

Studente _____

Punti ___/33

Valutazione _____

ITS – CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALE

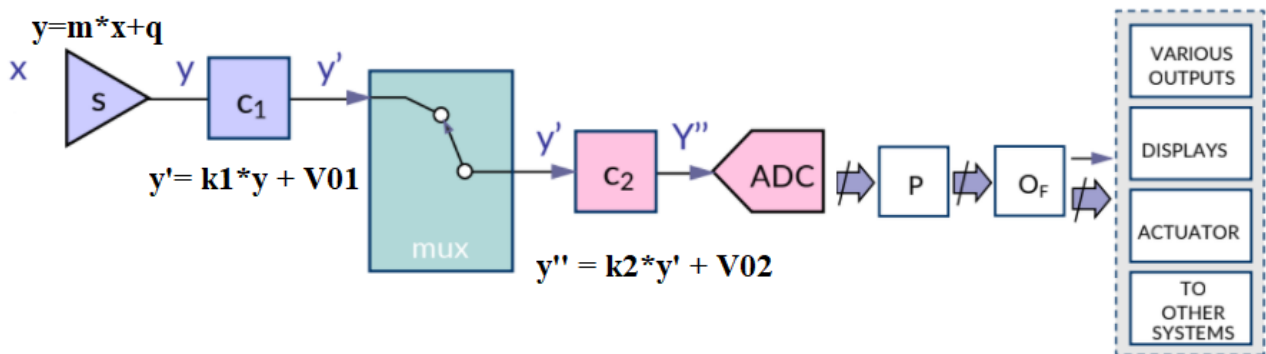
Prova scritta del 10 giugno 2021 – TEMA C

Un sensore di temperatura S1 ha come input range [$x_{\min}=-10^{\circ}\text{C}$, $x_{\max}=85^{\circ}\text{C}$], output range [$y_{\min}=50\text{mV}$, $y_{\max}=650\text{mV}$], accuratezza $U_x=0,5^{\circ}\text{C}$ 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 $[-1,5]\text{V}$. All'uscita del multiplexer il segnale subisce un adattamento di scala C2 ed è acquisito da un ADC a 7 bit con input range $[0,10]\text{V}$. Il blocco di processing successivamente opera una stima della grandezza di ingresso. Il segnale di posizione acquisito è a banda limitata $[0;F_{\max}= 500\text{ Hz}]$

- 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) (5pt) Dimensionare il blocco C1 per adattare la scala di S1 all'input range del multiplexer e proporre un circuito per l'adattamento di scala C1
- 4) (3pt) Dimensionare il blocco C2 per adattare il segnale y' all'input range dell'ADC
- 5) (2pt) Calcolare il passo di quantizzazione dell'ADC
- 6) (3pt) Calcolare la tensione ai capi del multiplexer se $x=50^{\circ}\text{C}$
- 7) (3pt) Calcolare il numero di bit necessario all'ADC per avere una risoluzione sulla stima di \hat{x} , $\Delta\hat{x} \leq 0.1^{\circ}\text{C}$
- 8) (3pt) Determinare il numero di campioni acquisiti per $T_{\text{acq}}=5[\text{min}]$ 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 larghezza di banda del segnale acquisito da S1
- 10) (3pt) Elencare e spiegare almeno 3 funzioni svolte dal sistema di condizionamento del segnale
- 11) (3pt) Spiegare il legame tra numero di bit e passo di quantizzazione del **sistema** nell'ipotesi di quantizzazione uniforme. (max 5 righe+disegno)

Svolgimento

1)



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

$$m = (y_{\max} - y_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) = (0,65 - 0,05 \text{ V}) / (85 + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,00632 \text{ [V/}^{\circ}\text{C]}$$

$$q = \text{centro } y - m \cdot \text{centro } x = 0,35 \text{ [V]} - 0,00632 \text{ [V/}^{\circ}\text{C]} \cdot 37,5 \text{ [}^{\circ}\text{C]} = 0,113 \text{ [V]}$$

3)

$$y' = k1 \cdot y + V01$$

$$k1 = (y'_{\max} - y'_{\min}) / (y_{\max} - y_{\min}) = (5 + 1 \text{ V}) / (0,65 - 0,05 \text{ V}) = 10$$

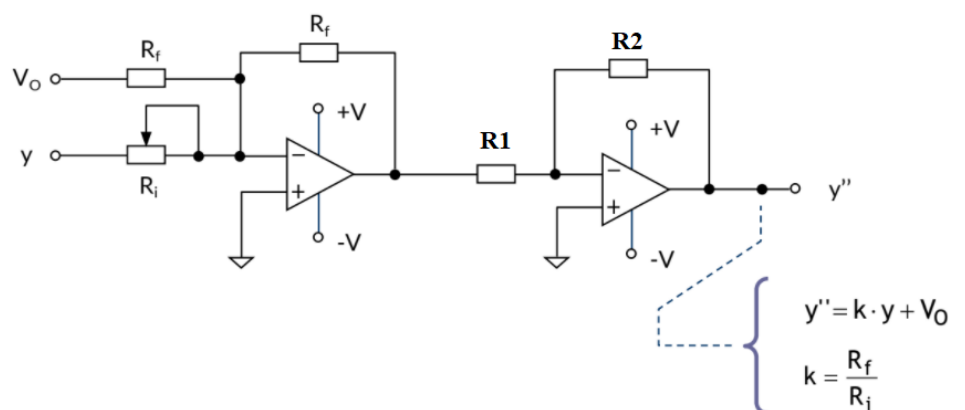
$$V01 = \text{centro } y' - k1 \cdot \text{centro } y = 2 \text{ [V]} - 10 \cdot 0,35 \text{ [V]} = -1,5 \text{ [V]}$$

Scelgo $R1 = R2 = 10 \text{ k}\Omega$

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

$$Rf = k1 \cdot Ri = 100 \text{ k}\Omega$$

$$V0 = V01$$



4)

$$y'' = k_2 * y' + V_{02}$$

$$k_2 = (y''_{\max} - y''_{\min}) / (y'_{\max} - y'_{\min}) = (10 - 0 \text{ V}) / (5 - 1 \text{ V}) = 1,667$$

$$V_{02} = \text{centro } y'' - k_2 * \text{centro } y' = 5 \text{ V} - 1,667 * 2 \text{ V} = 1,666 \text{ [V]}$$

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

5)

$$\Delta_{\text{ADC}} [\text{V}] = (y''_{\max} - y''_{\min}) / 2^{\# \text{bit}} = 10 \text{ V} / 2^7 = 10 \text{ V} / 128 = 0,078125 \text{ [V]}$$

6)

S1	$y = m * x + q$	$y' = k_1 * y + V_{01}$	$y'' = k_2 * y' + V_{02}$
x=50°C	0,429 V	2,79 V	

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

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

- $\Delta_{\text{ADC}} \leq 0,1^\circ\text{C} (k_2 * k_1 * m) \rightarrow \Delta_{\text{ADC}} \leq 0,0105 \text{ [V]}$

$$\Delta_{\text{ADC}} = (y''_{\max} - y''_{\min}) / 2^b \rightarrow b = \log_2((y''_{\max} - y''_{\min}) / \Delta_{\text{ADC}}) = \log_2(10 / 0,0105) = 9,90 \text{ bit}$$

Scelgo 9 o 10 bit? Con 9 bit diventa

$$\Delta_{\text{ADC}} [b=9] = (y''_{\max} - y''_{\min}) / 2^9 = 0,0195 \text{ [V]} \rightarrow \text{prendo } b = \mathbf{10 \text{ bit}}$$

8)

$$T_s = 1 / (2 * F_{\max}) = 1 / (2 * 500) [\text{Hz}] = 0,001 \text{ [s]}$$

$$R_s = 1 / T_s = 1000 \text{ [S/s]}$$

$$n_s = R_s * T_{\text{acq}} = 1000 \text{ [S/s]} * 5 * 60 [\text{s}] = 300\,000 \text{ [S]}$$

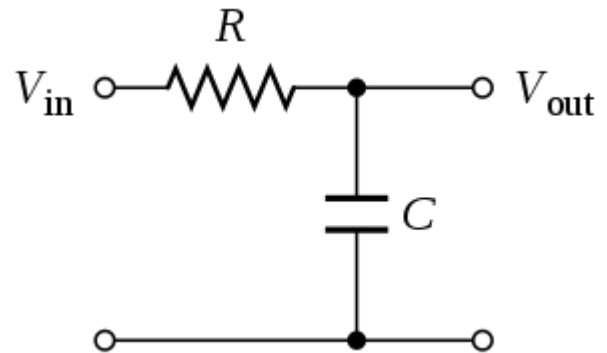
9)

Filtro passa-basso

$$B_{-3dB} = F_{max}/2 = 250 \text{ [Hz]}$$

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

$$\rightarrow R = 1/(2 \cdot \pi \cdot B \cdot C) = 6366 \text{ [\Omega]}$$



10)

Eccitazione: fornisce al sensore l'energia (alimentazione) o i segnali necessari al corretto funzionamento

Adattamento di impedenza: accorda le impedenze di ingresso e uscita dei blocchi funzionali (e.g. impedenza del sensore con impedenza d'ingresso del multiplexer)

Adattamento di scala: accorda l'output range di un blocco all'input range del blocco successivo

Identificazione del segnale: verifica la presenza di un segnale in ingresso al blocco

Linearizzazione: corregge le NON-linearità delle funzioni transcaratteristiche dei blocchi

Riduzione del rumore: tecniche di mitigazione del rumore raccolto dal sistema di sensing

Protezione: protezioni circuitali da eventi ambientali catastrofici

11) La risoluzione dell'intero sistema di sensing dipende sia dal passo di quantizzazione, che nel caso di quantizzazione uniforme vale: $\Delta_{ADC} = I_{R_{ADC}} / 2^{\#bit}$ e dai blocchi di condizionamento del segnale, in particolare dall'adattamento di scala. La risoluzione del sistema di sensing pertanto vale: $\Delta\hat{x} = \Delta_{ADC} / (k_2 \cdot k_1 \cdot m)$.

+eventuale disegno del quantizzatore uniforme