

Soluzione guidata (ITS Meccatronico) – Prova B

Riferimento: filecite turn1file0

1) Schema del sistema di sensing e funzione dei blocchi

Schema generale:

```
Grandezza fisica x(t)
  |
  v
[ Sensore S ] -> segnale elettrico analogico v_S(t)
  |
  v
[ Condizionamento c ] -> v_c(t)
  |
  v
[ ADC ] -> codice digitale
```

Funzione dei blocchi: - **Sensore (S)**: converte la grandezza fisica (distanza) in un segnale elettrico proporzionale. - **Condizionamento (c)**: adatta il segnale al range e alle caratteristiche dell'ADC (amplificazione, offset, filtraggio, adattamento d'impedenza). - **ADC**: campiona e quantizza il segnale analogico producendo un valore numerico digitale.

2) Adattamento di impedenza: definizione e importanza

Definizione

L'adattamento di impedenza è la funzione del blocco di condizionamento che garantisce: - impedenza di ingresso elevata verso il sensore; - impedenza di uscita bassa verso l'ADC.

Formalmente: - $Z_{ingresso}(c) \gg Z_{uscita}(S)$ - $Z_{uscita}(c) \ll Z_{ingresso}(ADC)$

Importanza

Serve a: - non caricare il sensore; - evitare attenuazioni del segnale; - preservare la linearità della misura; - ridurre l'errore sistematico.

Problema principale che previene

Previene il **partitore resistivo involontario** tra sensore e ADC che causerebbe: - riduzione dell'ampiezza del segnale; - errore di scala (gain error); - perdita di accuratezza.

3) Circuito T&H (Track and Hold) dell'ADC

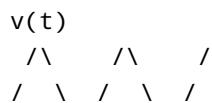
Funzionamento

Il circuito Track & Hold: - in fase di **Track** segue il segnale analogico in ingresso; - in fase di **Hold** mantiene costante il valore istantaneo del segnale durante il tempo di conversione dell'ADC.

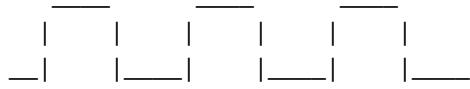
Serve a garantire che l'ADC converta un valore stabile.

Esempio grafico concettuale

Ingresso analogico:



Uscita T&H:



Il segnale diventa a gradini costanti durante la conversione.

4) Sistema di misura con sensore IR, condizionamento e ADC

Dati: - distanza: $x \in [0, 120]$ cm - range sensore: $600 \text{ mV} = 0.6 \text{ V}$ - offset sensore: -4.8 V - ADC: range $[-12, +12] \text{ V}$ - bit ADC: $B = 7$

4.1 Trans-caratteristica del sensore S

La distanza varia di 120 cm con variazione di tensione di 0.6 V.

Pendenza: - $m = 0.6 \text{ V} / 120 \text{ cm} = 0.005 \text{ V/cm}$

Offset: - $v_S(0) = -4.8 \text{ V}$

Equazione:

$$\bullet v_S(x) = 0.005 \cdot x - 4.8 \text{ [V]}$$

Verifica ai bordi: - $x = 0 \text{ cm} \rightarrow v_S = -4.8 \text{ V}$ - $x = 120 \text{ cm} \rightarrow v_S = 0.005 \cdot 120 - 4.8 = 0.6 - 4.8 = -4.2 \text{ V}$

Range sensore: [-4.8 , -4.2] V

4.2 Progetto del blocco di condizionamento c (ottimizzazione ADC)

Obiettivo: sfruttare tutto il range dell'ADC [-12, +12] V.

Trasformazione affine:

$$\bullet v_{ADC} = a \cdot v_S + d$$

Imponiamo: $-v_S = -4.8$ V $\rightarrow v_{ADC} = -12$ V $-v_S = -4.2$ V $\rightarrow v_{ADC} = +12$ V

Sistema:

$$\begin{aligned}\bullet -12 &= a(-4.8) + d \\ \bullet +12 &= a(-4.2) + d\end{aligned}$$

Sottrazione:

$$\begin{aligned}\bullet 24 &= a(0.6) \\ \bullet a &= 40\end{aligned}$$

Calcolo d:

$$\begin{aligned}\bullet -12 &= 40(-4.8) + d \\ \bullet d &= 180\end{aligned}$$

Quindi:

$$\bullet v_{ADC} = 40 \cdot v_S + 180$$

Forma equivalente:

$$\bullet v_{ADC} = 40 \cdot (v_S + 4.5)$$

4.3 Risoluzione dell'ADC

Numero livelli:

$$\bullet N = 2^7 = 128$$

Aampiezza full-scale:

$$\bullet 24 \text{ V (da } -12 \text{ a } +12 \text{)}$$

Passo di quantizzazione:

$$\bullet q = 24 / 128 = 0.1875 \text{ V}$$

Quindi:

- $q = 187.5 \text{ mV per LSB}$

4.4 Valore di x per $v_{\text{ADC}} = 2 \text{ V}$

Invertiamo il condizionamento:

- $v_{\text{ADC}} = 40 \cdot v_S + 180$
- $v_S = (v_{\text{ADC}} - 180) / 40$

Con $v_{\text{ADC}} = 2 \text{ V}$:

$$\bullet v_S = (2 - 180) / 40 = -178 / 40 = -4.45 \text{ V}$$

Invertiamo la legge del sensore:

- $v_S = 0.005 x - 4.8$
- $0.005 x = v_S + 4.8$
- $x = (v_S + 4.8) / 0.005$

Sostituzione:

$$\bullet x = (-4.45 + 4.8) / 0.005 = 0.35 / 0.005 = 70 \text{ cm}$$

Risultato:

- $x \text{ stimato} = 70 \text{ cm}$

4.5 Risoluzione complessiva del sistema (Δx)

Ricaviamo $v_{\text{ADC}}(x)$:

- $v_S(x) = 0.005 x - 4.8$
- $v_{\text{ADC}} = 40 \cdot v_S + 180$

Sostituiamo:

- $v_{\text{ADC}}(x) = 40(0.005 x - 4.8) + 180$
- $v_{\text{ADC}}(x) = 0.2 x - 192 + 180$
- $v_{\text{ADC}}(x) = 0.2 x - 12$

Sensibilità:

- $dv_{\text{ADC}}/dx = 0.2 \text{ V/cm}$

Risoluzione spaziale:

- $\Delta x = q / (dv_{\text{ADC}}/dx)$

$$\bullet \Delta x = 0.1875 / 0.2 = 0.9375 \text{ cm}$$

Risultato:

$$\bullet \Delta x \approx 0.94 \text{ cm (circa 9.4 mm)}$$

Domande di rinforzo per lo studio

1) Se l'ADC fosse a 10 bit mantenendo lo stesso range, quanto varrebbe Δx ? 2) Se non si ottimizzasse il condizionamento e si usasse solo una parte del range ADC, cosa succederebbe alla risoluzione? 3) Qual è il legame tra adattamento di impedenza e circuito T&H?