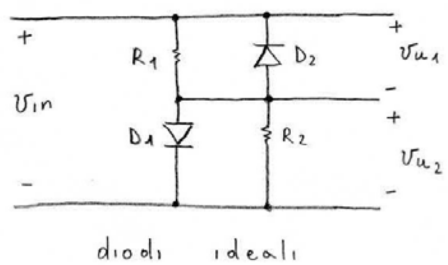
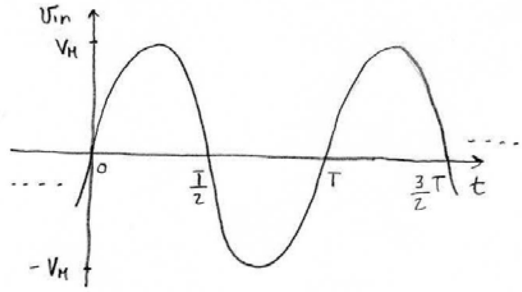
Scheda **A18_04**		Data: **9 aprile 2018**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

6 punti (4)

Si consideri il circuito rappresentato nella parte sinistra della figura sottostante, con all'ingresso la tensione sinusoidale $v_{in}(t)$ rappresentata nella parte destra della figura. Graficare l'andamento nel tempo delle corrispondenti tensioni di uscita $v_{u1}(t)$ e $v_{u2}(t)$, specificando lo stato dei due diodi nei diversi intervalli di tempo. Si considerino i diodi ideali.

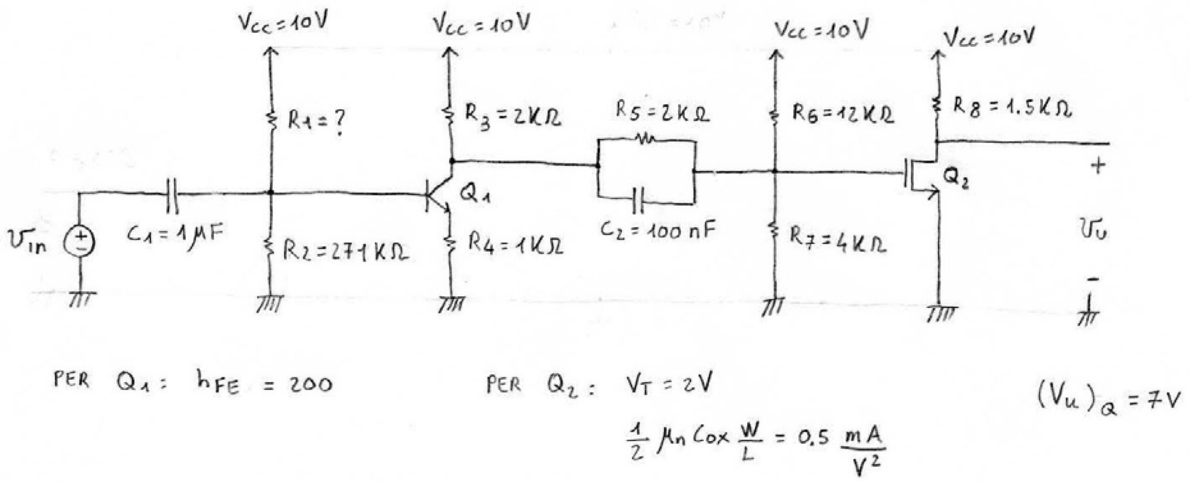




ESERCIZIO N°2

7.5 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il valore di R_1 sapendo che la tensione V_u a riposo vale 7 V. Determinare inoltre il punto di lavoro dei due transistori.



ESERCIZIO N°3

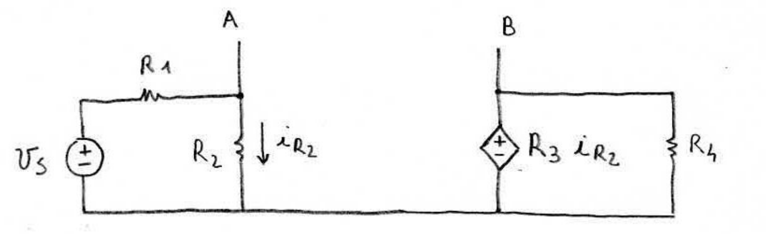
7.5 punti (4)

Si consideri il circuito mostrato nell'esercizio precedente, in cui però stavolta si assuma R_1=271 KΩ. Se ne ricavi la funzione di trasferimento $A_v(s)=V_u/V_{in}$ (i diagrammi di Bode non sono richiesti). Per i due transistori, si considerino: per Q_1, h_{ie}=5 KΩ, h_{fe}=250; per Q_2, g_m=3 mA/V.

ESERCIZIO N°4

6 punti (4)

Nel circuito sottostante, determinare la resistenza vista tra i nodi *A* e *B* (si noti che il suo valore non dipenderà dalla resistenza R_4).

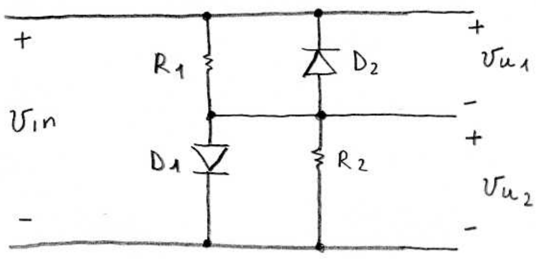


ESERCIZIO N°5

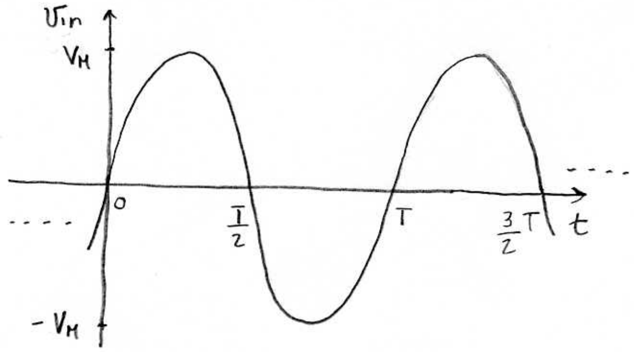
6 punti (4)

Disegnare lo schema circuitale e dimensionare un filtro passa-basso del primo ordine con limite superiore di banda pari a ω_H=10 Krad/s e guadagno in banda passante A_0=3 (positivo). Progettarlo in modo tale che il suo comportamento sia indipendente dalla resistenza della sorgente e dalla resistenza del carico. Si considerino gli amplificatori operazionali ideali.

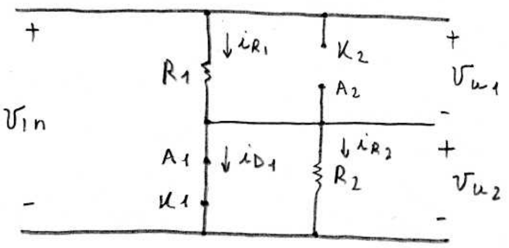
(1)



diodi ideali



• per $v_{in} > 0$ ipotizzo D_1 in conduzione e D_2 interdetto



$$i_{R1} = \frac{v_{in}}{R_1} > 0 \quad (\text{essendo } v_{in} > 0)$$

$$i_{R2} = \frac{v_{AK1}}{R_2} = 0 \quad \rightarrow \quad i_{D1} = i_{R1} > 0 \rightarrow$$

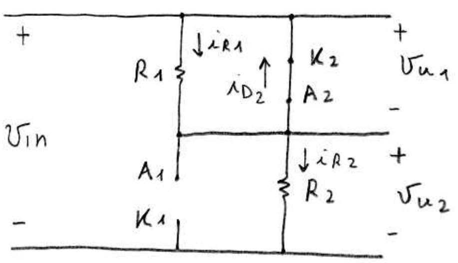
verificata la conduzione di D_1

$$v_{AK_2} = -R_1\, i_{R1} < 0 \rightarrow \text{verificata l'interdizione di } D_2$$

quindi $v_{u1} = R_1\, i_{R1} = v_{in}$

$v_{u2} = v_{AK1} = 0$

• per $v_{in} < 0$ ipotizzo D_1 interdetto e D_2 in conduzione



$$i_{R2} = \frac{v_{in}}{R_2} < 0 \quad (\text{essendo } v_{in} < 0)$$

$$i_{R1} = \frac{-v_{AK2}}{R_1} = 0 \rightarrow i_{D2} = -i_{R2} > 0 \rightarrow$$

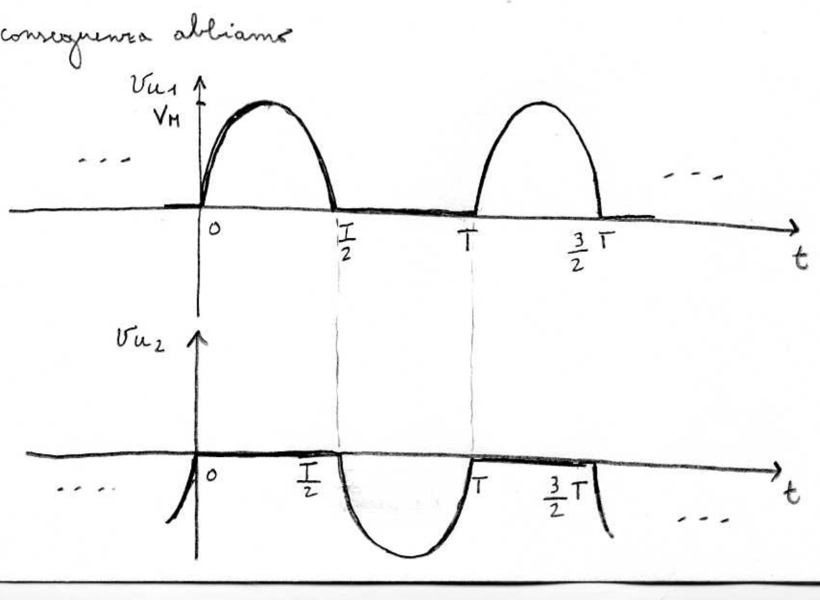
verificata la conduzione di D_2

$$v_{AK1} = R_2\, i_{R2} < 0 \rightarrow \text{verificata l'interdizione di } D_1$$

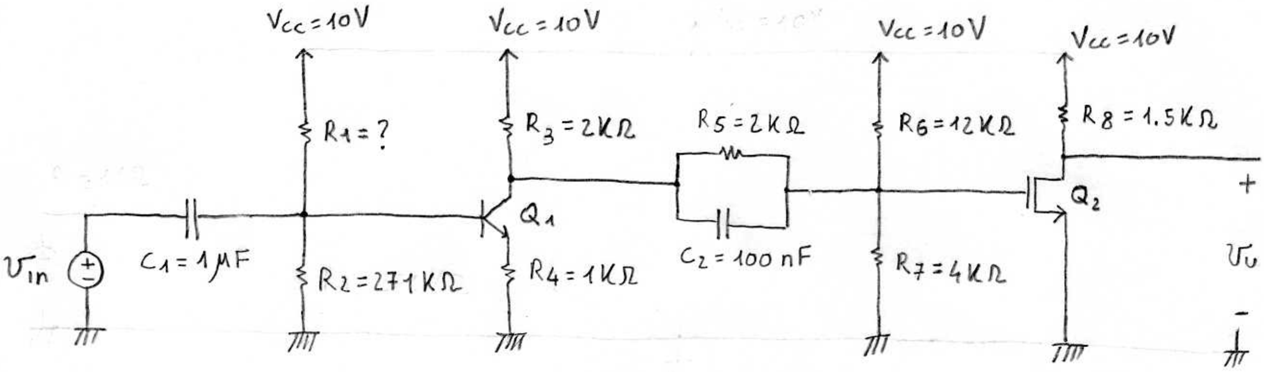
quindi $v_{u1} = -v_{AK2} = 0$

$v_{u2} = R_2\, i_{R2} = v_{in}$

di conseguenza abbiamo



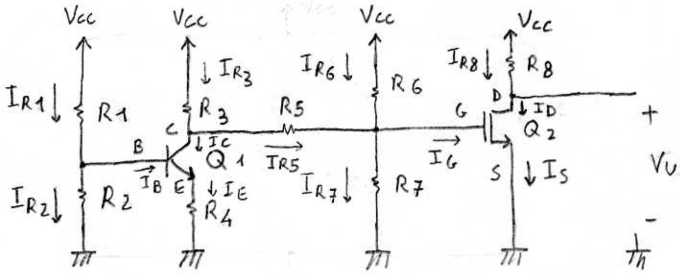
②



PER Q_1: $h_{FE}=200$ PER Q_2: $V_T=2V$ $(V_u)_Q=7V$

$$\frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}=0.5\ \frac{mA}{V^2}$$

In continua il circuito diventa:



$$I_{R8}=\frac{V_{cc}-V_U}{R_8}=2\,mA=I_D=I_S$$
(dato che $I_G=0$)

ipotesi 1: Q_2 in saturazione

$$I_D=K(V_{GS}-V_T)^2 \rightarrow V_{GS}=V_T \pm \sqrt{\frac{I_D}{K}}=4V > V_T=2V$$

con $K=\frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}$

essendo Q_2 un mos a canale n, per condurre deve essere $V_{GS}>V_T$

$$V_S=0 \rightarrow V_G=V_{GS}+V_S=V_{GS}=4V$$

$$V_{DS}=V_U-V_S=V_U=7V > V_{GS}-V_T=2V$$

verificata l'ipotesi 1

$$I_{R6}=\frac{V_{cc}-V_G}{R_6}=0.5\,mA$$

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

$$I_{R7}=\frac{V_G}{R_7}=1\,mA$$

$$I_{R5}=I_{R7}-I_{R6}=0.5\,mA$$ (notare che $I_G=0$)

$$V_C=V_G+R_5 I_{R5}=5V$$

$$I_{R3}=\frac{V_{cc}-V_C}{R_3}=2.5\,mA$$

$$I_C=I_{R3}-I_{R5}=2mA$$

ipotesi 2: Q_1 in zona attiva diretta

$$I_B=\frac{I_C}{h_{FE}}=10\mu A>0$$

$$I_E=(h_{FE}+1)I_B=2.01\,mA$$

$V_E = R_4 I_E = 2.01\,V$

$V_{CE} = V_C - V_E = 2.99\,V > V_{CE\,sat} = 0.2\,V \longrightarrow$ verificata l'ipotesi 2

$V_B = V_E + V_{BE} = V_E + V_\gamma = 2.71\,V$

$I_{R_2} = \dfrac{V_B}{R_2} = 10\,\mu A$

$I_{R_1} = I_{R_2} + I_B = 20\,\mu A$

$R_1 = \dfrac{V_{CC} - V_B}{I_{R_1}} = 364'500\,\Omega$

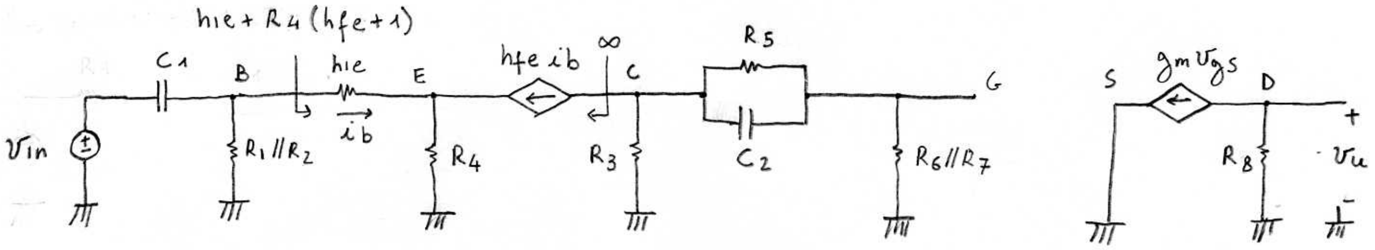
3 Consideriamo adesso:

$R_1 = 271\,K\Omega$

$h_{ie} = 5\,K\Omega$ $\qquad g_m = 3\,\dfrac{mA}{V}$

$h_{fe} = 250$

Per le variazioni abbiamo:



essendoci due condensatori e nessuna maglia impropria, ci sono 2 poli;
essendo $A_v(\infty) \neq 0$, il numero degli zeri è uguale al numero dei poli e quindi pari a 2

$R_{VC1} = R_1 // R_2 // (h_{ie} + R_4(h_{fe}+1)) = 88602.8097\,\Omega$

$\omega_{P1} = \dfrac{1}{C_1 R_{VC1}} = 11.2863\,rad/s \rightarrow f_{P1} = \dfrac{\omega_{P1}}{2\pi} = 1.7963\,Hz$

$R_{VC2} = R_5 // ((R_6 // R_7) + R_3 // \infty) = R_5 // ((R_6 // R_7) + R_3) = 1428.5714\,\Omega$

$\omega_{P2} = \dfrac{1}{C_2 R_{VC2}} = 7000\,rad/s \rightarrow f_{P2} = \dfrac{\omega_{P2}}{2\pi} = 1114.0846\,Hz$

C_1 è in serie sull'unico percorso che porta il segnale in uscita $\rightarrow v_u$ si azzera per

$\dfrac{1}{C_1 s} = \infty \rightarrow s = 0 \rightarrow \omega_{Z1} = 0$

il gruppo $R_5 // \dfrac{1}{C_2 s}$ è in serie sull'unico percorso che porta il segnale in uscita $\rightarrow$

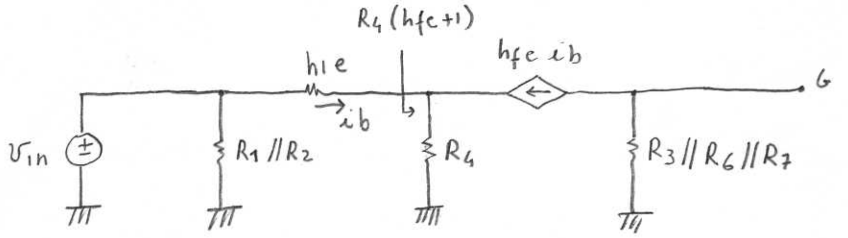
v_u si azzera per $R_5 // \dfrac{1}{C_2 s} = \infty \rightarrow$

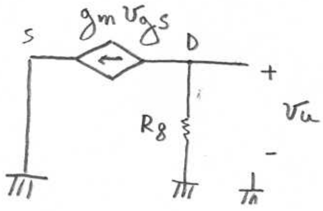
$\dfrac{R_5 \dfrac{1}{C_2 s}}{R_5 + \dfrac{1}{C_2 s}} = \dfrac{R_5}{1 + R_5 C_2 s} = \infty \rightarrow 1 + R_5 C_2 s = 0 \rightarrow s = -\dfrac{1}{R_5 C_2} \rightarrow \omega_{Z2} = \dfrac{1}{R_5 C_2} =$

$= 5000\,rad/s \rightarrow f_{Z2} = \dfrac{\omega_{Z2}}{2\pi} = 795.7747\,Hz$

$A_v(s) = A_v(\infty)\,\dfrac{s(s + \omega_{Z2})}{(s + \omega_{P1})(s + \omega_{P2})}$

Per calcolare $A_v(\infty)$ sostituiamo C_1 e C_2 con dei cortocircuiti





$$v_u = - R_8\, g_m\, v_{gs}$$

$$v_{gs} = v_g \qquad (\text{dato che } v_s = 0)$$

$$v_g = -(R_3 // R_6 // R_7)\, h_{fe}\, i_b$$

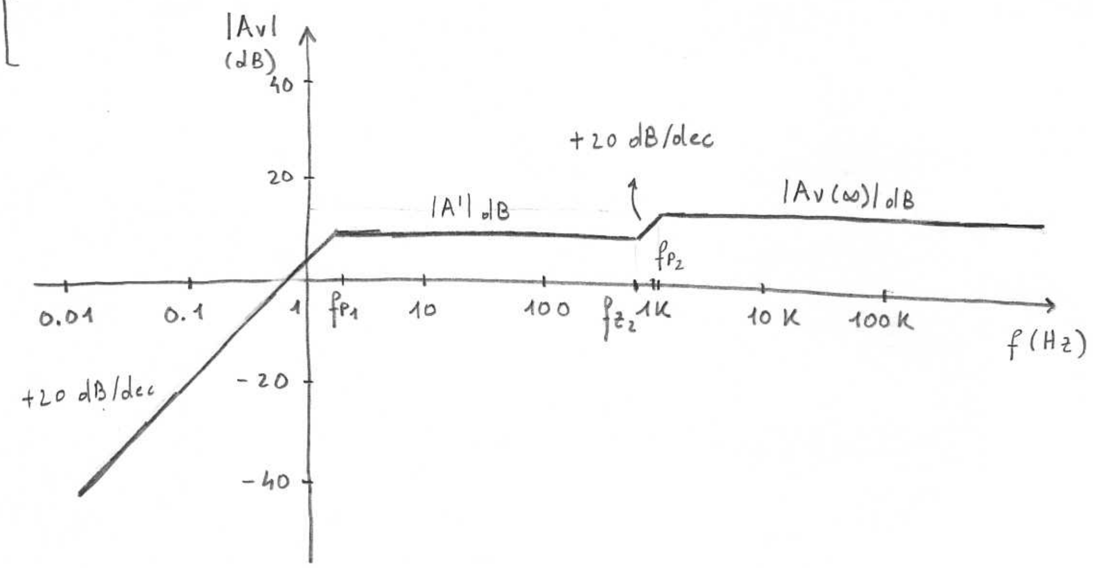
$$i_b = \frac{v_{in}}{h_{ie} + R_4 (h_{fe}+1)}$$

$$A_v(\infty) = \frac{v_u}{v_{in}} = \frac{R_8\, g_m\, (R_3 // R_6 // R_7)\, h_{fe}}{h_{ie} + R_4 (h_{fe}+1)} = 5.2734$$

(positivo, come deve essere dato che è la cascata di uno stadio a emettitore comune, invertente, e di uno stadio a source comune, invertente)

$$|A_v(\infty)|_{dB} = 14.4419 \text{ dB}$$

[

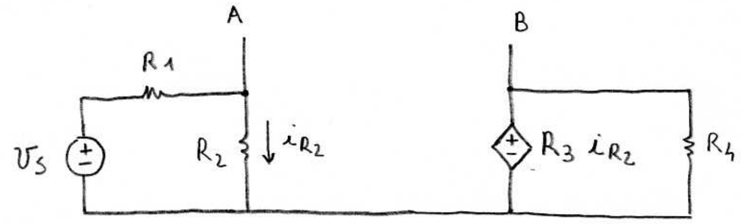


NON RICHIESTO

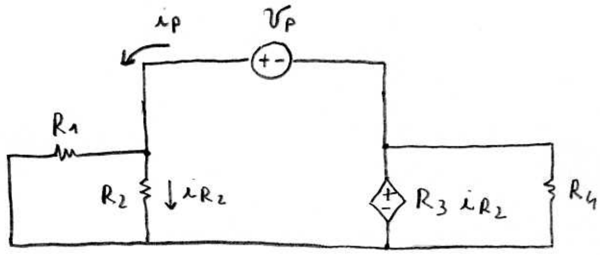
$$|A'| = |A_v(\infty)| \frac{f_{Z_2}}{f_{P_2}} = 3.7667 \quad \rightarrow \quad |A'|_{dB} = 11.5193 \text{ dB}$$

]

(4)



si disattiva il generatore indipendente v_S



$$v_P = \underbrace{R_2\, i_{R_2}}_{\text{caduta sulla } R_2} - \underbrace{R_3\, i_{R_2}}_{\text{tensione ai capi del generatore } R_3 i_{R_2}} = (R_2 - R_3)\, i_{R_2}$$

$$i_{R_2} = i_P \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{(partitore di corrente)}$$

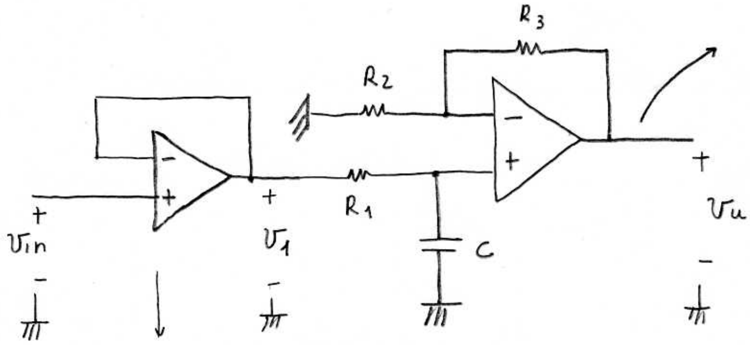
[oppure $i_P = i_{R_2} + \frac{v_{R_1}}{R_1} = i_{R_2} + \frac{R_2\, i_{R_2}}{R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}\, i_{R_2} \rightarrow i_{R_2} = i_P \frac{R_1}{R_1 + R_2}$]

quindi

$$v_P = (R_2 - R_3)\, i_P \frac{R_1}{R_1 + R_2} \rightarrow R_V = \frac{v_P}{i_P} = (R_2 - R_3) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

(5) $\omega_H = 10\ Krad/s$

$A_o = 3$



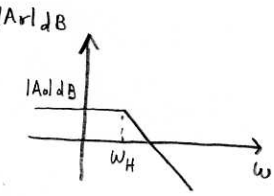
qui a causa della reazione di tensione la resistenza di uscita è già circa nulla (esattamente nulla se l'A.O. già di per sé ha $R_{OUT} = 0$), quindi non c'è bisogno di un buffer per rendere la $R_{out} = 0$ e quindi l'uscita indipendente dalla resistenza di carico

qui ci vuole questo buffer per rendere la resistenza di ingresso nulla e quindi fare in modo che tutta la tensione della sorgente arrivi in ingresso a prescindere dal valore della resistenza della sorgente

$v_1 = v_{in}$ (in mezzo c'è il buffer, che ha guadagno unitario)

$$v^+ = \frac{\frac{1}{CS}}{R_1 + \frac{1}{CS}} v_1 = \frac{1}{1 + R_1 C S} v_1 = \frac{1}{1 + R_1 C S} v_{in}$$

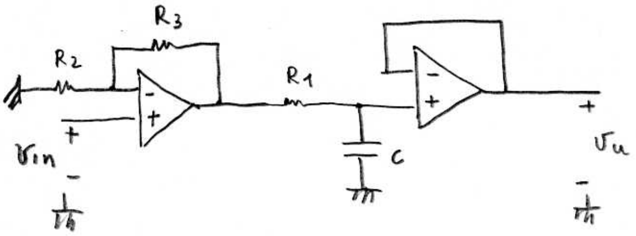
$$v_u = v^+ \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) \frac{1}{1 + R_1 C S} v_{in} = \frac{A_o}{1 + \frac{S}{\omega_H}} v_{in}$$



con $A_o = 1 + \frac{R_3}{R_2} = 3 \longrightarrow R_3 = 2 R_2$, ad es $R_2 = 1 K\Omega$, $R_3 = 2 K\Omega$

$\omega_H = \frac{1}{R_1 C} = 10 K\ rad/s \rightarrow R_1 C = 1 \cdot 10^{-4}\ s$, ad es $R_1 = 1 K\Omega$, $C = 100\ nF$

[Naturalmente il filtro avrebbe potuto essere realizzato in tanti altri modi, ad es



che presenta comunque $R_{in} = \infty$ e $R_{out} = 0$]