

SOLUZIONE TEMA DI ELETTRONICA 2011

Testo (preso da internet)

In un sistema automatizzato di riempimento e pesatura vengono impiegati 2 trasduttori.

Il primo è un trasduttore ad 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 ed 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 60mm eroga 4mA - alla distanza massima di 500mm eroga 10mA

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

Alimentando il ponte con una tensione di 10V 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 5mm e misurare la forza peso con un errore massimo di 0.05N.

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:

1. Disegni uno schema a blocchi del sistema di acquisizione, spiegando le varie parti.
2. Dimensioni i circuiti di condizionamento dei segnali provenienti dai due trasduttori.
3. Scelga la frequenza di campionamento.
4. Indichi la risoluzione ed il tipo di convertitore analogico-digitale impiegato.
5. Proponga il tipo di strumentazione più idonea per collaudare il funzionamento dei circuiti di condizionamento.

Compito fattibile.

Soluzione: (si fa riferimento al Manuale di Elettronica e Telecomunicazioni della Hoepli Quinta edizione)

Punto 1) Lo studente in grado di leggere e scrivere, poteva consultare l'indice analitico alla voce "Sistemi di acquisizione dati" (ma guarda un po') da cui a pag. XXVI-135 al punto 8.2 trovava una spiegazione dello schema a blocchi riportato alla fig. XXVI.8.1.

Unico sforzo limitare i traduttori a due, se poi qualche neurone dava segni di vita, si poteva eliminare il blocco A e il S/H che in questo caso non servivano visto che si segnali dai trasduttori si potevano considerare lentamente variabili.

Punto 2) Anche qui la fatica era poca, vediamo:

- **il primo traduttore** dava fuori una corrente che perciò doveva essere trasformata in una tensione con un convertitore corrente-tensione. La situazione è oramai classica per l'elettronico medio in quanto affrontata nel condizionamento del sensore di temperatura AD590. Le soluzioni circuitali possibili vanno dalla versione minimalista costituita da una semplice resistenza R alla versione con op-amp riportata sul manuale a pag. XXVI-156 fig. XXVI.8.8 circuito b).

Nella soluzione minimalista si fissavano i range di tensione d'ingresso dell'ADC, per esempio i classici 0-5V (come nel nostro 68HC11), si calcola la R come segue:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5}{10 \cdot 10^{-3}} = 500\Omega, \text{ in questo modo quando la corrente vale } 4 \text{ mA (valore minimo) la } V \text{ ai}$$

capi della R vale 2V e non zero, ma questo va bene ed è coerente con l'uso dello standard 4-10 mA, in quanto con questo sistema si riesce a capire se qualcuno scollega il sensore, infatti in tal caso la corrente si annulla e la tensione va fuori dal range corretto, consentendo di individuare il problema.

Se lo studente voleva seguire lo schema a blocchi del manuale, aggiungeva un filtro passa-basso in cascata con frequenza di taglio bassa (per esempio 10 Hz), così da eliminare eventuali disturbi e limitare la banda passante prima del campionamento. Come circuiti si poteva andare dal circuito di fig. VII.9.3.d (passa basso non invertente) posto a pag. VII-145, imponendo un guadagno unitario, o

utilizzando un VCVS a 12 dB/oct che vi avevo proposto in quarta e vi avevo chiesto di riportare sul manuale ad integrazione degli schemi già presenti.

Se non si voleva mettere il filtro allora è opportuno inserire in cascata al convertitore I/V a resistore un inseguitore di tensione (o voltage follower) non invertente con op-amp per garantire il massimo trasferimento di tensione da generatore a carico (vedi pag. X.58 fig. X.8.5).

La soluzione con op-amp era ancora più semplice potendo seguire l'esempio riportato sul manuale a pag. XXVI-156, cambiando solo i valori di corrente.

- Per il **secondo trasduttore**, lo studente non doveva farsi spaventare da tutte le "ciance" riportate e capire l'essenziale, il sensore dava fuori una tensione differenziale proporzionale al peso e che al massimo valeva 0,36V, non essendoci alcuna altra indicazione era accettabile ipotizzare che con un peso nullo la tensione in uscita fosse nulla, spariva così il problema di un eventuale offset. Questa tensione doveva essere poi amplificata per portarla a 5V come richiesto dall'ADC e cosa serviva? Se il segnale è differenziale allora ci vuole un amplificatore differenziale (ma va!).

Le soluzioni circuitali sono sostanzialmente due: dalla versione minimalista costituita dal classico amplificatore differenziale a singolo op-amp (pag. X-59), con l'esempio utile per il dimensionamento riportato a pag. X-62.

Soluzione più professionale, l'amplificatore per strumentazione (pag. XXVI-166) con esempio di progetto a pag. XXVI-167.

Per il filtro valgono le considerazioni fatte sopra e si può usare un circuito identico.

Proviamo la solita soluzione minimalista del differenziale a singolo op-amp:

- det. il guadagno $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5}{0,36} = 13,89$
- fisso $R_1=47k\Omega$ e ricavo $R_2=A_v*R_1=47*13,89 =652,8 k\Omega$

Punto 3)

Bisognava ricordare il Teorema di Shannon (pag. XXIII-8)

$$f_s > 2f_{\max}$$

Bisognava ricavare la frequenza massima, qui la cosa può essere più complessa in quanto bisogna conoscere come è fatto l'intero sistema e sapere quali sono i tempi di risposta richiesti, ritengo che tale conoscenza esuli dalle richieste di un tema d'esame di elettronica e sia importante che lo studente si sia posto il problema e abbia fornito una soluzione con qualche giustificazione.

Per esempio si potrebbe ipotizzare una f_{\max} di 10 Hz (variazioni significative ogni decimo di secondo) e fissare una frequenza di campionamento di $5*f_{\max}$ ovvero di 50 Hz.

Punto 4)

Nel nostro caso l'argomento era stato trattato in sistemi, ma si poteva ricorrere al manuale, ricercando la voce "risoluzione conversione A/D", saltando a pag. XXVI-6 si trovava che la risoluzione coincideva con il quanto Q, ossia l'ampiezza minima del gradino della caratteristica del convertitore A/D.

Il testo del problema imponendo il valore massimo dell'errore nell'acquisizione della posizione e del peso, sostanzialmente impone il valore massimo del quanto (in realtà questo è vero se l'ADC è ideale ossia se sono nulli tutti i suoi "errori" realizzativi).

Il problema è quindi trovare il numero di bit n del convertitore A/D da utilizzare per convertire con la voluta precisione i segnali provenienti dai due trasduttori.

Consideriamo il trasduttore di posizione:

$$Q = 5 \text{ mm}$$

$$FS = 500 \text{ mm (fondo scala ovvero valore massimo)}$$

$$FS/Q = 500/5=100 \text{ numero di quanti nell'intervallo di misura}$$

Con 7 bit si individuano 128 intervalli, quindi sufficiente per 100 intervalli.

$$Q = 0,05 \text{ N}$$

$$FS = 30 \text{ N (fondo scala ovvero valore massimo)}$$

$$FS/Q = 30/0,05=600 \text{ numero di quanti nell'intervallo di misura}$$

Con 10 bit si individuano 1024 intervalli, quindi sufficiente per 600 intervalli.

In conclusione si prende un unico ADC con risoluzione pari alla massima necessaria ossia 10 bit.

P.S. qualcuno poteva ricordare la formulina vista in sistemi/telecomunicazioni e ricavare immediatamente il numero n di bit:

$$n = \log_2\left(\frac{FS}{Q}\right) = \frac{\log_{10}\left(\frac{FS}{Q}\right)}{\log_{10} 2} \text{ arrotondando sempre per eccesso.}$$

Come tipo di convertitore si poteva utilizzare il classico SAR, in quanto sufficientemente veloce per l'applicazione in questione e facilmente interfacciabile con un microprocessore.

Punto 5

E' una domanda già vista in altre prove, si può dare una risposta tipo laboratorio di elettronica.

Per collaudare il circuito di condizionamento del sensore di posizione, si può utilizzare un amperometro per misurare la corrente proveniente dal sensore ed un voltmetro per misurare la tensione di uscita.

Il collaudo consiste posizionare un recipiente a distanze prefissate dal sensore e nel verificare le correnti in uscita al trasduttore e le tensioni in uscita al convertitore I/V.

Per il sensore di peso, si può usare un voltmetro per misurare la V in uscita alla cella e uno per misurare la V in uscita all'amplificatore differenziale.

Il collaudo consiste nell'applicare pesi crescenti e nel verificare le tensioni in uscita alla cella e le tensioni in uscita all'amplificatore.

Per gli schemi provate voi.

Saluti.

Prof. Pasquale Altieri – I.T.I.S. Leonardo da Vinci – Carpi (MO)