

**M320 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE****CORSO DI ORDINAMENTO****Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI****Tema di: ELETTRONICA****(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi del progetto sperimentale “Sirio”)**

In un sistema automatizzato di riempimento e pesatura vengono impiegati due 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 60 mm eroga 4 mA
- alla distanza massima di 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 ad un personal computer che gestisce l'impianto.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute idonee:

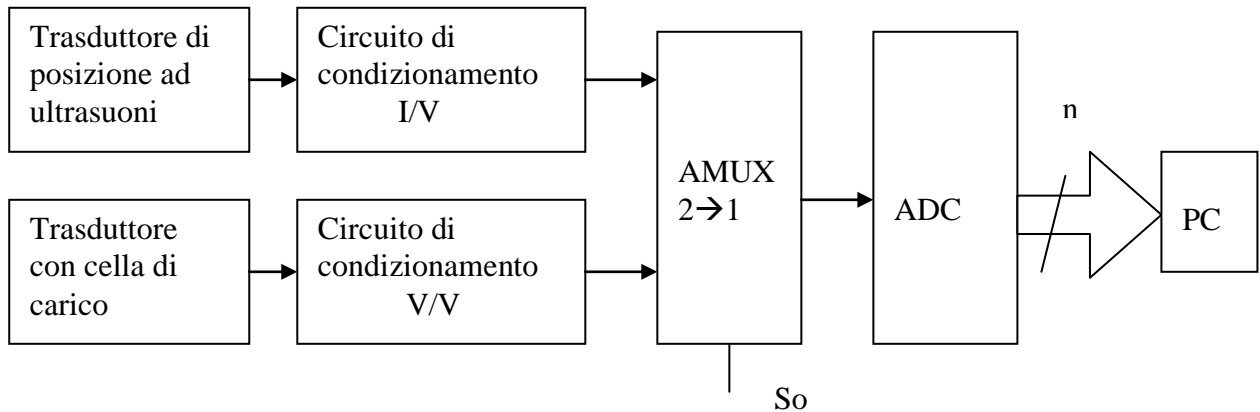
1. Disegni uno schema a blocchi del sistema di acquisizione, spiegando le varie parti.
2. Dimensiona i circuiti di condizionamento dei segnali provenienti dai due trasduttori.
3. Scelga la frequenza di campionamento.
4. Indichi la risoluzione ed il tipo di convertitore analogico-digitale impiegato.
5.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

## SVOLGIMENTO DEL TEMA DI ELETTRONICA

PER L'INDIRIZZO DI ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI ( 23 GIUGNO 2011)

(Autore Prof.ssa Maria Rosa Malizia)

**Punto 1:** Disegnare lo schema a blocchi del sistema di acquisizione spiegando ogni sua parte.



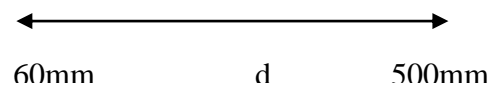
Nello schema a blocchi ho introdotto due circuiti di condizionamento, uno per ogni trasduttore. Essendo il segnale di uscita del trasduttore di posizione ad ultrasuoni un segnale in corrente e volendolo trasformare in un segnale analogico in tensione, ho introdotto un circuito di condizionamento corrente - tensione (I/V), mentre per il trasduttore con cella di carico, ho introdotto un circuito di condizionamento tensione-tensione (V/V).

I due segnali vengono instradati verso un Multiplexer 2->1 di tipo analogico che è in grado di connettere l'uscita a quel particolare ingresso che risulta selezionato per mezzo di un codice digitale applicato al suo ingresso di selezione  $S_o$ . L'uscita analogica del AMUX viene inviato ad un ADC (Analogic- Digital- Converter) con un numero  $n$  di uscita che calcoleremo successivamente. Tutto il processo verrà analizzato attraverso una logica di controllo gestita tramite software attraverso un computer.

**Punto 2: Dimensionare i circuiti di condizionamento dei segnali provenienti dai due trasduttori.**

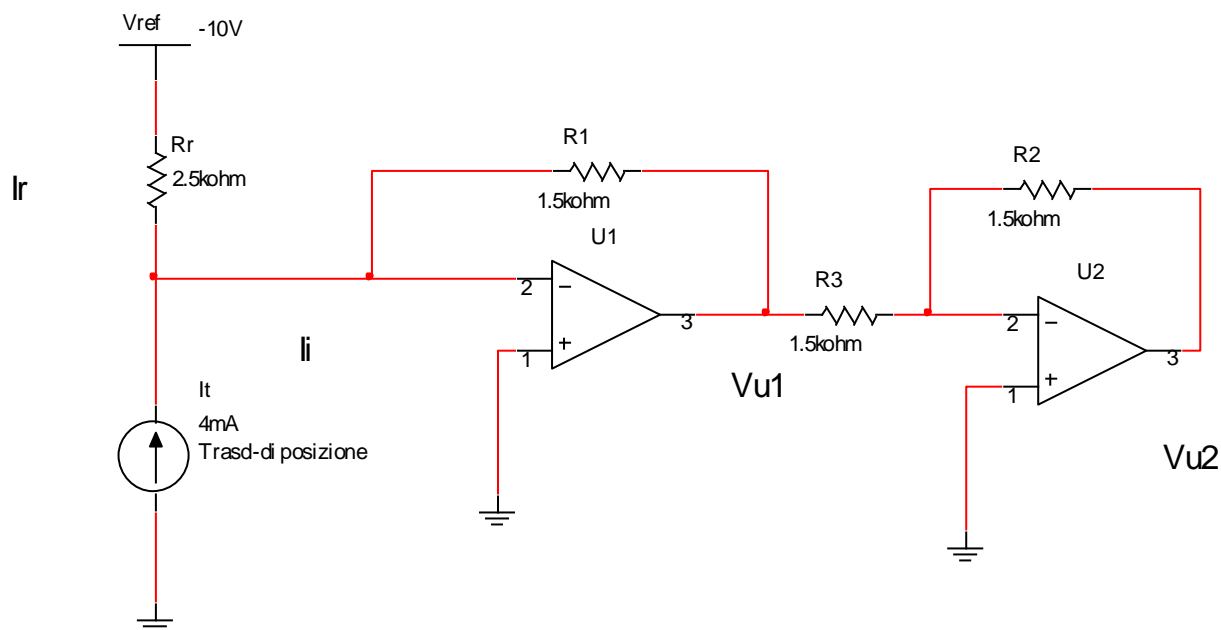
•Il circuito di condizionamento del trasduttore di posizione ad ultrasuoni ha le seguenti specifiche date dal testo:

- ♦ uscita in corrente 4-10mA
- ♦ alla distanza minima di 60 mm eroga 4 mA
- ♦ alla distanza massima di 500mm eroga 10mA



Scegliamo quindi un convertitore tensione-corrente ad Amplificatore operazionale alimentato a  $\pm 15V$  oppure alimentato a  $\pm 10V$ .





La formula generale del convertitore corrente tensione dà:

$$V_{u1} = - I_i * R_1$$

pongo

$$V_{ref} = -10V$$

• **Calcolo  $I_i$ :**

$$\text{Se } V_{u1} = 0V \rightarrow I_i = 0$$

$$I_i = I_t + I_r = 4mA + I_r = 0 \rightarrow I_r = -I_t = -4mA$$

Cioè  $I_r$  è uguale ed opposta ad  $I_t$

• **Calcolo  $R_r$ :**

$$R_r = | - V_{ref} / I_r | = | -10V / 4 * 10^{-3} A | = 2,5 K\Omega$$

• **Calcolo  $R_1$ :**

$$R_1 = \Delta V_{u1} \max / \Delta I \max = 10 V / ( 10mA - 4 mA ) = 1,66K \Omega \cong 1,5 K\Omega$$

Essendo

$V_{u1} = - I_i * R_1$  invertito di fase, aggiungiamo un amplificatore invertente con guadagno unitario

$$A_1 = -1$$

$$A_1 = -R_2/R_3 = -1$$

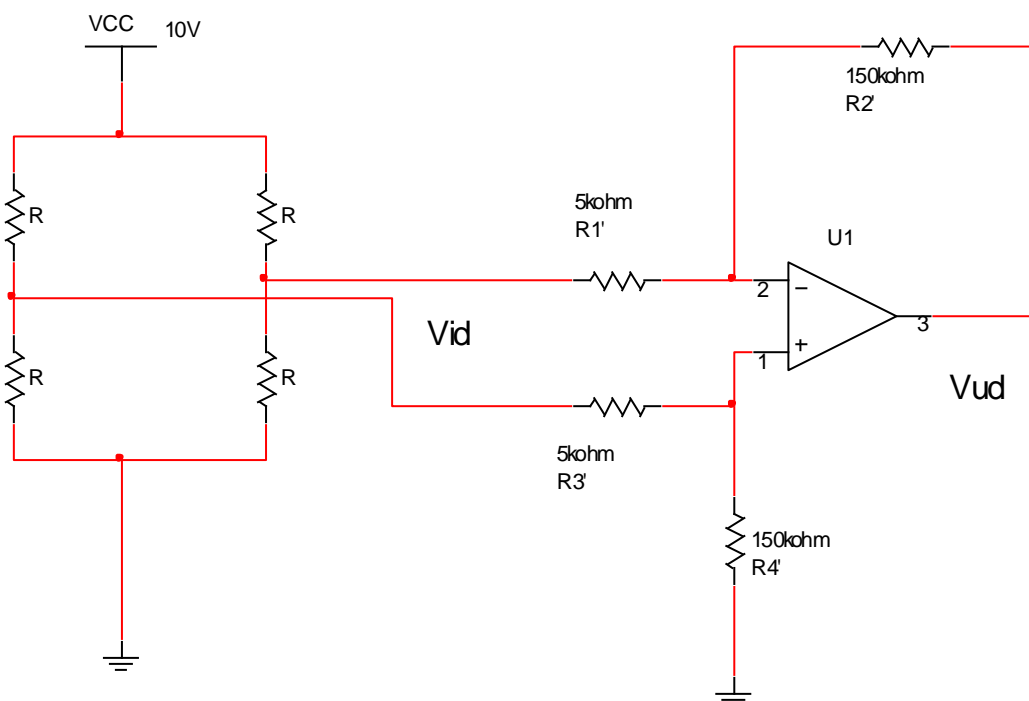
pongo quindi

$$R2 = R3 = 1,5 \text{ K}\Omega.$$

• **Dimensioniamo il circuito di condizionamento della cella di carico.**

Il testo dice che il ponte è alimentato a 10V ed ha un'uscita differenziale di 0,36 V.

Collegiamo all'uscita del ponte un amplificatore operazionale nella configurazione differenziale in modo da avere in ingresso la tensione differenziale  $V_{id} = 0,36$  del ponte.



All'uscita dell'amplificatore in configurazione differenziale si ha:

$$V_{ud} = A_d \cdot V_{id} = (R2'/R1') (V_{i1} - V_{i2}) = (R2'/R1') \cdot V_{id} \Rightarrow$$

Avendo posto

$$R1' = R3'$$

$$R2' = R4'$$

Calcolo  $A_d$

$$A_d = V_{ud}/V_{id} = 10V/0,36V = 27,7V \cong 30 \rightarrow R2'/R1' = 30$$

Pongo

$$R1' = R3' = 5 \text{ K}\Omega$$

$$R2' = R4' = 150 \text{ K}\Omega$$

**Punto 3: Scegliere la frequenza di campionamento.**

Per scegliere la frequenza di campionamento, essendo il processo molto lento, possiamo supporre che il nastro trasportatore si muova alla velocità di 0,5 metri al secondo e che ci siano almeno 5 contenitori con le merci per ogni metro.

Dalla teoria si sa che la frequenza di campionamento  $f_c$  è maggiore o uguale a due volte la Banda del segnale, cioè

$$f_c \geq 2 * B$$

$$B = \text{Velocità} * n^\circ \text{ contenitori/metro} = 0,5 \text{ [m/s]} * 5 \text{ [1/m]} = 2,5 \text{ Hz}$$

$$B = 2,5 \text{ Hz} \rightarrow$$

$$f_c \geq 2 * B = 5 \text{ Hz}$$

Il sistema ha quindi una frequenza di campionamento di 5 Hz che può essere gestita tramite software attraverso il computer, o attraverso una logica di controllo che generi un segnale con frequenza di 5 Hz.

#### **Punto 4: Indichi la risoluzione ed il tipo di convertitore analogico digitale impiegato.**

Per definizione la risoluzione di un ADC è la variazione minima del segnale di ingresso in grado di determinare la variazione del codice di uscita.; la risoluzione dipende direttamente dal numero di bit del codice di uscita e per tale motivo viene fornita come numero dei bit del codice di uscita. In un ADC ( Analogic-Digital-Converter) il quanto Q viene definito dal rapporto tra la tensione di fondo scala e  $2^n$ , dove n è il numero dei bit del codice.

$$Q = V_{fs} / 2^n$$

#### **•Calcoliamo adesso il numero n dei bit per convertire il segnale del trasduttore di posizione:**

$$\text{la distanza varia tra 60mm e 500 mm} \rightarrow \Delta d = (500-60)\text{mm} = 440\text{mm}$$

$$\text{la corrente varia tra 4mA e 10 mA} \rightarrow \Delta I = 10 \text{ mA} - 4 \text{ mA} = 6 \text{ mA}$$

Tra la distanza e la corrente c'è questa proporzionalità:

$$\Delta I = K \Delta d \rightarrow K = \Delta I / \Delta d \rightarrow$$

$$K = ( 6 \text{ mA} / 440 \text{ mm} ) = 13,636 \mu \text{ A/mm}$$

L'errore massimo sulla corrente deve essere calcolato per una distanza di 5mm, quindi

$$\Delta (\text{Errore corrente} ) = K * \Delta (\text{Errore distanza} ) = 13,636 [\mu \text{ A} / \text{mm} ] * 5 [\text{mm}] = 68,18 \mu \text{ A}$$

L'errore in corrente all'uscita del convertitore corrente-tensione deve essere moltiplicato per il valore della resistenza R1, da ciò segue che:

$$\Delta (\text{Errore in corrente all'uscita vu2} ) = \Delta (\text{Errore corrente} ) * R1 = 68,18 \mu \text{ A} * 1,5 \text{ K}\Omega = 0,102 \text{ V}$$

pongo questo errore massimo, uguale al quanto di conversione necessario al mio ADC per il trasduttore di posizione.

$$Q = 0,102 \text{ V}$$

Ma dalla teoria si ha che:

$$Q = V_{fs} / 2^n$$

$$2^n = V_{fs} / Q = 10 \text{ V} / 0,102 \text{ V} = 97,8 \rightarrow$$

$$n = \log_2 (97,8) = \ln (97,8) / \ln (2) = 4,582 / 0,693 = 6,61 \cong 7$$

$$n \cong 7$$

abbiamo quindi bisogno di un ADC con  $n \geq 7$

•Calcoliamo adesso il numero  $n$  di bit necessari ad acquisire il segnale del trasduttore di Forza ( o cella di carico).

Dalle specifiche del problema deve essere la minima forza rilevabile pari a 0,05 N.

Cioè  $\Delta$  (Errore forza )= 0,05 N

Il massimo segnale in uscita dal ponte deve essere di 0,36 V; quindi

$$\Delta (\text{ tensione})= K * \Delta (\text{ forza}) \rightarrow$$

$$K = \Delta (\text{ tensione}) / \Delta (\text{ forza})= 0,36 \text{ V} / 30 \text{ N} = 12 * 10^{-3} [\text{V/N}] \rightarrow$$

$$\Delta (\text{ errore tensione})= K * \Delta(\text{errore massimo della forza}) = 12 * 10^{-3} [\text{V/N}] * 0,05 \text{ N} = 0,6 \text{ mV} \rightarrow$$

$$\Delta (\text{ errore tensione})= 0,6 \text{ mV}.$$

Questo valore deve essere moltiplicato per l'amplificazione del differenziale in uscita dal ponte che ha un guadagno differenziale  $Ad= 30$ .

Quindi

$$V_{ud} = Ad * \Delta (\text{ errore tensione})= 30 * 0,6 \text{ m V} = 18 \text{ m V}$$

Pongo questo valore uguale al quanto:

$$Q = 18 \text{ m V}$$

$$\text{Ma dalla teoria si ha che } Q = V_{fs} / 2^n \rightarrow$$

$$2^n = V_{fs} / Q = 10 \text{ V} / 18 \text{ mV} = 555,5 \cong 556$$

$$n = \ln ( 556) / \ln (2) = 6,36 / 0,693 \cong 9,118$$

abbiamo bisogno di un ADC con un numero di bit pari a  $n \cong 10$

Il valore dei bit necessario a codificare entrambi i segnali deve essere scelto come il maggiore tra i due e nel nostro caso scegliamo

$$n \geq 10$$

a questo numero dei bit corrisponde la migliore risoluzione pari a

$$Q = V_{fs} / 2^n = 10 / 1024 = 9,766 \text{ mV}$$

**Punto 5 : Proponga il tipo di strumentazione più idonea per collaudare il funzionamento dei circuiti di condizionamento .**

Gli strumenti di misura da utilizzare per collaudare il sistema di acquisizione sono quelli che si utilizzano in un normale laboratorio.

Tra questi non può certamente mancare il multimetro per misurare le tensioni, le correnti e le resistenze.

Non può neanche mancare l'oscilloscopio per visualizzare la frequenza di campionamento del sistema.

Naturalmente con tutti questi strumenti dovremo verificare anche i vari errori dovuti all'inserimento degli strumenti stessi e ai disturbi non sempre eliminabili di tutta la circuiteria.