

Studente _____

Punti ___/33

Valutazione _____

ITS – CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALE

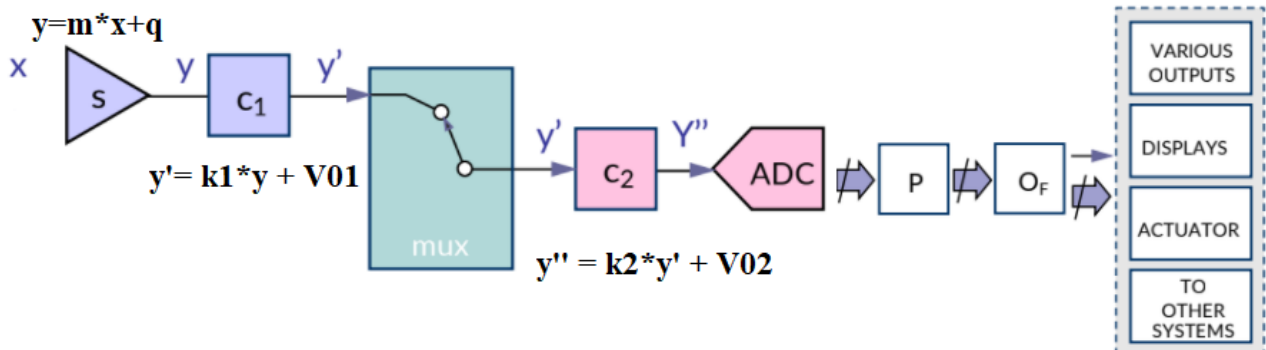
Prova scritta del 10 giugno 2021 – TEMA B

Un sensore di posizione a ultrasuoni S1 ha come input range [$x_{\min}=5\text{mm}$, $x_{\max}=250\text{mm}$], output range [$y_{\min}=100\text{mV}$, $y_{\max}=800\text{mV}$], accuratezza $U_x=1\text{mm}$ e una funzione trans-caratteristica lineare del tipo $y=m*x + q$. S1 è inserito in una catena di sensing con adattamento C1 e multiplexer, il mux ha input range [1,5] V. All'uscita del multiplexer il segnale subisce un adattamento di scala C2 ed è acquisito da un ADC a 8 bit con input range [0,8]V. Il blocco di processing successivamente opera una stima della grandezza di ingresso. Il segnale di posizione acquisito è a banda limitata [0; $F_{\max}= 200\text{ Hz}$]

- 1) (3pt) Disegnare l'architettura completa del sistema di sensing
- 2) (3pt) Determinare i coefficienti m e q della funzione trans-caratteristica del sensore
- 3) (3pt) Dimensionare il blocco C1 per adattare la scala di S1 all'input range del multiplexer
- 4) (5pt) Dimensionare il blocco C2 per adattare il segnale y' all'input range dell'ADC e proporre un circuito per l'adattamento di scala C2
- 5) (2pt) Calcolare il passo di quantizzazione dell'ADC
- 6) (3pt) Calcolare la tensione ai capi dell'ADC se $x=200\text{mm}$
- 7) (3pt) Calcolare il numero di bit necessario all'ADC per avere una risoluzione sulla stima di \hat{x} , $\Delta\hat{x} \leq 0.1\text{mm}$
- 8) (3pt) Determinare il numero di campioni acquisiti per $T_{\text{acq}}=1[\text{min}]$ se la frequenza di campionamento rispetta la condizione minima del Teorema di Shannon
- 9) (2pt) Dimensionare un filtro RC del 1° ordine per dimezzare la banda passante del segnale acquisito da S1
- 10) (3pt) Spiegare a cosa serve l'adattamento di scala e perché è importante in una catena di acquisizione. (max 5 righe+disegno)
- 11) (3pt) Spiegare perché è necessario anteporre un filtro analogico all'ingresso dell'ADC, di che tipo è, e qual è la B-3dB massima in relazione alla frequenza del segnale di ingresso e alla frequenza di campionamento scelta per il sistema.

Svolgimento

1)



2) $y = m \cdot x + q$

$$m = (y_{\max} - y_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) = (0,8 - 0,1 \text{ V}) / (250 - 5 \text{ mm}) = 0,00286 [\text{V/mm}] = 2,86 [\text{mV/mm}]$$

$$q = \text{centro } y - m \cdot \text{centro } x = 0,45 [\text{V}] - 0,00286 [\text{V/mm}] \cdot 127,5 [\text{mm}] = 0,0854 [\text{V}]$$

3)

$$y' = k_1 \cdot y + V_{01}$$

$$k_1 = (y'_{\max} - y'_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min}) = (5 - 1 \text{ V}) / (0,8 - 0,1 \text{ V}) = 5,714$$

$$V_{01} = \text{centro } y' - k_1 \cdot \text{centro } y = 3 [\text{V}] - 5,714 \cdot 0,45 [\text{V}] = 0,429 [\text{V}]$$

4)

$$y'' = k_2 \cdot y' + V_{02}$$

$$k_2 = (y''_{\max} - y''_{\min}) / (y'_{\max} - y'_{\min}) = (8 - 0 \text{ V}) / (5 - 1 \text{ V}) = 2$$

$$V_{02} = \text{centro } y'' - k_2 \cdot \text{centro } y' = 4 \text{ V} - 2 \cdot 3 \text{ V} = -2 [\text{V}]$$

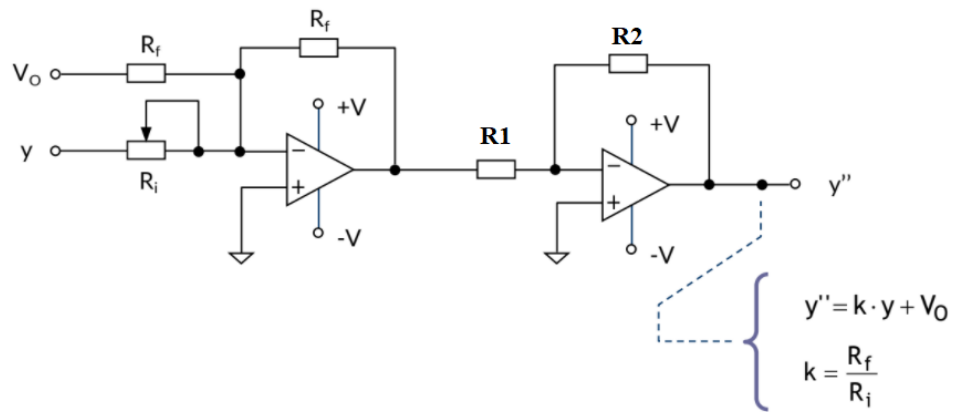
Nessun dato sull'impedenza \rightarrow non serve adattare (altrimenti inseguire di tensione prima di y')

Scelgo **$R_1=R_2=10\text{ k}\Omega$**

Scelgo $R_i = 10\text{ k}\Omega$

$R_f = k_2 \cdot R_i = \mathbf{20\text{ k}\Omega}$

$V_0 = V_{02}$



5)

$$\Delta_{\text{ADC}}[\text{V}] = (y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / 2^{\text{bit}} = 8\text{ V} / 2^8 = 8\text{ V} / 256 = 0,0313\text{ [V]}$$

6)

S1	$y = m \cdot x + q$	$y' = k_1 \cdot y + V_{01}$	$y'' = k_2 \cdot y' + V_{02}$
$x=200\text{mm}$	0,6574 V	4,185 V	6,370 V

7) $\Delta \hat{x} \leq 0.1\text{mm}$

$$\Delta \hat{x} = \Delta_{\text{ADC}} / (k_2 \cdot k_1 \cdot m) \leq 0,1\text{mm}$$

- $\Delta_{\text{ADC}} \leq 0,1[\text{mm}] (k_2 \cdot k_1 \cdot m) \rightarrow \Delta_{\text{ADC}} \leq 0,00327\text{ [V]}$

$$\Delta_{\text{ADC}} = (y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / 2^b \rightarrow b = \log_2((y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / \Delta_{\text{ADC}}) = \log_2(8 / 0,00327) = 11,25\text{ bit}$$

Scelgo 11 o 12 bit? Con 11 bit diventa

$$\Delta_{\text{ADC}} [b=11] = (y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / 2^{11} = 0,00391\text{ [V]} \rightarrow \text{prendo } b = 12\text{ bit}$$

8)

$$T_s = 1 / (2 \cdot F_{\text{max}}) = 1 / 400[\text{Hz}] = 0,0025\text{ [s]}$$

$$R_s = 1 / T_s = 400\text{ [S/s]}$$

$$n_s = R_s \cdot T_{\text{acq}} = 400\text{ [S/s]} \cdot 60[\text{s}] = 24000\text{ [S]}$$

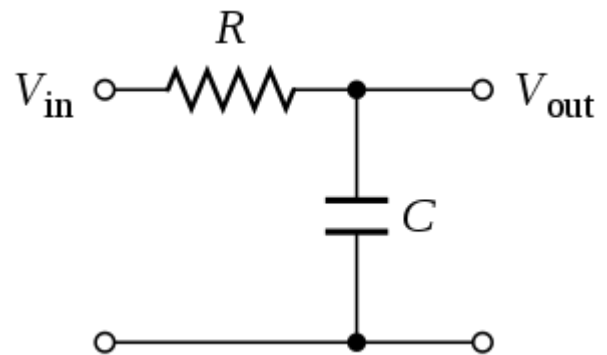
9)

Filtro passa-basso

$$B_{-3dB} = F_{max}/2 = 100 \text{ [Hz]}$$

$$B_{-3dB} = 1/(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C), \text{ scelgo } C = 100 \text{ [nF]} = 100 \cdot 10^{-9} \text{ [F]}$$

$$\rightarrow R = 1/(2 \cdot \pi \cdot B \cdot C) = 15915 \text{ [\Omega]}$$



10) L'adattamento di scala serve a far coincidere l'output range di un blocco della catena di sensing con l'input range del blocco successivo. L'adattamento di scala è importante in quanto permette di trasmettere il segnale con la massima escursione tra i blocchi e di ottenere una risoluzione migliore ai capi dell'ADC. Infatti

$\Delta_{ADC}[V] = \min(OR_{y''}, IR_{ADC}) / 2^b$ perciò se non uso tutto l'input range dell'ADC perdo risoluzione nella lettura di y'' .

11) È necessario anteporre un filtro analogico all'ingresso dell'ADC per limitare il fenomeno dell'aliasing, ovvero la replica in banda di frequenze maggiori di F_{max} del segnale letto in ingresso. Generalmente si utilizza un filtro passa basso analogico e opzionalmente un ulteriore filtraggio numerico nel blocco di processing.

$B_{-3dB} < F_s/2$ poiché se B_{-3dB} fosse maggiore di $F_s/2$, per qualche riga di $F_s/2 < F_{max} < B_{-3dB}$ avrei il fenomeno dell'aliasing