

PROPOSTA DI SOLUZIONE

1) Lo schema a blocchi del sistema di acquisizione dati a 2 canali può essere schematizzato come segue:

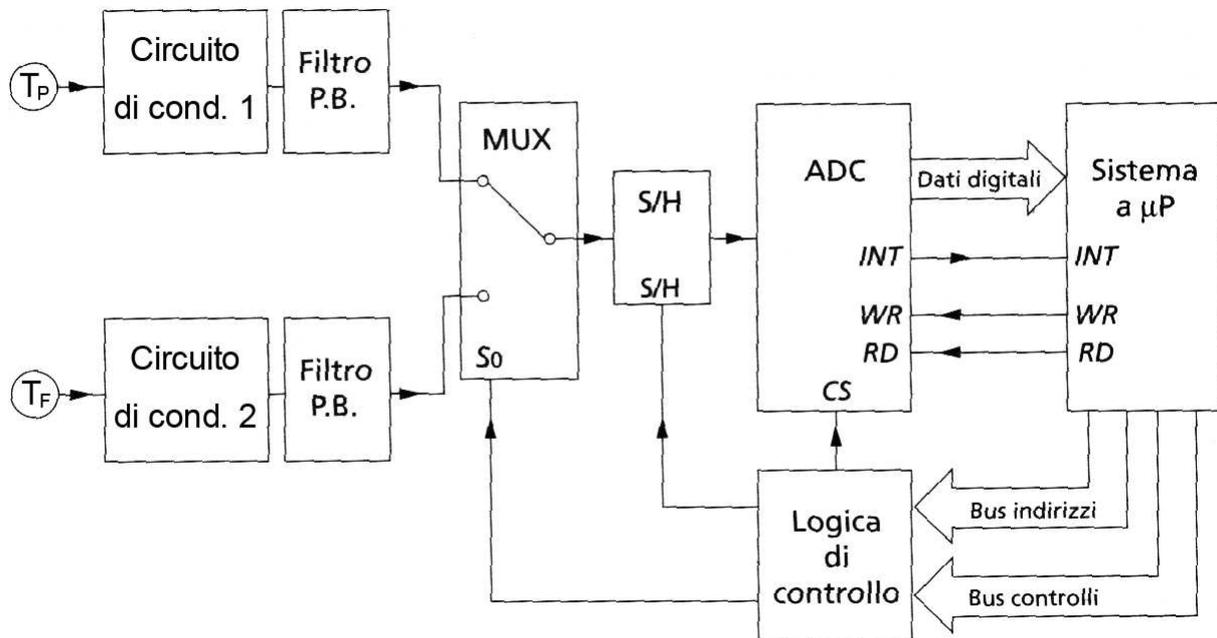


Figura 1: Schema a blocchi dell'intero sistema.

T_P: trasduttore di posizione;

T_F: trasduttore di forza;

Circuito di condizionamento 1: deve adattare l'uscita del trasduttore di posizione per renderla utilizzabile dal convertitore ADC, sarà costituito da un convertitore I/V e da un amplificatore differenziale;

Circuito di condizionamento 2: deve adattare l'uscita del trasduttore di forza per renderla utilizzabile dal convertitore ADC, sarà costituito da un amplificatore differenziale;

Filtri P.B.: Sono dei filtri passa basso utilizzati per eliminare il fenomeno dell'aliasing causato dal successivo campionamento;

MUX: Multiplexer a due ingressi, utilizzato per selezionare il canale;

S/H: Sample & Hold (campionatore con tenuta) utilizzato per campionare il segnale condizionato e mantenerlo disponibile per l'intera durata della conversione successiva;

ADC: Convertitore Analogico-Digitale utilizzato per convertire in digitale il dato acquisito, in modo che sia leggibile dal microprocessore;

Sistema a µP: è il personal computer che gestisce l'impianto;

Logica di controllo: circuito solitamente presente nell'interfaccia del personal computer, utilizzato per la sincronizzazione delle operazioni di acquisizione dei dati.

2) Il trasduttore di posizione fornisce in uscita una corrente che non può essere utilizzata direttamente dall'ADC che invece, richiede un ingresso in tensione. Il primo stadio del circuito di condizionamento, quindi, sarà un convertitore I-V. La tensione in uscita da tale convertitore,

deve essere adattata alla dinamica d'ingresso del convertitore ADC che supponiamo essere 0 - 5V. Lo schema generale del primo circuito di condizionamento sarà il seguente:

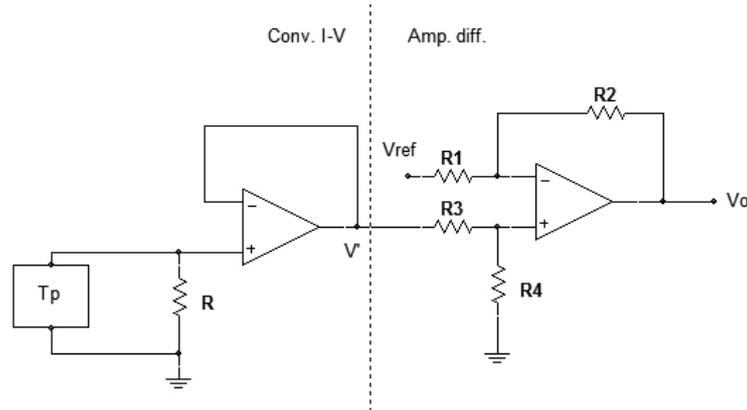


Figura 2: Circuito di condizionamento del trasduttore di posizione.

Scegliendo per $R = 1 \text{ k}\Omega$ si ottengono i valori limite per V' :

$$V'_{\min} = I_{\min} \cdot R = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 4 \text{ V}$$

$$V'_{\max} = I_{\max} \cdot R = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 10 \text{ V}$$

Impostiamo $V_{\text{ref}} = 4 \text{ V}$ in modo che in corrispondenza del minimo si abbia uscita nulla e andiamo a dimensionare i parametri del differenziale in modo che in corrispondenza del valore massimo dell'ingresso si abbia una uscita di 5 V.

Ponendo $R_2=R_4$ e $R_1=R_3$, si ha che l'uscita del differenziale è:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V' - V_{\text{ref}})$$

$$\text{Sostituendo i valori massimi si ha: } V_{o_{\text{MAX}}} = \frac{R_2}{R_1} (V'_{\text{MAX}} - V_{\text{ref}}) \Rightarrow 5 = \frac{R_2}{R_1} (10 - 4) \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{5}{6}$$

È possibile scegliere $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 820 \Omega$.

Il secondo circuito di condizionamento deve solo adattare l'uscita del trasduttore alla dinamica d'ingresso del convertitore ADC, quindi è sufficiente usare un amplificatore differenziale come quello seguente:

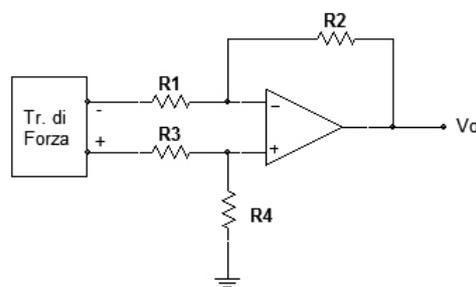


Figura 3: Circuito di condizionamento del trasduttore di forza.

Anche in questo caso poniamo $R_2=R_4$ e $R_1=R_3$. In caso di ingresso nullo, anche l'uscita è nulla, mentre in caso di ingresso massimo $V_{i_{\text{MAX}}} = 0,36 \text{ V}$ dobbiamo imporre l'uscita pari a 5 V. Si ha:

$$V_{o_{\text{MAX}}} = \frac{R_2}{R_1} V_{i_{\text{MAX}}} \Rightarrow 5 = \frac{R_2}{R_1} 0,36 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{5}{0,36} = 13,8$$

È possibile scegliere $R_1 = 1,8 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$.

- 3) Ipotizziamo che il carrello si muova con velocità massima pari a 0,5 m/s (500 mm/s). Dovendo garantire un controllo della posizione con un errore massimo pari a 5 mm, dobbiamo prelevare almeno $v_{\max}/\varepsilon = 500/5 = 100 \text{ Sa/s} = 100 \text{ Hz}$, 100 campioni al secondo.

Allo stesso modo, ipotizzando che un contenitore venga riempito in un tempo di 3 secondi (equivale a circa 1 kg di materiale al secondo), si ha una variazione di forza pari a:

$$v_F = \frac{(F_{MAX} - F_{MIN})}{\Delta t} = \frac{30N}{3\text{sec}} = 10N / s$$

Dovendo garantire un controllo della quantità del materiale con un errore massimo pari a 0,05 N, dobbiamo prelevare almeno $v_F/\varepsilon = 10/0,05 = 200 \text{ Sa/s} = 200 \text{ Hz}$, 200 campioni al secondo.

Il segnale che richiede la frequenza di campionamento superiore è il secondo, quindi lavoreremo con $f_{\text{sample}} = 200 \text{ Sa/s}$. Dovendo acquisire i segnali da due canali diversi, la frequenza necessaria alla scheda per acquisire i 2 segnali simultaneamente sarà di $2 \times 200 \text{ Sa/s} = 400 \text{ Sa/s} = 400 \text{ Hz}$.

In conclusione, con le ipotesi fatte in precedenza, la frequenza di campionamento deve essere pari a $f_c = 400 \text{ Hz}$.

- 4) Fissiamo l'errore massimo pari a $\pm 1 \cdot \text{LSB}$ e applichiamo la definizione di errore di quantizzazione $\varepsilon = \frac{V_{FS}}{2^N}$, dove V_{FS} è il valore di fondo scala, N è il numero di bit del convertitore e ε indica l'errore di quantizzazione assoluto.

Per rispettare l'errore massimo che ci è stato fornito deve essere: $2^N \geq \frac{V_{FS}}{\varepsilon}$.

Primo canale: $2^N \geq \frac{500\text{mm}}{5\text{mm}} = 100 \Rightarrow N \geq 7$;

Secondo canale: $2^N \geq \frac{30N}{0,05N} = 600 \Rightarrow N \geq 10$.

Scegliamo un ADC con una risoluzione di $N = 10$ bit.

Considerando i tempi di conversione non troppo piccoli ed una risoluzione non troppo elevata, un buon compromesso è costituito dalla scelta di un convertitore SAR (ad approssimazioni successive). Un convertitore commerciale adatto ai nostri scopi potrebbe essere l'AD571.

- 5) Per il collaudo dei circuiti di condizionamento abbiamo bisogno di un multimetro digitale per le misure di tensione e corrente, di uno o più alimentatori DC, ed eventualmente un generatore di funzioni, per simulare i segnali d'ingresso provenienti dai trasduttori.