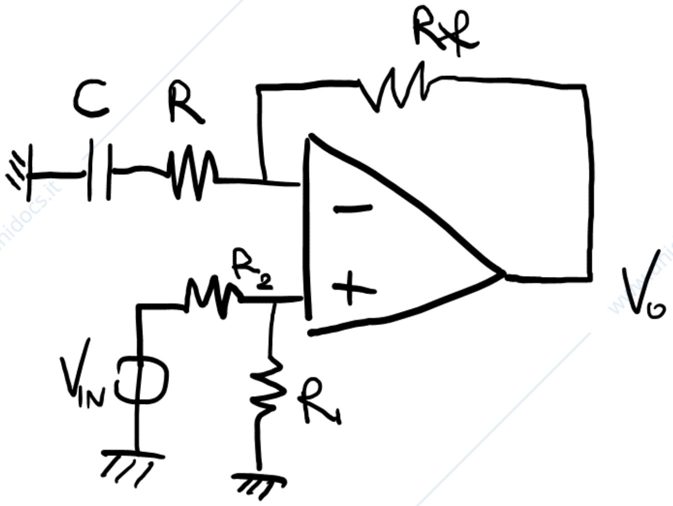
Fondamenti di Elettronica per Ingegneria dell'Automazione

Esercitazione 8

Ing. Pietro King

1)



R1 = 1 kΩ

R2= 1 kΩ

R = 1 kΩ

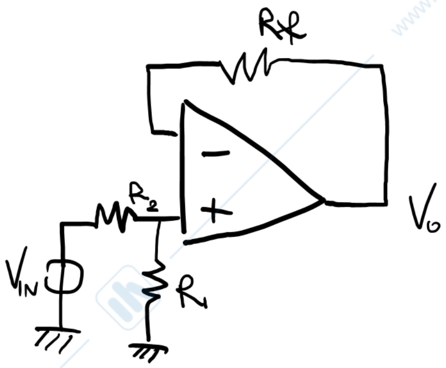
Rf= 9 kΩ

C = 16 pF

a) *Calcolare il guadagno ideale del circuito*
b) *Calcolare il* $G(s)$ *del circuito*
c) *Determinare i diagrammi di Bode del modulo del guadagno e delle fasi*

a) G_{ideale}?

f=0



$$V^+ = V^-$$

$$V^+ = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in}$$

$$V^- = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in}$$

$$I^- = 0 = I_{Rf}$$

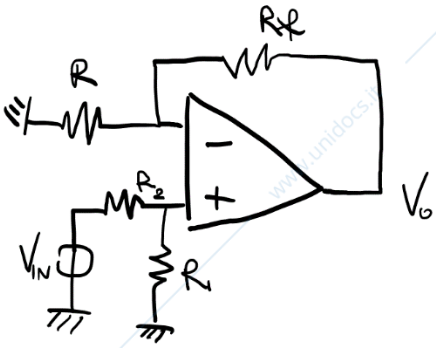
$$V_{Rf} = 0$$

$$V_{out} = V^- = V^+ = V^+ = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R1}{R1 + R2} = \frac{1}{2}$$

$$|G(0)| = \frac{1}{2}$$

f=∞



$$V^+ = V^-$$

$$V^+ = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in}$$

$$V^- = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in}$$

$$I_R = \frac{V^-}{R}$$

$$I_R = I_{Rf}$$

$$V_o - V^- = I_{Rf}\, R_F$$

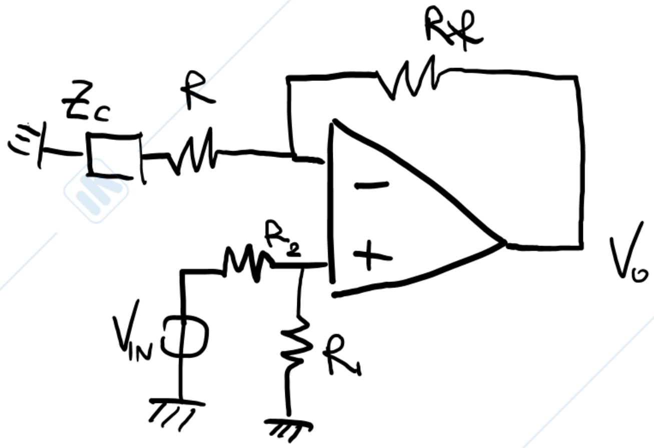
$$V_o - \frac{R1}{R1 + R2} V_{in} = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in} \frac{R_F}{R}$$

$$V_o = \frac{R1}{R1 + R2} V_{in} \left(1 + \frac{R_f}{R}\right)$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R1}{R1 + R2} \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) = \frac{1}{2}(1 + 9) = 5$$

$$|G(\infty)| = 5$$

b) $G(s)$*?*



L'espressione dell'impedenza caratteristica della capacità C è:

$$Z_C = \frac{1}{sC}$$

$$V^+ = V^- = \frac{R1}{R1+R2} V_{in}$$

$$I_R = \frac{V^-}{R+Z_C} = V^- \frac{1}{R+\frac{1}{sC}} = V^- \frac{1}{\frac{1+sCR}{sC}} = V^- \frac{sC}{1+sCR} = \frac{sC}{1+sCR} \frac{R1}{R1+R2} V_{in}$$

$$V_{Rf} = I_R R_F$$

$$V_o - V^- = V_{Rf} = I_R R_f$$

$$V_o - \frac{R1}{R1+R2} V_{in} = R_F \frac{R1}{R1+R2} \frac{sC}{1+sCR} V_{in}$$

$$V_o = (1 + R_F \frac{sC}{1+sCR}) \frac{R1}{R1+R2} V_{in}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R1}{R1+R2}\left(1 + R_F \frac{sC}{1+sCR}\right) = \frac{1}{2}\left(1 + R_F \frac{sC}{1+sCR}\right) = \frac{1}{2} \frac{1+sCR+sCR_F}{1+sCR}$$

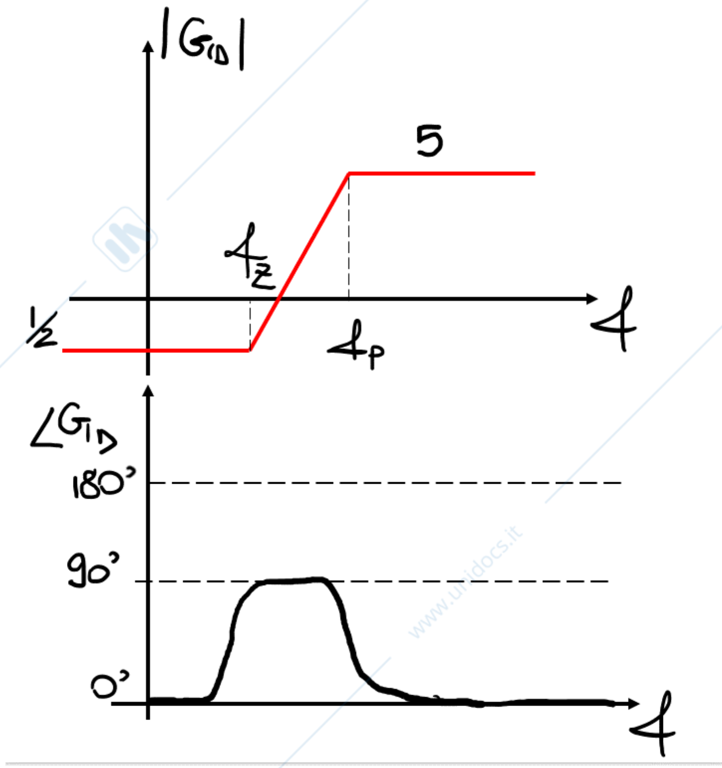
$$G(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{2} \frac{1+sC(R+R_F)}{1+sCR}$$

c)

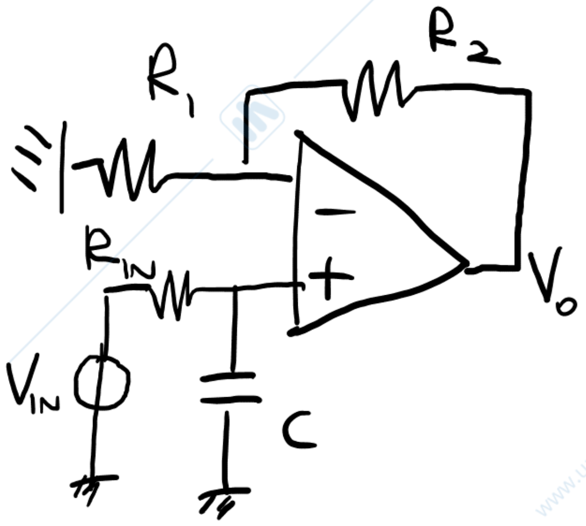
Dall'espressione della funzione di trasferimento del sistema e' possibile determinare poli e zeri del sistema:

zero: $\tau_z = C(R+R_F) = 160\ ns$ $\qquad f_z = \frac{1}{2\pi\tau_z} = 995\ kHz$

polo: $\tau_p = CR = 16\ ns$ $\qquad f_p = \frac{1}{2\pi\tau_p} = 9.95\ MHz$


|G1D|
5
fz
f
1/2
fp
∠G1D
180°
90°
0°
f

2)



R1 = 10 kΩ

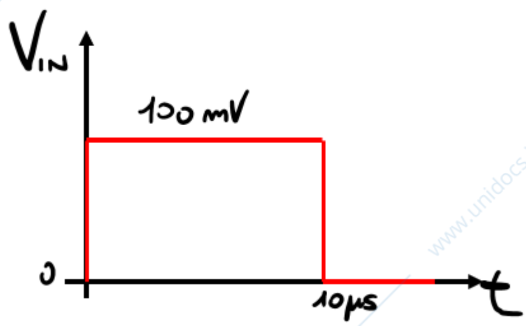
R2= 100 kΩ

Rin = 1 kΩ

C = 1 nF

a) Dato in ingresso un gradino di ampiezza 100mV e durata 10us, determinare Vout
b) Determinare l'effetto sulla tensione di uscita delle correnti di polarizzazione (I_{bias}) pari a 1uA
c) Dato in ingresso un segnale $V_{in} = 100\ mV \sin(2\pi f t)$, *con f=1.6 MHz, determinare Vout*

a)



Dato il segnale V_{in} in ingresso, questo causa la carica della capacità C con una costante di tempo $\tau = R_{in}C = 1us$.

$\tau \ll T = 10\ \mu s$, quindi la tensione $V_C = V^+$, riesce a caricarsi completamente nel periodo del segnale rettangolare.

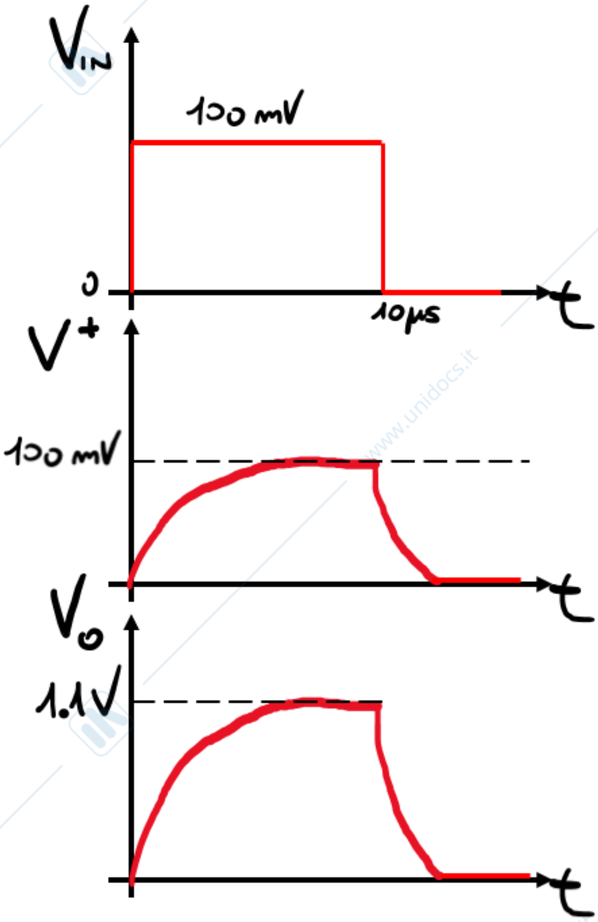
$$V^+ = \frac{\frac{1}{sC}}{R_{IN} + \frac{1}{sC}} V_{in} = \frac{1}{1 + sCR_{in}} V_{in}$$

$$V^- = V^+$$

$$I_{R1} = \frac{V^-}{R1}$$

$$V_o - V^- = I_{R1}R2 = \frac{V^-}{R1}R2$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)V^- = 11\,V^-$$



$$V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)V^- = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)\frac{1}{1 + sCR_{in}}V_{in}$$

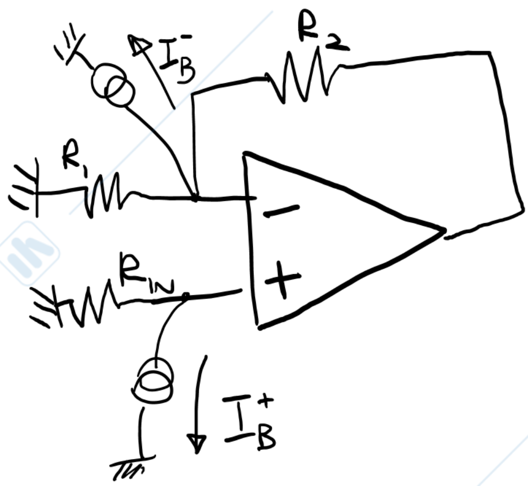
$$\frac{V_o}{V_{in}} = 11\frac{1}{1 + sCR_{in}}$$

b)

Per determinare l'effetto delle correnti di polarizzazione, considero il sistema con il segnale di ingresso spento.

Le correnti di polarizzazione vengono simbolizzate come i generatori di corrente I_B^+ *e* I_B^-, collegati agli ingressi non-invertente e invertente dell'amplificatore operazionale.

Il loro effetto può essere calcolato usando la sovrapposizione degli effetti.



Consideriamo I_B^+ accesa e I_B^- spenta.

$$V^+ = -I_B^+ R_{IN}$$

$$V^- = V^+$$

$$V_o' = \left(1+\frac{R2}{R1}\right)V^- = -I_B^+ R_{IN}\left(1+\frac{R2}{R1}\right) = -1\mu A\ 1k\Omega(1+10) = -11mV$$

Consideriamo I_B^+ spenta e I_B^- accesa.

$$V^+ = 0$$

$$V^- = V^+ = 0$$

$$V_o'' = I_B^- R2 = 1\mu A\ 100k\Omega = +100\ mV$$

L'effetto delle correnti di polarizzazione sull'uscita è uguale a:

$$V_o = V_o' + V_o'' = -11\ mV + 100\ mV = +89\ mV$$

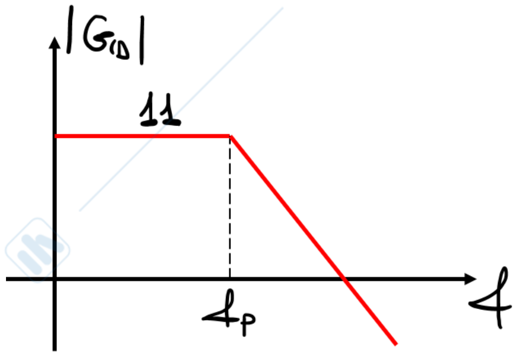
c)

La funzione di trasferimento del circuito è calcolata nel punto a)

$$G(s) = 11\frac{1}{1+sCR_{in}}$$

Il polo della funzione di trasferimento è

$$f_p = \frac{1}{2\pi C R_{in}} = 160\ kHz$$



Dato un segnale di ingresso $V_{in} = 100\, mV \sin(2\pi f t)$*, con f=1.6 MHz*

È necessario calcolare il cambiamento di guadagno e di fase alla frequenza f=1.6 MHz nel circuito sotto esame.

$$\left|\frac{V_{out}}{V_{in}}(1.6\, MHz)\right| = \left|\frac{11}{1 + j\,\dfrac{1.6\, MHz}{160\, kHz}}\right| = \frac{|11|}{\left|1 + j\,\dfrac{1.6\, MHz}{160\, kHz}\right|} = \frac{11}{\sqrt{1+100}} = 1.1$$

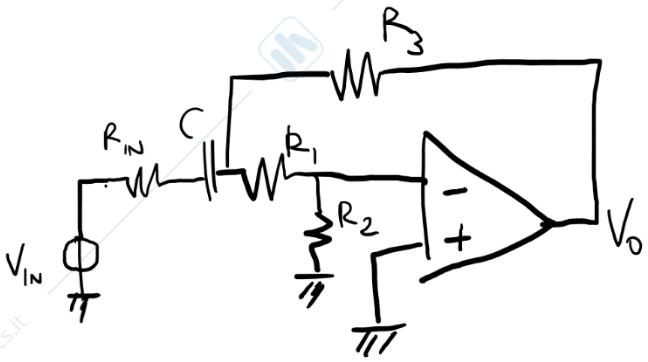
La frequenza in esame è una decade dopo la frequenza del polo, quindi abbiamo un ritardo di $-90°$ di fase.

Possiamo definire Vout:

$$Vout = G\, V_{in} = 1.1\; 100mV \sin(2\pi f t - 90°)$$

$$Vout = -110\, mV \cos\,(2\pi f t)$$

3)



R1 = 10 kΩ

R2 = 2 kΩ

R3 = 20 kΩ

Rin = 1 kΩ

C = 10 pF

a) Calcolare il guadagno ideale del circuito
b) Determinare l'effetto sulla tensione di uscita di una tensione di offset $V_{os} = 0.5\ mV$
c) Calcolare il Gloop del circuito nel caso R_in = 0.

$a)\ G_{ideale}$?

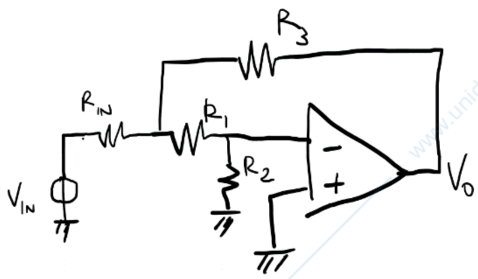
f=0

Per f=0, la capacita' C e' un circuto aperto.

Non c'e' un percorso tra Vout e Vin.

$$G(0) = 0$$

f=∞



$$V^+ = V^-$$

$$V^+ = 0 = V^-$$

$$I_{R2} = \frac{V^-}{R2} = 0\ A$$

$$I_{R1} = I^- = 0\ A$$

$$I_{R_{in}} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$$

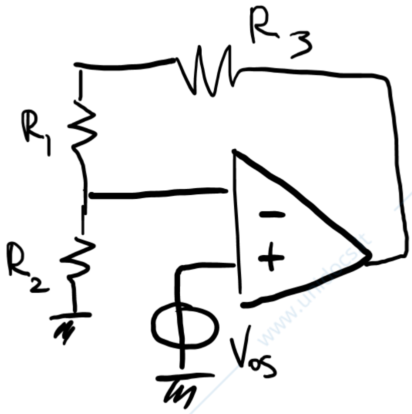
$$I_{in}R_3 = -Vout$$

$$Vout = -\frac{R_3}{R_{in}}Vin$$

$$\frac{Vout}{Vin} = -20$$

$$|G(\infty)| = 20$$

b)



Calcoliamo l'impatto della tensione di offset in DC, quindi la capacità C è un circuito aperto.

Il circuito è in feedback negativo:

$$V^+ = V^-$$

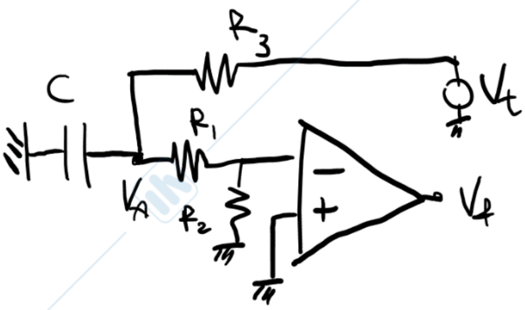
$$V^+ = V_{os} = V^-$$

$$I_{R2} = \frac{V_{os}}{R2}$$

$$V_{out} - V_{os} = I_{R2}(R1 + R3)$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R1 + R3}{R2}\right)V_{os} = \left(1 + \frac{30}{2}\right)0.5\,mV = 8\,mV$$

c)



Taglio il circuito all'uscita dell'amplificatore operazionale. Pongo Vtest e osservo come cambia Vfeedback.

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

$$V_A = \frac{(R1+R2)||(\frac{1}{sC})}{R3 + ((R1+R2)||\frac{1}{sC})} V_t =$$

$$= \frac{\frac{(R1+R2)}{1+sC(R1+R2)}}{R3 + \frac{(R1+R2)}{1+sC(R1+R2)}} V_t =$$

$$= \frac{(R1+R2)}{R3\big(1+sC(R1+R2)\big)+(R1+R2)} V_t =$$

$$= \frac{(R1+R2)}{R1+R2+R3+sCR3(R1+R2)} V_t$$

$$V^- = \frac{R2}{R1+R2} V_A =$$

$$= \frac{R2}{(R1+R2)} \frac{(R1+R2)}{R1+R2+R3+sCR3(R1+R2)} V_t$$

$$= \frac{R2}{R1+R2+R3+sCR3(R1+R2)} V_t$$

$$= \frac{R2}{R1+R2+R3} \frac{1}{1+sC\frac{R3(R1+R2)}{R1+R2+R3}} V_t$$

$$= \frac{R2}{R1+R2+R3} \frac{1}{1+sC(R3||(R1+R2))} V_t$$

$$V_f = -A\,V^- = -A \frac{R2}{R1+R2+R3} \frac{1}{1+sC(R3||(R1+R2))} V_t$$

$$G_{loop} = \frac{V_f}{V_t} = -A \frac{R2}{R1+R2+R3} \frac{1}{1+sC(R3||(R1+R2))}$$