

Esame di Stato di Istituto tecnico Industriale A.S. 2010/2011

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

Tema di: ELETTRONICA

In un sistema automatizzato di riempimento e pesatura vengono impiegati due trasduttori. Il primo è un trasduttore a ultrasuoni ed è impiegato per rilevare la posizione di un recipiente in cui deve essere versata una quantità prefissata di materiale. Il secondo è una cella di carico e ha il compito di misurare il peso totale del contenitore con il materiale affinché venga riempito con la quantità predefinita.

Il trasduttore di posizione ha un'uscita in corrente 4-10 mA:

- alla distanza minima di 60 mm eroga 4 mA;
- alla distanza massima 500 mm eroga 10 mA.

Il trasduttore di forza è di tipo a ponte resistivo e possiede un'uscita di tipo differenziale.

Alimentando il ponte con una tensione di 10 V e applicando la forza massima pari a 30 N si ottiene una tensione differenziale di 0,36 V.

Occorre valutare la posizione del recipiente con un errore massimo di 5 mm e misurare la forza peso con un errore massimo di 0,05 N.

I segnali provenienti dai due trasduttori devono essere condizionati e convertiti in segnali numerici per essere inviati a un personal computer che gestisce l'impianto.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute idonee:

- disegni uno schema a blocchi del sistema di acquisizione, spiegando le varie parti;
- dimensioni i circuiti di condizionamento dei segnali provenienti dai due trasduttori;
- scelga la frequenza di campionamento;
- indichi la risoluzione e il tipo di convertitore analogico-digitale impiegato;
- proponga il tipo di strumentazione più idonea per collaudare il funzionamento dei circuiti di condizionamento.

Soluzione

- Il sistema di acquisizione, il cui schema a blocchi è riportato in FIGURA 1, presenta due ingressi, costituiti dai trasduttori di posizione e di forza. Le grandezze elettriche prodotte dai trasduttori (corrente e variazione di

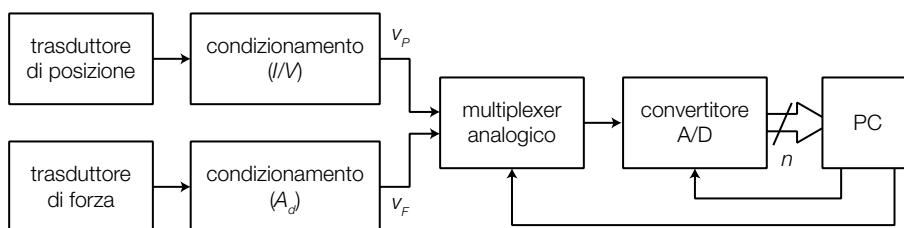


FIGURA 1 Schema a blocchi del sistema di acquisizione.

resistenza) sono trasformate in tensione dai circuiti di condizionamento, costituiti da un convertitore corrente/tensione e da un amplificatore differenziale, che provvedono anche a portare tale tensione nel campo di valori accettato dal convertitore analogico/digitale posto a valle.

Il multiplexer analogico permette di selezionare il segnale d'ingresso da inviare al convertitore A/D, in base a un segnale di controllo proveniente dal PC.

- b)** Per dimensionare i circuiti di condizionamento si suppone che il convertitore A/D accetti in ingresso segnali compresi tra 0 e 10 V.

Condizionamento del trasduttore di posizione

Il circuito di condizionamento deve trasformare la variazione di corrente i_p da 4 mA a 10 mA del trasduttore in una variazione di tensione v_p compresa nel campo 0-10 V, secondo la caratteristica mostrata nel grafico di FIGURA 2.

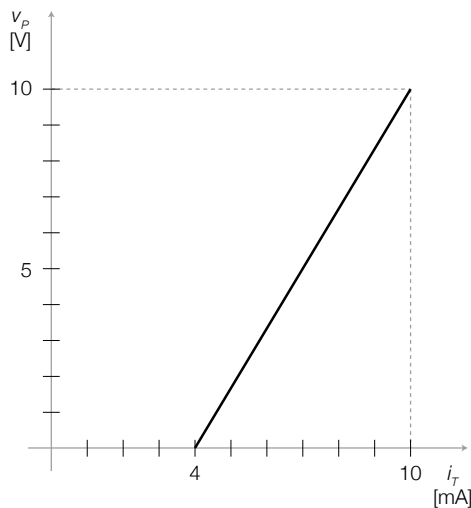


FIGURA 2 Caratteristica ingresso-uscita del convertitore $I \rightarrow V$.

Il circuito di FIGURA 3 comprende la correzione dell'offset (mediante R_1), la conversione I/V e l'amplificazione della tensione.

trasduttore con
correzione dell'offset

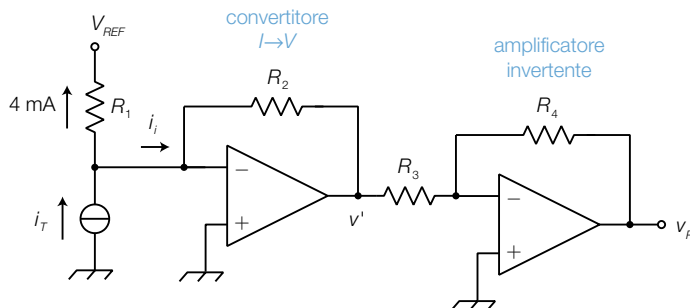


FIGURA 3 Circuito di condizionamento del trasduttore di posizione.

Si pone $V_{REF} = -10$ V e si dimensiona R_1 osservando che per $i_T = 4$ mA la tensione d'uscita deve essere nulla; quindi, poiché R_1 è sottoposta alla tensione V_{REF} , si ha:

$$R_1 = \frac{V_{REF}}{4 \cdot 10^{-3}} = \frac{10}{4 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

La R_2 del convertitore I/V si dimensiona osservando che per $i_T = 10 \text{ mA}$ la tensione d'uscita deve valere 10 V (tenendo conto che l'amplificatore invertente ha guadagno unitario, in quanto serve solo a invertire il segno della tensione, rendendola positiva):

$$R_2 = \frac{v_{o\max}}{i_{\max} - 4 \cdot 10^{-3}} = \frac{10}{6 \cdot 10^{-3}} = 1667 \text{ }\Omega$$

Per l'amplificatore invertente a guadagno unitario si scelgono due resistori uguali, per esempio $R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$.

Condizionamento del trasduttore di forza

È necessario un amplificatore differenziale (FIGURA 4) per amplificare la tensione d'uscita del ponte, che ha come valore massimo 0,36 V. Il guadagno dell'amplificatore deve quindi essere:

$$A_d = \frac{v_{o\max}}{v_{i\max}} = \frac{10}{0,36} = 27,8$$

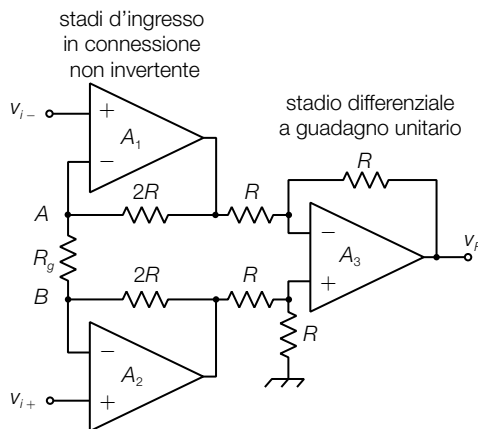


FIGURA 4 Circuito di condizionamento del trasduttore di forza.

Essendo il guadagno differenziale dell'amplificatore dato dalla formula:

$$A_d = \left(1 + \frac{4R}{R_G}\right)$$

fissato $R = 10 \text{ k}\Omega$ si ricava:

$$R_G = \frac{4R}{A_d - 1} = 1493 \text{ }\Omega$$

La tensione di alimentazione degli operazionali è bene che sia, in valore assoluto, almeno un paio di volt superiore alla massima tensione che si vuole ottenere, per cui $V_{CC} \geq 12 \text{ V}$.

- c) Supponendo che il nastro su cui sono posti i contenitori da riempire si muova alla velocità $v = 0,5$ m/s, per poter rilevare la posizione con un errore $\varepsilon = 5$ mm è necessario effettuare la misura della posizione un numero di volte al secondo pari a:

$$f = \frac{v}{\varepsilon} = \frac{0,5}{0,005} = 100 \text{ Hz}$$

per cui la frequenza di campionamento deve essere almeno il doppio, poiché a ogni lettura della posizione si effettua anche quella del peso; per cui la frequenza di campionamento si può scegliere pari a $f_c = 250$ Hz. Questa frequenza limita la massima velocità di riempimento dei contenitori: infatti se si vuole rilevare il peso con un errore massimo di 0,05 N, tra una misura e l'altra il peso deve variare al massimo di una quantità pari all'errore.

- d) Poiché la tensione d'uscita del circuito di condizionamento del trasduttore di posizione varia di 10 V quando lo spostamento vale $500 - 60 = 440$ mm, a uno spostamento di 5 mm (pari all'errore massimo ammesso) corrisponde una variazione di tensione pari a:

$$\Delta V_p = \frac{10}{440} \cdot 5 = 114 \text{ mV}$$

Supponendo una tensione di fondo scala dell'ADC pari a $V_{FS} = 10$ V, il numero di bit N in uscita all'ADC deve soddisfare la relazione:

$$\frac{V_{FS}}{2^N} \leq \Delta V_p$$

e quindi il numero di intervalli di quantizzazione richiesti dalla misura della distanza vale:

$$2^N \geq \frac{V_{FS}}{\Delta V_p} = \frac{10}{0,114} = 87,7$$

Per il trasduttore di forza il calcolo è analogo:

$$\Delta V_f = \frac{10}{30} \cdot 0,05 = 0,167 \text{ mV}$$

e quindi il numero di intervalli di quantizzazione richiesti dalla misura della forza vale:

$$2^N \geq \frac{V_{FS}}{\Delta V_f} = \frac{10}{0,167} = 599$$

Poiché la misura di forza richiede maggiore risoluzione si sceglie un numero N di bit, in uscita dall'ADC, maggiore o uguale a 10, corrispondente a 1024 intervalli di quantizzazione.

Viste le prestazioni richieste all'ADC (frequenza di campionamento e risoluzione) si può scegliere un ADC del tipo a successive approssimazioni.

- 5) La strumentazione idonea al collaudo dei circuiti di condizionamento è costituita dalla normale dotazione di laboratorio: multimetro, generatore di funzioni e oscilloscopio.