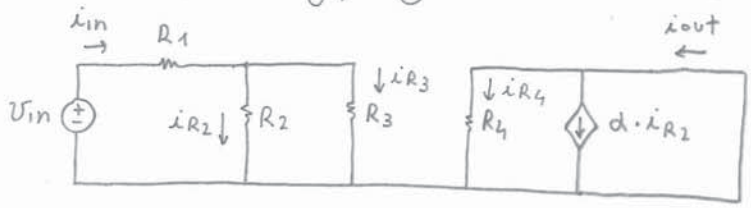


$$\begin{cases} i_{out} = g_f\, v_{in} + g_o\, v_{out} \\ i_{in} = g_i\, v_{in} + g_r\, v_{out} \end{cases}$$

$$g_f = \left.\frac{i_{out}}{v_{in}}\right|_{v_{out}=0} \qquad g_o = \left.\frac{i_{out}}{v_{out}}\right|_{v_{in}=0}$$

$$g_i = \left.\frac{i_{in}}{v_{in}}\right|_{v_{out}=0} \qquad g_r = \left.\frac{i_{in}}{v_{out}}\right|_{v_{in}=0}$$

Per il calcolo di g_f e g_i considero $v_{out}=0$ (cioè la porta di uscita cortocircuitata)



$i_{R4} = \frac{0}{R_4} = 0$ (dato che la tensione ai capi di R_4 è pari a 0) $\rightarrow$

$i_{out} = \alpha \cdot i_{R2}$

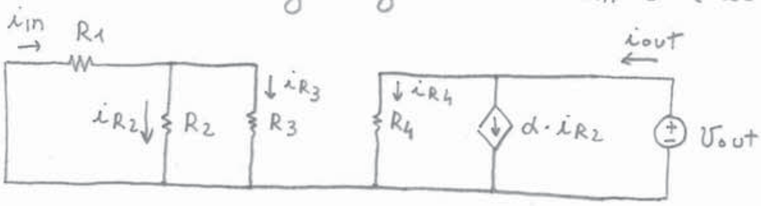
$$i_{in} = \frac{v_{in}}{R_1 + (R_2 /\!/ R_3)} \quad \rightarrow \quad g_i = \frac{i_{in}}{v_{in}} = \frac{1}{R_1 + (R_2/\!/R_3)}$$

$i_{R2} = i_{in} \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ (partitore di corrente) *

quindi

$$i_{out} = \alpha \cdot \frac{R_3}{R_2+R_3} \frac{v_{in}}{R_1 + (R_2/\!/R_3)} \quad \longrightarrow \quad g_f = \frac{i_{out}}{v_{in}} = \alpha \cdot \frac{R_3}{R_2+R_3} \cdot \frac{1}{R_1 + (R_2/\!/R_3)}$$

Per il calcolo di g_o e g_r considero $v_{in}=0$ (cioè la porta di ingresso cortocircuitata)

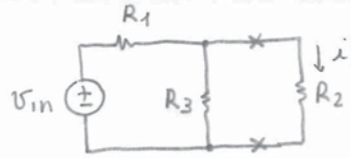


nella parte a sinistra, non essendoci eccitazione, tutte le correnti sono nulle:
$i_{in} = 0$, $i_{R2} = 0$, $i_{R3} = 0$ (infatti si ha che $0 = \underbrace{(R_1 + (R_2/\!/R_3))}_{\neq 0} i_{in} = 0 \rightarrow i_{in} = 0 \rightarrow$ $i_{R2} = \frac{i_{in} R_3}{R_2+R_3} = 0$, $i_{R3} = \frac{i_{in} R_2}{R_2+R_3} = 0$);
quindi anche $\alpha \cdot i_{R2} = 0$, per cui $i_{out} = i_{R4} = \frac{v_{out}}{R_4}$;
di conseguenza

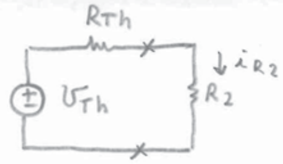
$$g_o = \frac{i_{out}}{v_{out}} = \frac{v_{out}/R_4}{v_{out}} = \frac{1}{R_4}$$

$$g_r = \frac{i_{in}}{v_{out}} = 0$$

* [oppure



$\equiv$



con $v_{Th} = \dfrac{v_{in} R_3}{R_1 + R_3}$

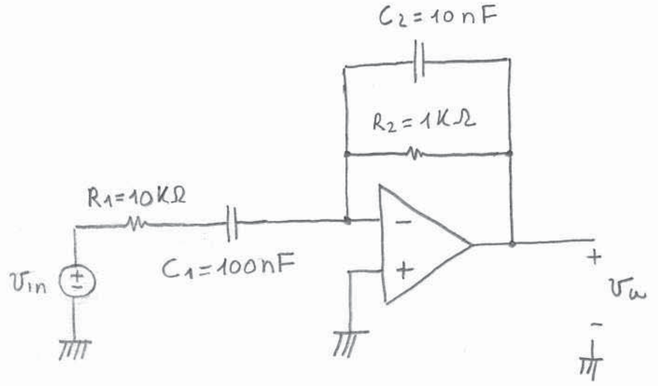
$R_{Th} = R_1 // R_3$

per cui $$i_{R_2} = \frac{v_{Th}}{R_{Th} + R_2} = \frac{v_{in} R_3}{R_1 + R_3} \frac{1}{(R_1 // R_3) + R_2} = \frac{v_{in} R_3}{R_1 + R_3} \frac{1}{\dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2} =$$

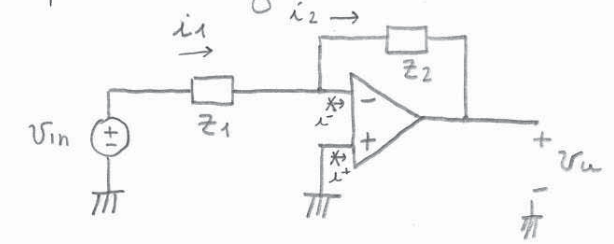
$$= v_{in} R_3 \frac{1}{R_1 R_3 + R_1 R_2 + R_3 R_2} = v_{in} R_3 \frac{1}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3} =$$

$$= v_{in} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \frac{1}{R_1 + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = v_{in} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \frac{1}{R_1 + (R_2 // R_3)}$$]

5)



possiamo ridisegnare il circuito nella forma



con $Z_1 = R_1 + \frac{1}{C_1 s} = \frac{1 + R_1 C_1 s}{C_1 s}$

$Z_2 = R_2 /\!/ \frac{1}{C_2 s} = \frac{R_2 \frac{1}{C_2 s}}{R_2 + \frac{1}{C_2 s}} = \frac{R_2}{1 + R_2 C_2 s}$

si ha che: per il c.c.v. $v^- = v^+ = 0$

quindi $i_1 = \frac{v_{in} - v^-}{Z_1} = \frac{v_{in}}{Z_1}$

per il c.c.v. $i^- = 0$

quindi $i_2 = i_1 = \frac{v_{in}}{Z_1}$

$v_u = v^- - Z_2 i_2 = -Z_2 i_2 = -\frac{Z_2}{Z_1} v_{in}$

quindi $A_v(s) = \frac{V_u(s)}{V_{in}(s)} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{1 + R_2 C_2 s} \frac{C_1 s}{1 + R_1 C_1 s} = -\frac{R_2}{1 + R_2 C_2 s} \frac{\frac{1}{R_1} s}{\frac{1}{R_1 C_1} + s} =$

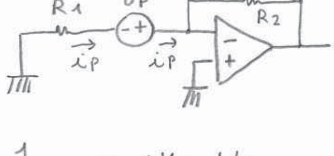
$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1} s}{\left(1 + \frac{s}{\left(\frac{1}{R_2 C_2}\right)}\right)\left(s + \frac{1}{R_1 C_1}\right)} = A_{vCB} \frac{s}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{P2}}\right)(s + \omega_{P1})}$$

con $\omega_{P1} = \frac{1}{R_1 C_1} = 1\,Krad/s$, $\omega_{P2} = \frac{1}{R_2 C_2} = 100\,Krad/s$ e $A_{vCB} = -\frac{R_2}{R_1} = \lim_{\omega_{P1} \ll |s| \ll \omega_{P2}} A_v(s) = -0.1$

$|A_{vCB}| = -20\,dB$

[si poteva ricavare anche notando che il circuito ha 2 condensatori e nessuna maglia impropria, per cui ha 2 poli; per frequenza infinita (quando C_1 e C_2 sono chiusi) $v_u = v^-$ con $v^- = 0$ per il ccv, per cui $A_v(\infty) = 0$ a causa della chiusura di C_2, quindi il numero degli zeri è pari al numero dei poli meno uno, cioè è pari a 1; C_1 porta a 0 l'uscita quando $\frac{1}{C_1 s} = \infty \rightarrow s = 0 \rightarrow \omega_{z1} = 0$;

$R_{vC1} = R_1$ (perché se mettiamo un generatore di prova al posto di C_1 e disattiviamo v_{in} abbiamo

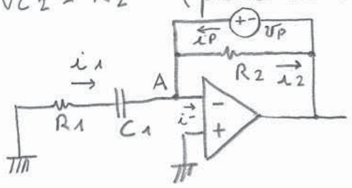


per il c.c.v. $v^- = v^+ = 0$, per cui sulla maglia di ingresso abbiamo

$-R_1 i_P + v_P = 0 \rightarrow R_{vC1} = \frac{v_P}{i_P} = R_1$)

$\omega_{P1} = \frac{1}{C_1 R_{vC1}} = \frac{1}{C_1 R_1} = 1\,K\,rad/s$

$R_{VC2} = R_2$ (perché se mettiamo un generatore di prova al posto di C_2 e disattiviamo v_{in} abbiamo



dove: per il CCV $v^- = v^+ = 0 \rightarrow$

$$i_1 \left(R_1 + \frac{1}{C_1 s} \right) = 0 \rightarrow i_1 = 0$$

per il CCV $i^- = 0$

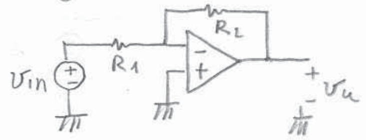
$$i_2 = \frac{v_P}{R_2}$$

quindi per l'equilibrio delle correnti al nodo A

$$i_1 + i_P = i_2 + i^- \rightarrow i_P = i_2 = \frac{v_P}{R_2} \rightarrow R_{VC2} = \frac{v_P}{i_P} = R_2 \Big)$$

$$\omega_{P2} = \frac{1}{C_2 R_2} = 100 \text{ Krad/s}$$

dato che $A_v(0) = 0$ e $A_v(\infty) = 0$ dobbiamo calcolare l'amplificazione in un plateau; dato che $\omega_{Z1} = 0$ e $\omega_{P1} = 1$ Krad/s (singolarità introdotte dal C_1) sono minori di $\omega_{P2} = 100$ Krad/s e $\omega_{Z2} = \infty$ (singolarità introdotte dal C_2, dove dire che $\omega_{Z2} = \infty$ è equivalente a dire che C_2 non introduce zeri visto che il termine $1 + \frac{s}{\omega_{Z2}}$ al numeratore della funzione di trasferimento scompare se $\omega_{Z2} = \infty$), nell'intervallo di pulsazioni intermedio tra ω_{P1} e ω_{P2} asintoticamente possiamo considerare C_1 chiuso (perché siamo a destra delle 2 singolarità che introduce C_1) e C_2 aperto (perché siamo a sinistra delle 2 singolarità che introduce C_2), ma per C_1 chiuso e C_2 aperto il circuito diventa



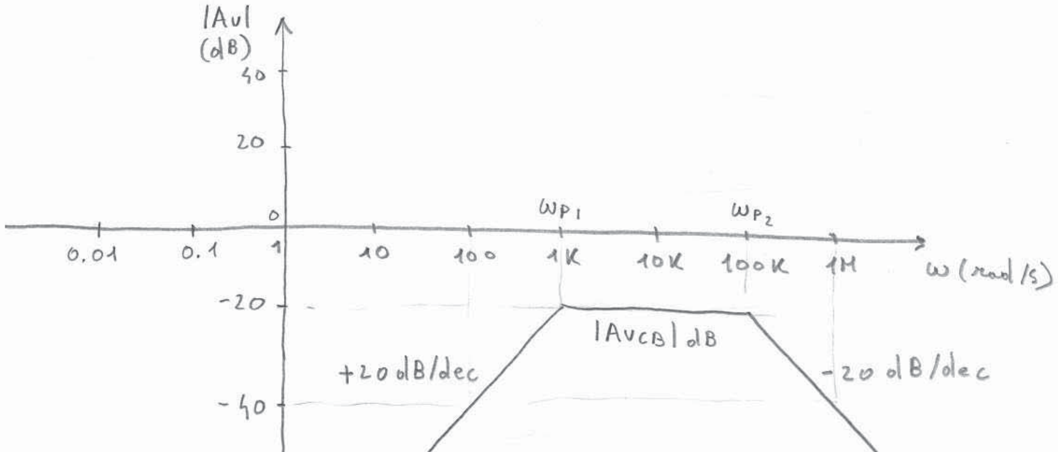
per cui tra ω_{P1} e ω_{P2} da un punto di vista asintotico (cioè per $\omega_{P1} \ll \omega \ll \omega_{P2}$) si ha un guadagno $A_{vCB} = -\frac{R_2}{R_1}$

quindi anche in questo modo troviamo che $A_v(s) = K \frac{s}{(s+\omega_{P1})(s+\omega_{P2})}$

con $A_{vCB} = \lim\limits_{\omega_{P1} \ll |s| \ll \omega_{P2}} A_v(s) = K \frac{s}{s \cdot \omega_{P2}} = \frac{K}{\omega_{P2}} \rightarrow K = A_{vCB}\, \omega_{P2}$

per cui $A_v(s) = A_{vCB} \frac{\omega_{P2}\, s}{(s+\omega_{P1})(s+\omega_{P2})} = A_{vCB} \frac{s}{(s+\omega_{P1})\left(1 + \frac{s}{\omega_{P2}}\right)}$]

Il diagramma di Bode del modulo è



per cui il circuito in esame rappresenta un filtro passa-banda con $\omega_L = \omega_{P1}$ e $\omega_H = \omega_{P2}$