

Studente \_\_\_\_\_

Punti \_\_\_/33

Valutazione \_\_\_\_

## ITS – CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALE

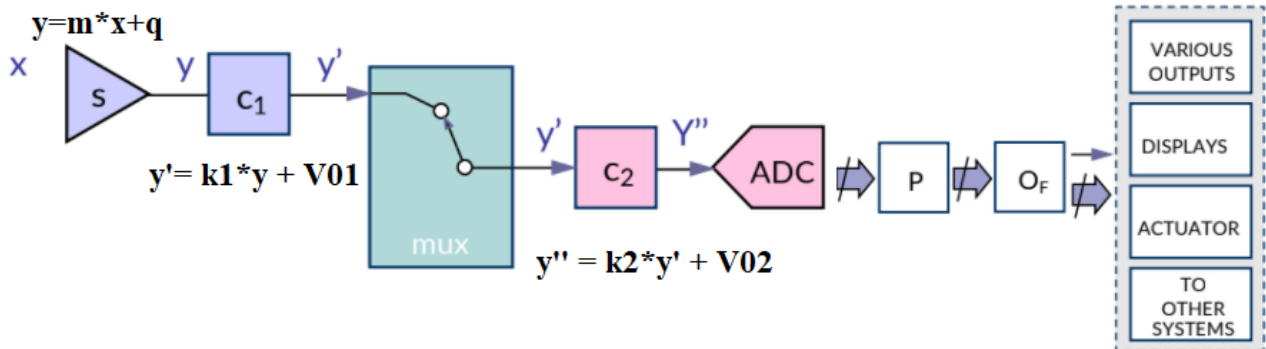
### Prova scritta del 10 giugno 2021 – TEMA A CORREZIONE

Un sensore di posizione angolare S1 ha come input range [ $x_{\min}=0^\circ$ ,  $x_{\max}=270^\circ$ ], output range [ $y_{\min}=150\text{mV}$ ,  $y_{\max}=1,5\text{V}$ ], accuratezza  $U_x=1^\circ$  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  $[-3,5]$  V. All'uscita del multiplexer il segnale subisce un adattamento di scala C2 ed è acquisito da un ADC a 7 bit con input range  $[-5,5]\text{V}$ . Il blocco di processing successivamente opera una stima della grandezza di ingresso. Il segnale di posizione acquisito è a banda limitata [ $0; F_{\max}= 750 \text{ Hz}$ ]

- 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  $x=180^\circ$
- 7) (3pt) Calcolare il numero di bit necessario all'ADC per avere una risoluzione del sistema sulla stima di  $\hat{x}$ ,  $\Delta\hat{x} \leq 0.1^\circ$
- 8) (3pt) Determinare il numero di campioni acquisiti per  $T_{\text{acq}}=1[\text{min}]$  se la frequenza di acquisizione 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 il legame tra numero di bit e passo di quantizzazione nell'ipotesi di quantizzazione uniforme. (max 5 righe+disegno)
- 11) (3pt) Elencare almeno 3 funzioni demandate al blocco di processing

## Svolgimento

1)



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

$$m = (y_{\max} - y_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) = (1,5 - 0,15 \text{ V}) / (270 - 0^\circ) = 0,005 \text{ [V/}^\circ] = 5 \text{ [mV/}^\circ]$$

$$q = \text{centro } y - m \cdot \text{centro } x = 0,825 \text{ [V]} - 0,005 \text{ [V/}^\circ] \cdot 135^\circ = 0,15 \text{ [V]}$$

3)

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

$$k_1 = (y'_{\max} - y'_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min}) = (5 + 3 \text{ V}) / (1,5 - 0,15 \text{ V}) = 5,926$$

$$V_{01} = \text{centro } y' - k_1 \cdot \text{centro } y = 1 \text{ [V]} - 5,926 \cdot 0,825 \text{ [V]} = -3,889 \text{ [V]}$$

4)

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

$$k_2 = (y''_{\max} - y''_{\min}) / (y'_{\max} - y'_{\min}) = (5 + 5 \text{ V}) / (5 + 3 \text{ V}) = 1,25$$

$$V_{02} = \text{centro } y'' - k_2 \cdot \text{centro } y' = 0 \text{ V} - 1,25 \cdot 1 \text{ V} = -1,25 \text{ [V]}$$

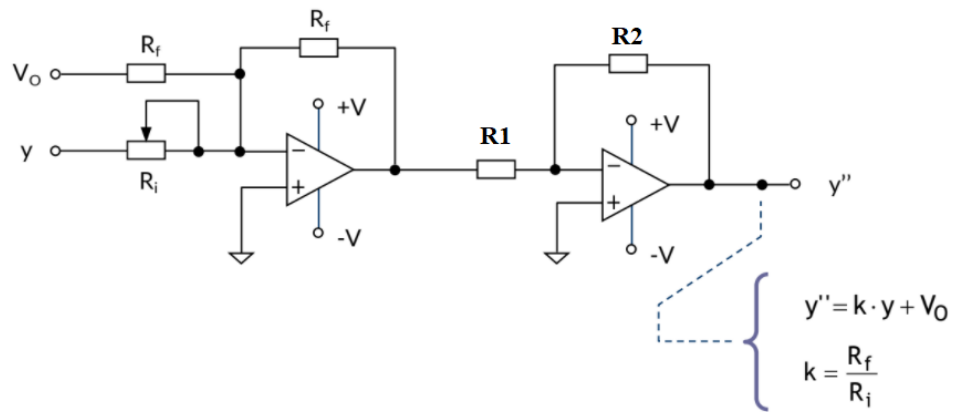
Nessun dato sull'impedenza  $\rightarrow$  non serve adattare (altrimenti inseguitore di tensione prima di  $y'$ )

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

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

$R_f = k_2 \cdot R_i = 12,5\text{ k}\Omega$

$V_0 = V_{02}$



5)

$$\Delta_{\text{ADC}}[\text{V}] = (y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / 2^{\text{\#bit}} = 10\text{ V} / 2^7 = 10\text{V} / 128 = 0,078\text{ [V]}$$

6)

S1	$y = m \cdot x + q$	$y' = k_1 \cdot y + V_{01}$	$y'' = k_2 \cdot y' + V_{02}$
$x=180^\circ$	1,050 V	2,333 V	<b>1,666V</b>

7)  $\Delta \hat{x} \leq 0,1^\circ$

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

- $\Delta_{\text{ADC}} \leq 0,1^\circ (k_2 \cdot k_1 \cdot m) \rightarrow \Delta_{\text{ADC}} \leq 0,0037\text{ [V]}$

$$\Delta_{\text{ADC}} = (y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / 2^b \rightarrow b = \log_2((y''_{\text{max}} - y''_{\text{min}}) / \Delta_{\text{ADC}}) = \log_2(10 / 0,0037) = 11.4\text{ bit}$$

Scelgo 11 o 12 bit?  $\rightarrow$  prendo 12 bit (arrotondo per eccesso dovuto al  $\leq$ )

8)

$$T_s = 1 / (2 \cdot F_{\text{max}}) = 1 / 1500[\text{Hz}] = 0,00067\text{ [s]}$$

$$R_s = 1 / T_s = 1500\text{ [S/s]}$$

$$n_s = R_s \cdot T_{\text{acq}} = 1500\text{ [S/s]} \cdot 60[\text{s}] = 90\,000\text{ S}$$

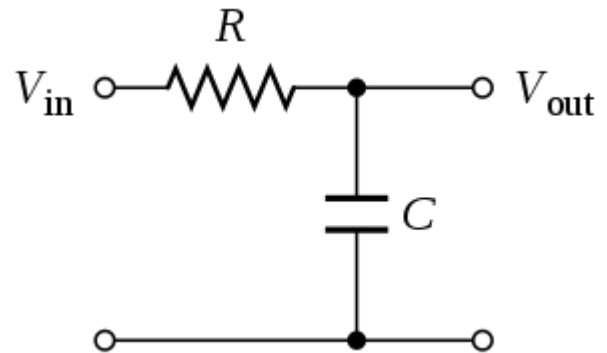
9)

Filtro passa-basso

$$B_{-3dB} = F_{max}/2 = 375 \text{ [Hz]}$$

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

$$\rightarrow R = 1/(2 \cdot \pi \cdot B \cdot C) = 4244 \text{ [\Omega]}$$



10)

Supponendo una quantizzazione uniforme, l'input range dell'ADC è suddiviso in un numero finito di intervalli di equa grandezza. Poiché l'ADC adotta una codifica binaria del dato, per ogni bit aggiunto si hanno il doppio degli intervalli, pertanto:

$$\Delta_{ADC} \text{ [V]} = I R_{ADC} / 2^b$$

11) Il blocco di processing svolge almeno 3 funzioni:

- Stima della grandezza  $\hat{x}$ , a partire dal codice numerico fornito dall'ADC
- Linearizzazione numerica dei blocchi di adattamento del segnale e della caratteristica del sensore
- Filtraggio numerico della tensione letta dall'ADC
- Estrazione di indicatori dalla stima  $\hat{x}$  (media, mediana, massimo, minimo, etc..)