



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

M320 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

**Tema di: TELECOMUNICAZIONI E PROGETTAZIONE
TELECOMUNICAZIONI**

(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi del progetto "Sirio")

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:

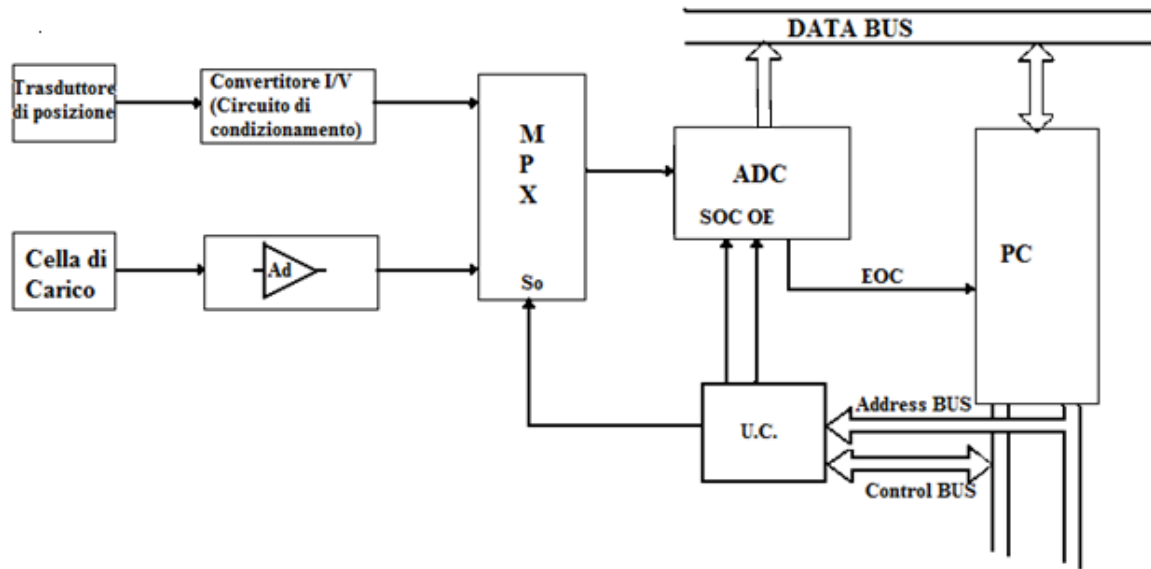
- alla distanza minima di 60mm eroga 4mA
- alla distanza massima di 500mm eroga 10mA

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.**

SCHEMA A BLOCCHI ACQUISIZIONE



Si supponga che il convertitore ADC lavori con tensioni comprese tra 0÷5 V

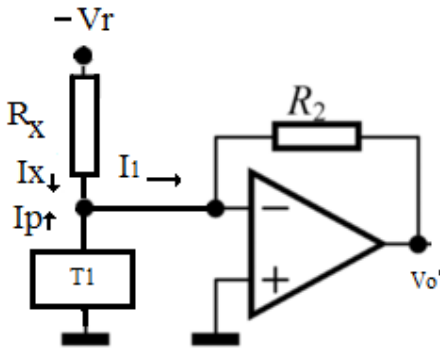
Il primo trasduttore fornisce una corrente di 4 mA ad una distanza di 60 mm

10 mA ad una distanza massima di 500 mm

Il suo circuito di condizionamento deve far corrispondere:

- Alla distanza minima una tensione di 0V
 - Alla distanza max una tensione di 5V
- 60 mm ----4mA ---- 0 Volt
500mm ----10mA ---- 5 Volt

Occorre pertanto un Convertitore I/V del tipo di figura dove



$$V_o = -R_2 \cdot I_1$$

$$I_1 = I_p + I_x$$

Alla distanza minima deve essere $V_o = 0$ per cui $I_1 = 0$

e $I_x = -I_p = -4\text{mA}$ $\rightarrow I_x = -4\text{mA}$

se scegliamo $V_r = 10\text{V}$ $\rightarrow -V_r = -10\text{V}$

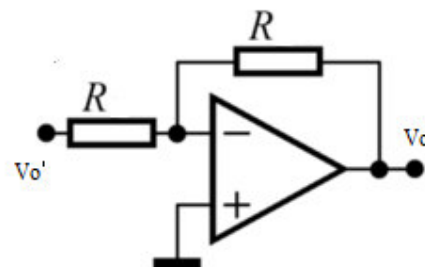
$$R_x = -V_r / I_x = 10 / (4 \cdot 10^{-3}) = 2,5\text{K}\Omega$$

Alla distanza max dobbiamo avere $V_o = 5\text{V}$

In effetti $V_o' = -R_2 \cdot (I_x + I_p) = -R_2 \cdot (-4\text{mA} + 10\text{mA})$

$V_o' = -R_2 \cdot (6\text{mA})$ da cui si deduce che V_o' risulta negativa e uguale a -5V

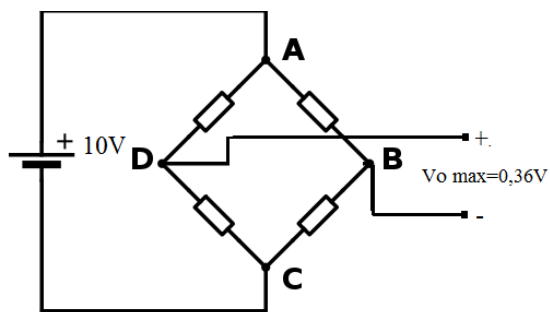
Da cui $R_2 = 5 / 6\text{mA} = 0,83\text{K}\Omega$



Per far diventare positiva la tensione basta far seguire al blocco precedente un AO invertente con guadagno $A=-1= -R_2/R_1$ ottenuto tramite due resistori uguali (ad es. $R_2=R_1=10K\Omega$) come in figura.

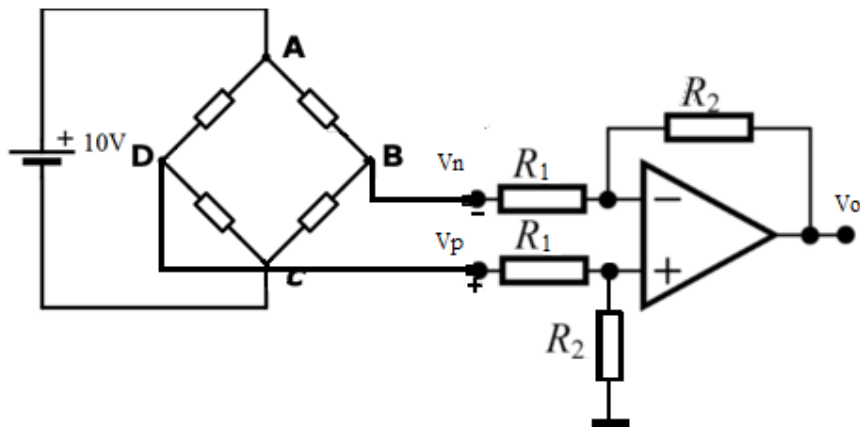
II Circuito di condizionamento

Il secondo trasduttore di forza possiede un'uscita di tipo differenziale.



Alimentando il ponte con una tensione di 10V, ad una forza max di 30N deve corrispondere una tensione di 0.36 V.

Si inserisce un AO differenziale che consente di avere una uscita con riferimento a massa del tipo seguente e collegato al ponte attraverso i due ingressi + e - .



$$\text{Dove } V_o = A(V_p - V_n) \rightarrow A = R_2/R_1 = V_o/\Delta V$$

Dovendo essere $V_o=5$ e $\Delta V=0,36V$

$$A = 5/0,36 = 13,9 \text{ approssimabile a } 14$$

Scegliendo un $R_1=1K\Omega$ dovrò avere una $R_2=14K\Omega$

La risoluzione del convertitore ADC dipende dal numero di bit richiesto e quindi dagli errori massimi consentiti .

- Per il trasduttore di posizione sappiamo che la corrente in uscita dipende dalla distanza d per cui

$$\Delta I = K \Delta d \quad \text{con } K \text{ coefficiente caratteristico del trasduttore}$$

$$K = (I_{\max} - I_{\min}) / (d_{\max} - d_{\min}) = (10_{\text{mA}} - 6_{\text{mA}}) / (500_{\text{mm}} - 60_{\text{mm}}) = 6_{\text{mA}} / 440_{\text{mm}} = 13_{\mu\text{A}} / \text{mm}$$

Per cui: per una variazione di 5mm si ha una variazione di corrente pari a $\Delta I = 13 * 5 = 65_{\mu\text{A}}$ con una variazione di tensione in uscita del circuito di condizionamento pari a $\Delta V_o = -$

$$R_2 * \Delta I = 0,83_{\text{k}\Omega} * 65_{\mu\text{A}} = 55\text{mV}$$

- Passando alla cella di carico la variazione di tensione dipende dalla variazione di peso \rightarrow

$$\Delta V = K \Delta F$$

$$K = (V_{\max} - V_{\min}) / (F_{\max} - F_{\min}) = 0,36\text{V} / 30\text{N} = 12_{\text{mV}} / \text{N}$$

Per cui: una variazione di 0,05N corrisponde ad una variazione di tensione all'uscita del ponte di $\Delta V = 12_{\text{mV}} * 0,05 = 0,06_{\text{mV}}$ che si riflette amplificata all'uscita del differenziale di

14 volte ossia $\Delta V_o = A \Delta V = 14 * 0,06_{\text{mV}} = 8,4_{\text{mV}}$

Il nostro ADC deve pertanto essere sensibile alla variazione più piccola del segnale d'ingresso che come si vede è quella della cella di carico ed è proprio questa che determina il cosiddetto quanto legato al numero di bit dalla seguente relazione:

$$Q = V_{\text{fs}} / 2^n \quad \text{dove } V_{\text{fs}} \text{ è il valore di fondo scala che abbiamo ipotizzato a } 5\text{V}$$

$$\rightarrow 2^n = V_{\text{fs}} / Q = (5 / 8,4) * 10^3 = 595 \text{ livelli}$$

Questo è il numero di livelli necessari affinché vengano rispettati i requisiti richiesti dal testo.

\rightarrow Occorre scegliere un ADC con $n \geq 10$

Scegliendo $n=10$ si avranno a disposizione $2^{10} = 1024$ livelli.

Ipotizzando una velocità del nastro di 25 cm al secondo $v = 0,25\text{m}/\text{sec}$ e 4 contenitori per metro $n = 4/\text{m}$

$$f_{\max} = v * N = 0,25\text{m}/\text{s} * 4/\text{m} = 1/\text{s} = 1\text{Hz}$$

$$f_c \geq 2f_{\max} = 2\text{Hz}$$

Questa frequenza motiva l'assenza del circuito S/H nel nostro schema a blocchi.

Se invece ipotizziamo una velocità del nastro doppia ossia di 0,5m/sec e 10 contenitori per metro

Si avrà una $f_{\max} = 0,5\text{m}/\text{sec} * 10/\text{m} = 5\text{Hz} \rightarrow f_c \geq 2 * 5\text{Hz} = 10\text{Hz}$