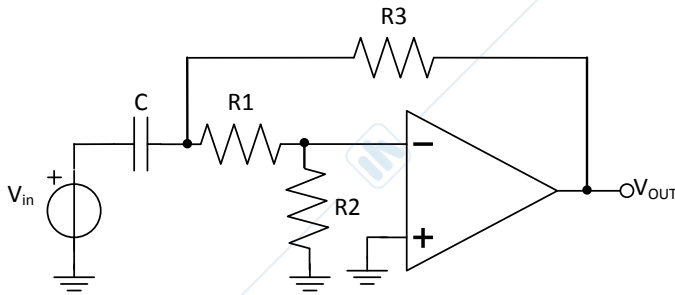


Fondamenti di Elettronica – Ing. AUTOMATICA e INFORMATICA - AA 2012/2013

2° Prova in itinere – 27 Giugno 2013

Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a) ...

Esercizio 1.



Dati:

$$R1=10\text{k}\Omega, R2=2\text{k}\Omega, R3=20\text{k}\Omega$$

$$C=10\text{pF}$$

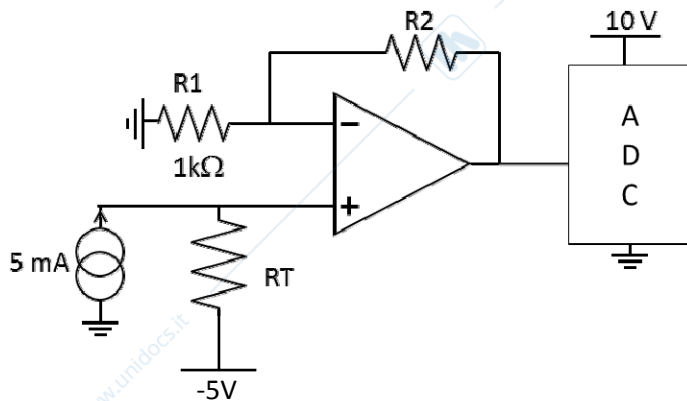
Nel circuito di figura si consideri inizialmente l'amplificatore operazionale con guadagno infinito e una tensione di offset di $V_{os}=0.5\text{mV}$.

- Determinare la funzione di trasferimento V_{out}/V_{in}
- Valutare l'effetto sull'uscita della tensione di offset

Si assuma ora l'amplificatore operazionale con un guadagno in continua di $A_0=10^5$ e prodotto guadagno banda $GBP=1.6\text{MHz}$.

- Tracciare il diagramma di Bode del guadagno d'anello e commentare la stabilità del circuito.
- Tracciare il diagramma di Bode approssimato del trasferimento V_{out}/V_{in}
- Assumendo uno slew-rate di $0.1\text{V}/\mu\text{s}$ e una sinusoide di ingresso ampia 10V , calcolare la massima frequenza affinché non ci sia distorsione
- Calcolare la resistenza equivalente in continua vista dal condensatore C.

Esercizio 2.



Il resistore R_T , sensibile alla temperatura T , vale $1\text{k}\Omega$ a 0°C e varia di $2\Omega/^\circ\text{C}$ nell'intervallo $0-50^\circ\text{C}$. Si vuole impiegarlo nel circuito in figura 1 per la misura di T con una risoluzione di 0.2°C nello stesso intervallo di temperatura.

- Qual è il numero minimo di bit dell'ADC che soddisfa la risoluzione richiesta, e quali sono le massime variazioni attese di R_T e di V^+ nella misura?
- Quale valore deve assumere R_2 perché per $T=0^\circ\text{C}$ il codice di uscita dell'ADC sia quello minimo e per $T=50^\circ\text{C}$ sia quello massimo?
- Qual è la massima tensione di offset ammissibile per l'A.O., perché l'errore introdotto sia non superiore a ± 0.5 LSB?
- Assumendo $A_0=80\text{dB}$ per l'A.O., quanto vale in LSB il massimo errore di guadagno introdotto dall'amplificatore nella misura?
- Disegnare lo schema a blocchi di un ADC a doppia rampa e descriverne sinteticamente funzionamento e caratteristiche.

Fondamenti di Elettronica – Ing. AUTOMATICA e INFORMATICA - AA 2012/2013

Prova in itinere del 27 Giugno 2013 – Soluzione sintetica

Esercizio 1

- a) In R2 non circola corrente di conseguenza il nodo tra C e R1 è a 0V e la funzione di trasferimento vale:

$$V_{out} / V_{in} = -s \cdot C \cdot R3$$

- b) Al morsetto – dell'AO la tensione vale V_{os} imponendo una corrente in R2 pari a $V_{os}/R2$. Questa corrente circolando in R1 e R3 produce una tensione di uscita pari a:

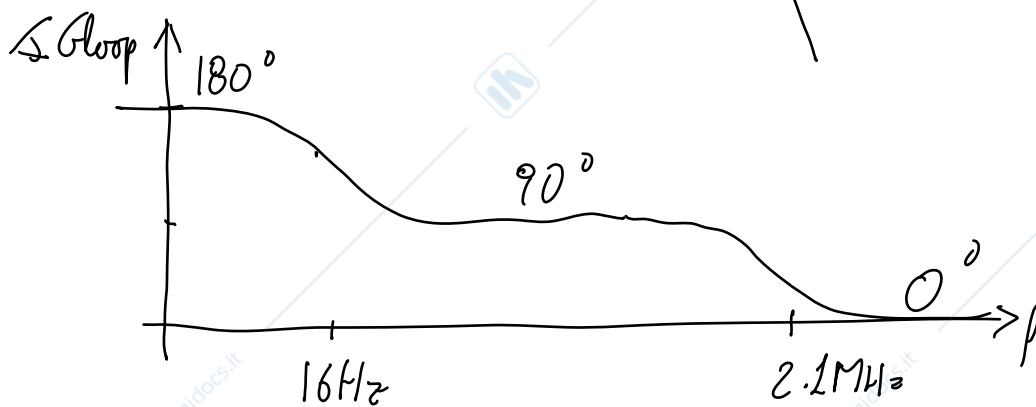
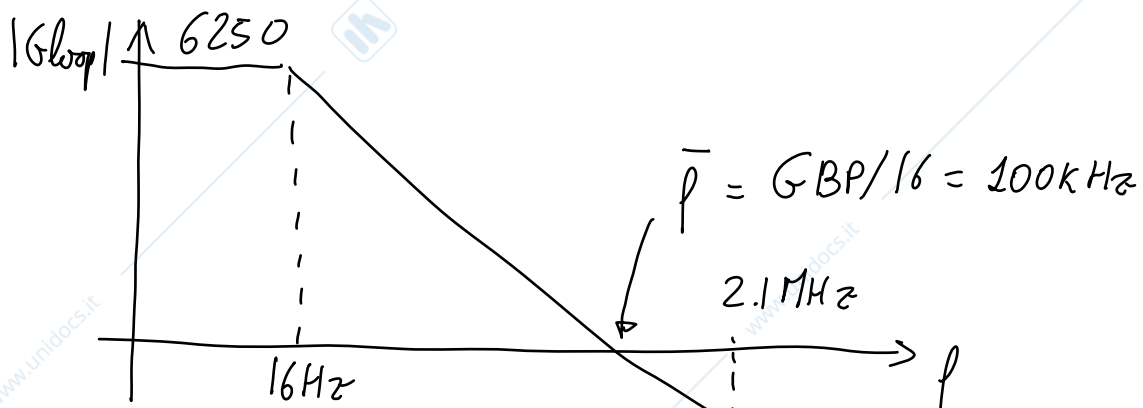
$$|V_{out}| = V_{os} + (R1+R3) \cdot V_{os}/R2 = 8mV$$

c)
$$G_{loop}(s) = -\frac{R2}{R1 + R2 + R3} \frac{1}{1 + sCR3} \parallel (R1 + R2) \frac{A_0}{1 + s\tau_0}$$

$$f_{p0} = 1/2\pi\tau_0 = GBP/A0 = 16Hz$$

$$f_{p1} = 1/2\pi CR3 \parallel (R1+R2) = 2.12 MHz$$

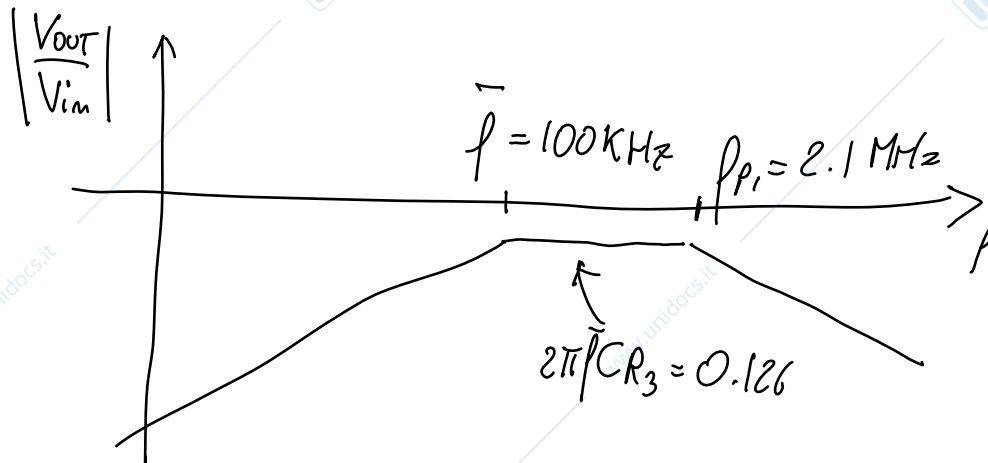
$$G_{loop}(0) = -A_0/16 = -6250$$



Margine di fase $\approx 90^\circ$ (87.3°)

Il circuito è quindi stabile.

- d) Il guadagno reale presenta uno zero nell'origine (dato dal guadagno ideale) e due poli, uno alla frequenza $f=100\text{kHz}$ (il circuito smette di essere retroazionato) e uno alla frequenza $f_{p1}=2.1\text{MHz}$ (polo del guadagno d'anello a una frequenza dove il circuito non è retroazionato)



- e) Ipotizziamo che la frequenza massima sia inferiore a $\bar{f} = 100\text{kHz}$. Possiamo allora scrivere l'uscita V_{out} in risposta a una sinusoide ampia 10V e di frequenza f :

$$V_{out}(t) = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot R_3 \cdot 10\text{V} \cdot \sin(2\pi f t + 90^\circ)$$

La derivata massima dell'uscita deve essere imposta minore dello slew-rate:

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot R_3 \cdot 10\text{V} \cdot 2\pi f < 0.1\text{ V}/\mu\text{s}$$

$$\rightarrow f_{\max} = \sqrt{\frac{0.1\text{ V} / \mu\text{s}}{4\pi^2 C R_3 \cdot 10\text{V}}} = 35.6\text{kHz}$$

L'ipotesi iniziale è verificata e quindi il calcolo è corretto

- f) $R_{eq} = [R_3 \parallel (R_1 + R_2)] / (1 - \text{Gloop}(0))$

$$R_{eq} = 7.5\text{k}\Omega / (1 + 6250) = 1.2\text{ }\Omega$$

Esercizio 2

- a) Volendo misurare T con una risoluzione di 0.2°C nell'intervallo $0-50^\circ\text{C}$, occorre suddividere in 250 parti l'intervallo stesso, quindi la risoluzione richiesta è di una parte su 250. Per codificare questa suddivisione servono non meno di 8 bit (corrispondenti a una parte su 256), quindi $n_{\min}=8$. Inoltre $\Delta R_{T_{\max}}=100\Omega$ e $\Delta V^+_{\max}=500\text{mV}$.
- b) Conviene trovare in primo luogo l'espressione analitica della tensione V_o all'uscita dell'amplificatore, coincidente con quella all'ingresso dell'ADC. Usando la sovrapposizione degli effetti si trova, per una generica T :
- $$V_o = 5\text{mA} \cdot R_T (1 + R_2/R_1) - 5\text{V} \cdot (1 + R_2/R_1) = (5\text{mA} \cdot R_T - 5\text{V}) \cdot (1 + R_2/R_1) = (5\text{mA} \cdot (R_T(0^\circ) + \Delta R_T) - 5\text{V}) \cdot (1 + R_2/R_1) = (5\text{mA} \cdot (1\text{k}\Omega + \Delta R_T) - 5\text{V}) \cdot (1 + R_2/R_1) = + 5\text{mA} \cdot \Delta R_T (1 + R_2/R_1).$$
- Si vuole che $V_o=0\text{V}$ per $\Delta R_T=0\Omega$ (cd verificata per qualunque valore di R_2) e che $V_o=10\text{V}$ per $\Delta R_T=100\Omega$, condizione verificata solo se $1+R_2/R_1=20$, quindi $R_2=19\text{k}\Omega$.
- c) A livello di ADC $1\text{LSB}=10\text{V}/256 \approx 39\text{mV}$, che, riportati all'ingresso, diventano 1.95mV . Per verificare la cd richiesta $V_{\text{offset}} \leq \pm 0.975\text{mV}$ ($\approx 1\text{mV}$).
- d) Sappiamo in generale che $G_{re} = V_{\text{out}}/V^+ = G_{id}/(1 - 1/G_{\text{loop}})$, dove $G_{id}=1+R_2/R_1=20$ e $G_{\text{loop}}=-A_0 \cdot (R_1/R_1+R_2)=-500$. L'errore massimo si ha per segnale di ingresso massimo ($V^+|_{\max}$ e' tale che $V^+|_{\max} \cdot G_{id}=10\text{V}$):
 \rightarrow errore massimo $= V^+|_{\max} \cdot (G_{id} - G_{re}) \approx V^+|_{\max} \cdot G_{id} \cdot 1/|G_{\text{loop}}| = 10\text{V}/500 = 20\text{mV}$ da cui $\text{err}_{\max_{\text{LSB}}} = 20/39 \leq \sim 0.5\text{LSB}$
- e) Vedi testi.