

Controllo retroazionato e sensing

 fine corso.pdf
PDF

sei un elettronico espert e devi risolvere per studenti, esemplifica n modo semplice calcoli dettagliati e chiari un passaggio alla volta

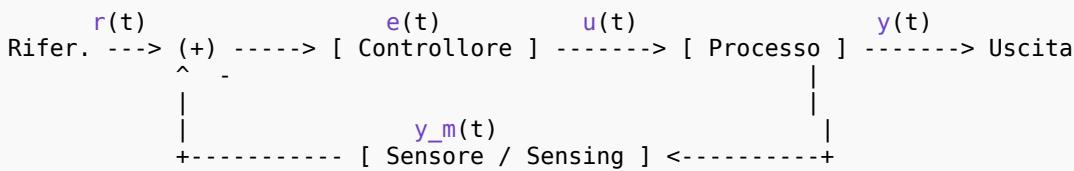
Di seguito svolgo i 4 quesiti del compito, con spiegazione da “elettronico” e passaggi di calcolo uno alla volta.

[fine corso](#)

1) Schema di un sistema di controllo retroazionato e ruolo del blocco di sensing

1.1 Schema a blocchi (retroazione negativa)

rust



1.2 Posizione e ruolo del sensing

- Il **blocco di sensing** è nel **ramo di feedback**: misura l'uscita reale $y(t)$ e produce un segnale misurato $y_m(t)$.
- Il confronto al nodo sommatore genera l'errore:
 - $e(t) = r(t) - y_m(t)$ (retroazione negativa)

1.3 Perché è importante (punti chiave)

1. **Accuratezza del controllo:** se il sensore è impreciso, anche il controllo “insegue” un valore sbagliato.
2. **Stabilità e dinamica:** ritardi, filtri, banda passante e fase del sensore entrano nella funzione d'anello; possono degradare margine di fase e stabilità.
3. **Rumore e risoluzione:** il rumore del sensore viene reintrodotto in anello; una scarsa risoluzione limita la precisione finale.
4. **Offset e deriva termica:** un offset nel sensore crea errore statico (a regime) se non compensato.
5. **Affidabilità:** se il sensing “satura” o fallisce, il controllo può diventare inefficace o pericoloso.

2) Un sensore di prossimità a scelta (con disegno) - esempio: sensore induttivo

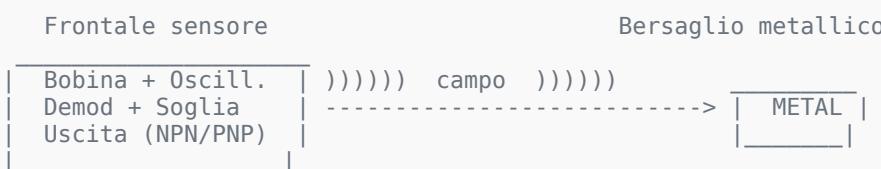
2.1 Principio di funzionamento (induttivo)

Un sensore induttivo rileva la presenza di un **oggetto metallico** tramite variazione del campo magnetico generato da una bobina eccitata in AC. Quando un metallo si avvicina:

- si generano **correnti parassite (eddy currents)** nel bersaglio
 - queste assorbono energia dal campo e **cambiano l'impedenza** del circuito oscillante
 - l'elettronica rileva la diminuzione di ampiezza/variazione e commuta un'uscita digitale (ON/OFF)

2.2 Disegno semplificato

markdown



Quando il metallo si avvicina:

- aumenta l'assorbimento (eddy currents)
 - l'oscillazione si attenua
 - il comparatore supera la soglia -> uscita ON

2.3 Note pratiche

- Pro: robusto, ottimo in ambiente industriale, poco sensibile a polvere/olio.
 - Contro: rileva quasi solo metalli; distanza tipica limitata (mm-cm).

3) Definizione del parametro “non linearità” di un sensore

3.1 Idea

Un sensore ideale dovrebbe avere una relazione perfettamente lineare tra ingresso x e uscita V . Nella realtà, la curva reale si discosta da una retta di riferimento.

3.2 Definizione standard (forma generale)

La **non linearità** si definisce come la **massima deviazione** tra la caratteristica reale e una retta di riferimento, normalizzata sul fondo scala.

Passi (definizione operativa):

1. Si sceglie una retta di riferimento $V_{\text{ref}}(x)$ (tipicamente:
 - retta “end-point” che unisce i due estremi di scala, oppure
 - retta di “best fit” ai minimi quadrati)

2. Si calcola lo scostamento:

$$\Delta V(x) = V_{\text{reale}}(x) - V_{\text{ref}}(x)$$

3. Si prende il massimo valore assoluto in tutto il range:

$$\Delta V_{\max} = \max_{x \in \text{range}} |\Delta V(x)|$$

4. Si normalizza al fondo scala (Full Scale Output):

$$NL = \frac{\Delta V_{\max}}{V_{\text{FS}}} \cdot 100\% \quad (\% \text{FS})$$

Dove:

- V_{FS} è l'escursione di uscita utile (es. $V_{\max} - V_{\min}$).

4) Sistema di misura: sensore ultrasuoni + condizionamento + ADC

Dati:

- Sensibilità sensore: $2 \text{ mV/cm} = 0.002 \text{ V/cm}$
- Offset sensore: -2.4 V
- Range distanza: $x \in [0, 200] \text{ cm}$
- ADC: input range $[0, 10] \text{ V}$, bit $B = 6$

4.1 Transcaratteristica del sensore S (grafico e formula)

Passo 1: scrivere l'equazione lineare

Un modello lineare con offset e sensibilità è:

$$V_S(x) = V_{\text{off}} + kx$$

con:

- $V_{\text{off}} = -2.4 \text{ V}$
- $k = 0.002 \text{ V/cm}$

Quindi:

$$V_S(x) = -2.4 + 0.002x \quad [\text{V}], \quad x \text{ in cm}$$

Passo 2: calcolare i valori agli estremi (per disegnare la retta)

- Per $x = 0$:

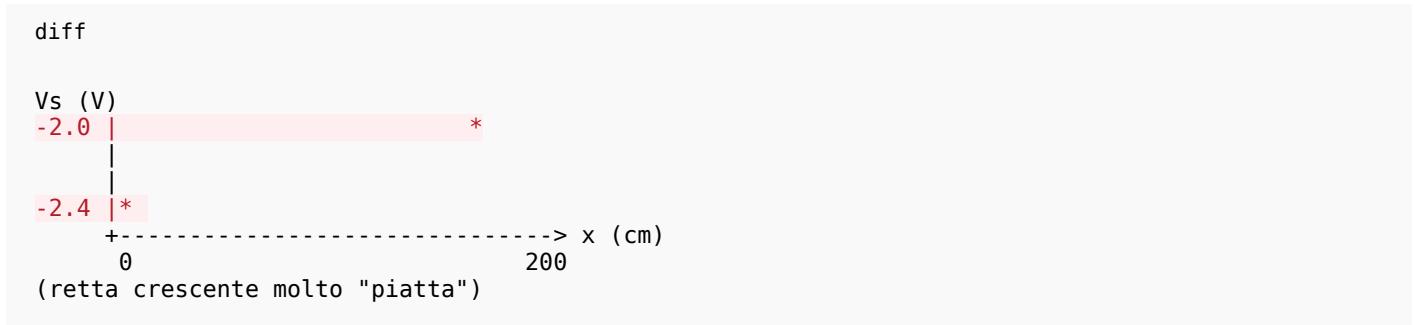
$$V_S(0) = -2.4 + 0.002 \cdot 0 = -2.4 \text{ V}$$

- Per $x = 200$:

$$V_S(200) = -2.4 + 0.002 \cdot 200 = -2.4 + 0.4 = -2.0 \text{ V}$$

Quindi il sensore produce tensioni **negative** tra -2.4 e -2.0 V.

Transcaratteristica (schema)



4.2 Progetto del blocco di condizionamento c per ottimizzare l'ADC

Obiettivo: usare **tutto** il range dell'ADC, cioè mappare:

- $x = 0 \text{ cm} \rightarrow V_{ADC} = 0 \text{ V}$
- $x = 200 \text{ cm} \rightarrow V_{ADC} = 10 \text{ V}$

Passo 1: ricavare una funzione desiderata $V_{ADC}(x)$

Se voglio una relazione lineare:

$$V_{ADC}(x) = ax + b$$

Imponiamo i vincoli:

- Per $x = 0$: $V_{ADC}(0) = b = 0$
- Per $x = 200$: $V_{ADC}(200) = 200a = 10 \Rightarrow a = \frac{10}{200} = 0.05 \text{ V/cm}$

Quindi:

$$V_{ADC}(x) = 0.05x \quad [\text{V}], \quad x \text{ in cm}$$

Passo 2: collegare V_{ADC} a V_S

Abbiamo:

$$V_S(x) = -2.4 + 0.002x$$

Vogliamo un condizionamento affine:

$$V_{ADC} = A V_S + B$$

Imponiamo gli estremi usando V_S :

- Quando $x = 0$: $V_S = -2.4$ e voglio $V_{ADC} = 0$

$$0 = A(-2.4) + B \Rightarrow B = 2.4A$$

- Quando $x = 200$: $V_S = -2.0$ e voglio $V_{ADC} = 10$

$$10 = A(-2.0) + B$$

Sostituisco $B = 2.4A$:

$$10 = -2.0A + 2.4A = 0.4A \Rightarrow A = \frac{10}{0.4} = 25$$

Poi:

$$B = 2.4 \cdot 25 = 60$$

Quindi:

$$V_{ADC} = 25 V_S + 60$$

Passo 3: forma “realizzabile” (shift + gain) senza dover generare 60 V

Osservazione importante:

$$V_{ADC} = 25 V_S + 60 = 25 (V_S + 2.4)$$

Quindi il blocco c può essere:

1. **Somma di un riferimento +2.4 V** al segnale del sensore (level shift):

$$V_1 = V_S + 2.4$$

Nota: dato che V_S va da -2.4 a -2.0 , allora V_1 va da 0 a 0.4 V.

2. **Amplificazione** con guadagno 25:

$$V_{ADC} = 25 V_1$$

quindi V_{ADC} va da 0 a 10 V.

Risultato finale del condizionamento:

$$V_{ADC}(x) = 0.05 x$$

4.3 Risoluzione dell'ADC

Passo 1: livelli di quantizzazione

Con $B = 6$ bit:

$$2^B = 2^6 = 64 \text{ livelli}$$

Passo 2: passo di quantizzazione (LSB)

Con range $[0, 10]$ V:

$$\Delta V_{ADC} = \frac{10 \text{ V}}{64} = 0.15625 \text{ V}$$

Quindi:

$\text{Risoluzione ADC (LSB)} = 0.15625 \text{ V}$

4.4 Risoluzione dell'intero sistema di misura in x

Abbiamo:

$$V_{ADC} = 0.05x \Rightarrow x = \frac{V_{ADC}}{0.05} = 20 V_{ADC}$$

La minima variazione distinguibile in V_{ADC} è 1 LSB:

$$\Delta x = 20 \cdot \Delta V_{ADC}$$

Sostituisco $\Delta V_{ADC} = 0.15625 \text{ V}$:

$$\Delta x = 20 \cdot 0.15625 = 3.125 \text{ cm}$$

Quindi:

$\text{Risoluzione complessiva su } x \approx 3.125 \text{ cm/LSB}$

Se vuoi, posso anche:

- disegnare lo schema elettrico a op-amp (sommatore + amplificatore) con un set di valori resistivi coerente (ad esempio scegliendo R e $25R$), includendo anche una possibile generazione stabile di 2.4 V da riferimento e partitore.

Sources

2/2

grazie

Prego.

Se in futuro vuoi, posso svolgere altri esercizi simili con lo stesso metodo: spiegazione semplice, passaggi numerici uno alla volta e schemi chiari come per studenti di elettronica.