

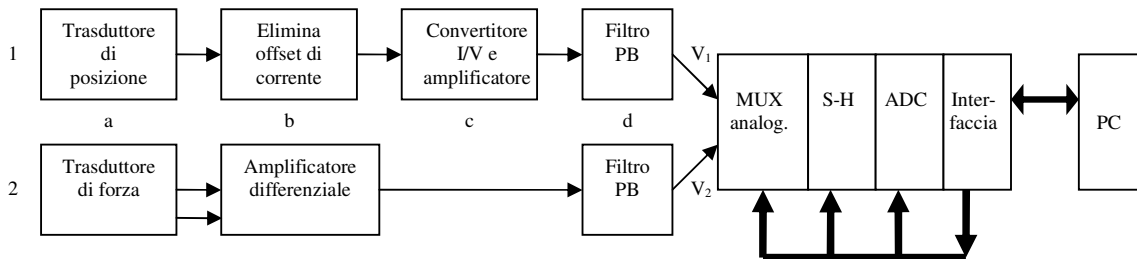
Esame di Stato 2011

Seconda prova scritta I.T.I. indirizzo Elettronica e Telecomunicazioni

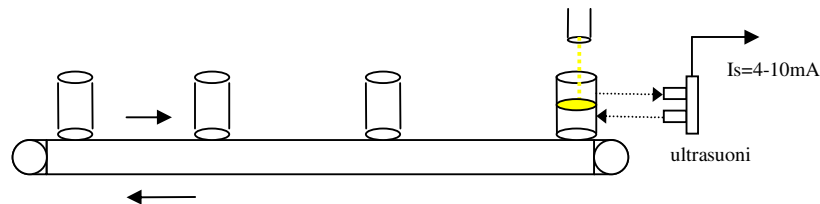
Soluzione proposta dal prof. Giuseppe Spalierno - docente di Elettronica presso I.T.I. Panetti - Bari - 23 giugno 2011

Risoluzione punto 1

Lo schema a blocchi rappresentato è un sistema di acquisizione dati bicanale.



Il trasduttore di posizione del canale 1 presenta una corrente di offset del valore $I_s=4\text{mA}$ quando il recipiente si trova alla distanza minima: $d_{\min}=60\text{mm}$.



Il circuito di condizionamento, costituito dai blocchi b e c, ha il compito di eliminare la corrente di offset $I_{s_{\min}} = I_1 = 4\text{mA}$ e di convertire in tensione la corrente differenza: $I_2 = I_s - I_1$ in modo che, quando $I_s = I_{s_{\max}} = 10\text{mA}$, si ha: $I_{2_{\max}} = 10 - 4 = 6\text{mA}$.

Tale valore di corrente deve produrre una tensione massima V_{\max} corrispondente al range di ingresso del convertitore A/D che supporremo, fin d'ora, pari a $V_{FS}=5\text{V}$.

Il filtro passa basso ha il compito di eliminare segnali di disturbo di frequenza superiore a quelle del segnale proveniente dal trasduttore.

Il canale 2 impiega, come circuito di condizionamento, un amplificatore differenziale che dia in uscita $v_o=5\text{V}$ (pari a V_{FS} dell'ADC) quando in ingresso si ha $0,36\text{V}$ grazie all'applicazione sulla cella di carico di una forza di 30N .

Il multiplexer analogico ha il compito di selezionare, periodicamente, il segnale che deve essere campionato: V_1 proveniente dal trasduttore di posizione e V_2 proveniente dal trasduttore di forza.

L'uscita del MUX pilota un modulo S-H che ha il compito di mantenere costante, durante il tempo di conversione dell'ADC, la tensione V_3 proveniente dal MUX affinché l'ADC compia correttamente la conversione A/D.

Il convertitore A/D ha il compito di trasformare, ad intervalli regolari di tempo, il segnale analogico V_i in un dato numerico a "n" bit che, tramite il circuito di interfaccia, sarà acquisito dal PC.

Il PC, attraverso l'interfaccia e grazie ad un opportuno software di gestione, pilota il funzionamento del MUX, del S-H e dello Start Conversion SC dell'ADC.

Risoluzione punto 2

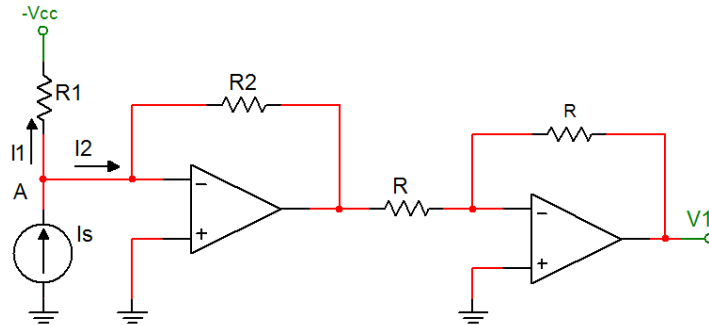
Il trasduttore di posizione ad ultrasuoni, misura il tempo impiegato dall'ultrasuono per percorrere la distanza "d" tra il trasmettitore e il recipiente più la stessa distanza "d" del fascio riflesso dal recipiente al ricevitore inserito nello stesso trasduttore.

$$2 \cdot d = v \cdot t \quad \rightarrow \quad d = v \cdot t / 2$$

ove “v” è la velocità dell’ultrasuono che è costante nell’aria per cui la distanza “d” è proporzionale al tempo “t” impiegato per compiere una corsa completa di andata e ritorno.

Poiché non sono specificate le caratteristiche di funzionamento del sensore, supporremo che il segnale in corrente ottenuto sia continuo e proporzionale alla distanza (il trasduttore ad ultrasuoni potrebbe anche avere un funzionamento impulsivo il che potrebbe complicare le considerazioni dei punti successivi).

Si mostra in figura il circuito di condizionamento proposto per i blocchi b e c del canale 1.



Per il primo principio di Kirchhoff al nodo A si ha: $I_2 = I_s - I_1$

Per $I_s = 4\text{mA}$ deve essere $I_2 = 0$ affinché si possa eliminare l’offset.

In tal caso: $V_{u1} = 0$ e $V_u = 0$. Quindi $I_1 = 4\text{mA}$ costanti.

Posto $V_{CC} = 10\text{V}$ si ha: $R_1 = V_{CC} / I_1 = 10\text{V} / 4\text{mA} = 2,5\text{K}\Omega$ poiché il punto A è massa virtuale.

Per $I_s = 10\text{mA}$ si vuole che V_{u1} sia pari a -5V quindi: $R_2 = V_{u1\text{max}} / I_{2\text{max}}$ ove $I_{2\text{max}} = I_{s\text{max}} - I_1$.

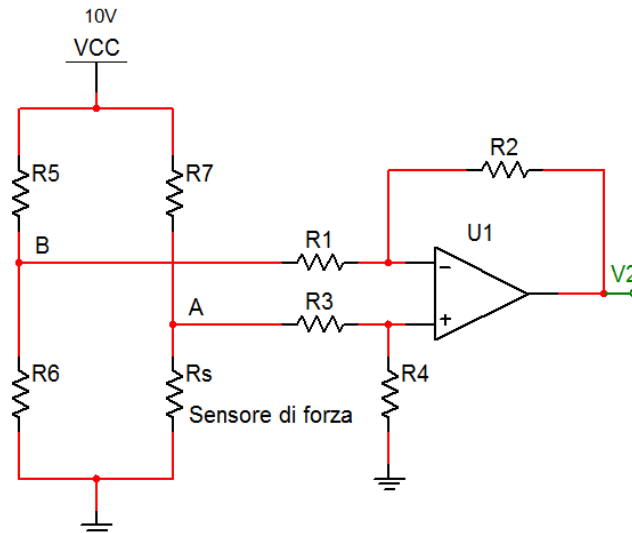
$I_{2\text{max}} = 10 - 4 = 6\text{mA}$ quindi: $R_2 = 5\text{V} / 6\text{mA} = 833\Omega$.

Il secondo amplificatore operazionale è in configurazione invertente a guadagno unitario.

Si impone per R il valore di $10\text{K}\Omega$. Quindi per $I_s = 10\text{mA}$ si ottiene: $V_1 = +5\text{V}$.

Il circuito di condizionamento del trasduttore di forza, a ponte resistivo ed alimentato a 10V , pilota un amplificatore differenziale come in figura ove $R_5 = R_6 = R_7 = R_8$ in assenza di carico.

Inoltre: $R_3 = R_1$ e $R_4 = R_2$ affinché il guadagno differenziale sia pari a R_2 / R_1 .



Si vuole che $V_2=+5V$ quando $V_{AB}=0,36V$, tensione differenziale ottenuta a pieno carico: 30N.
 Il guadagno dell'amplificatore differenziale dovrà essere:

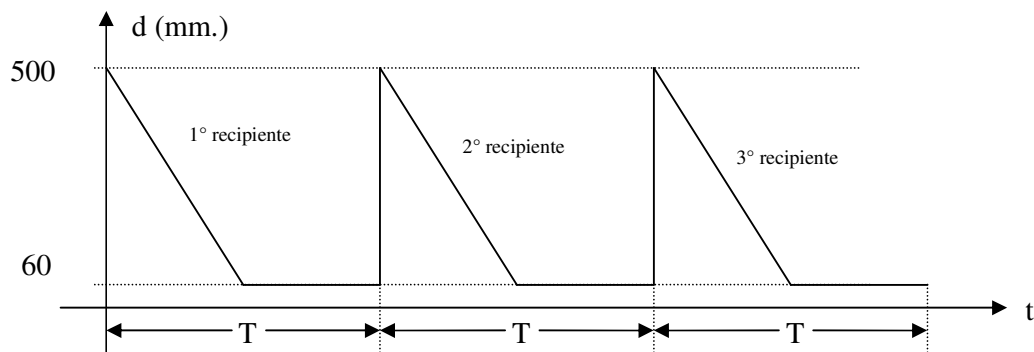
$$A = 5V/0,36V = 13,89$$

Fissando: $R_1=10K\Omega$, sarà: $R_2=13,89 \cdot R_1 = 138,9K\Omega$.

Risoluzione punto 3

La frequenza di campionamento, per il teorema di Shannon, deve essere maggiore o uguale al doppio della massima frequenza contenuta nel segnale da acquisire. Purtroppo la traccia nulla dice sulla velocità di traslazione del recipiente sul nastro trasportatore.

Ipotizziamo che il recipiente si avvicini al trasduttore di posizione a velocità costante e che il suo riempimento, quando è fermo, avvenga in un tempo identico a quello di traslazione. Si mostra in figura il grafico dello spazio percorso in funzione del tempo. Esso è periodico con periodo T poiché dopo il primo recipiente fa la sua comparsa il secondo e così via.



Supponendo che il percorso e lo stazionamento per il riempimento sia pari a 5s, il periodo T vale 10s cui corrisponde una frequenza di ripetizione $f = 1/T = 0,1Hz$.

La forma d'onda è periodica ma non sinusoidale. Essa è, quindi, sviluppabile in serie di Fourier e presenta frequenze multiple della frequenza fondamentale. Supponendo di trascurare le armoniche di ordine maggiore di 10 possiamo assumere come massima frequenza $f_{max}=1Hz$.

Anche per il trasduttore di forza, per le ipotesi fatte, si ha una legge di variazione simile al caso esaminato con la differenza che al passare del tempo l'andamento del peso, durante la fase di stazionamento, è crescente mentre durante la fase di traslazione il peso rilevato è zero.

Quindi, per le considerazioni fatte, si dovrà campionare almeno a 2Hz (limite inferiore teorico). In pratica conviene farlo a frequenza ben più alta, ad esempio a: $f_c=5Hz$, cioè un campione ogni 0,2s.

Risoluzione punto 4

Per risalire alla risoluzione dell'ADC da impiegare, partiamo dall'errore massimo tollerato per i due sensori.

Sensore ad ultrasuoni.

Utilizziamo la seguente proporzione:

$$(V_{FS} - 0) : (500mm. - 60mm.) = Q : 5mm$$

Si ricava:

$$Q = \frac{V_{FS}}{440mm} \cdot 5mm = 56,8mV$$

massimo valore del quanto Q .

Numero di livelli discriminati:

$$N = V_{FS}/Q = 5/0,0568 = 88$$

Il numero di bit che deve possedere un ADC affinché sia possibile discriminare 88 livelli è 7. Infatti $2^7=128 \rightarrow n = 7$ bit.

Sensore di forza

Il numero di livelli possibili sono:

$$N_{liv} = \frac{30N}{0,05N} = 600$$

Ragionando come nel caso precedente si ha:

$$512 = 2^9 < 600 < 2^{10} = 1024$$

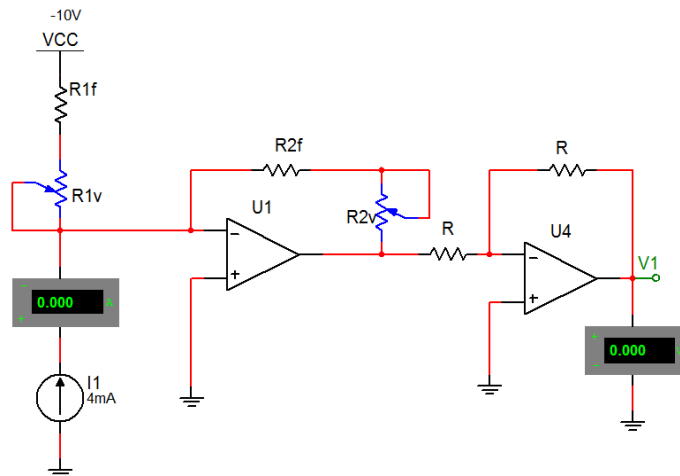
Quindi si sceglierà un ADC a 10bit.

Poiché l'ADC da utilizzare è lo stesso per entrambi i trasduttori la scelta cadrà sull'ADC a 10bit. Avendo supposto una $V_{FS} = 5V$ la risoluzione in volt è il quanto: $Q = V_{FS}/2^n = 5/1024 = 4,88mV$. La scelta può cadere su un ADC ad approssimazioni successive dal costo contenuto e con caratteristiche discrete e tempi di conversione intorno a 100 μ s.

Risoluzione punto 5

Per tarare il circuito di condizionamento del trasduttore di posizione ci serviamo di un generatore di corrente costante, di un amperometro in DC da collegare in serie al generatore e di un voltmetro che misuri la tensione di uscita V_1 .

Portando il generatore di corrente al valore $I_s = 4mA$ la tensione di uscita dovrà essere: $V_1 = 0$.



Per ottenere ciò si aziona la resistenza variabile R_{1v} finché $V_1=0$. Poiché al punto 2) si è ricavato: $R_1 = 2,5K\Omega$, si decide di fissare $R_{1f} = 2,2K\Omega$ e scegliere:

$$R_{1v} = 2 \cdot (R_1 - R_{1f}) = 2 \cdot (2,5 - 2,2) = 0,6K\Omega$$

Si sceglierà un potenziometro da 680 Ω in modo che la taratura avvenga intorno al suo centro corsa.

Si procede allo stesso modo per $R_2 = R_{2f} + R_{2v}$.

Portando $I_s = 10mA$ agendo sulla manopola che consente di regolare l'intensità di corrente e leggendo il valore della stessa sull'amperometro, dovrà essere $V_1 = 5V$.

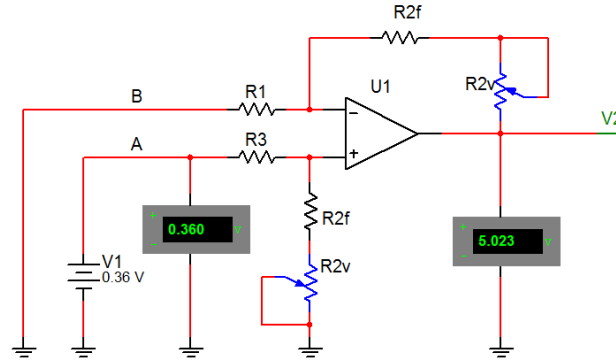
Faremo la regolazione agendo sul potenziometro R_{2v} .

Fissando $R_{2f} = 680\Omega$, si ha:

$$R_{2v} = 2 \cdot (833 - 680) = 306\Omega$$

Si sceglierà: $R_{2v} = 330\Omega$, valore commerciale immediatamente superiore 306Ω .
Lo stadio U4 è un invertente a guadagno unitario con $R = 10K\Omega$.

Per tarare l'amplificatore differenziale necessario per il trasduttore di forza, potremo utilizzare un generatore di tensione regolabile al valore $0,36V$, ad un voltmetro V_1 in parallelo a tale generatore ed ad un voltmetro V_2 sull'uscita del differenziale come in figura.



Per $V_1 = 0$ dovrà essere $V_2 = 0$; vero se trascuriamo il CMRR del circuito e le correnti di offset dell'operazionale.

Per $V_1 = 0,36V$ dovrà essere: $V_2 = 5V$.

Agiremo su R_{2v} finché otterremo: $V_2 = 5V$.

Qui, purtroppo, si dovrà impiegare un potenziometro doppio in modo che agendo sull'alberino di comando i due potenziometri dovranno assumere il medesimo valore.

Poiché si era dimensionato $R_2 = 138K\Omega$ allora si potrà scegliere:

$$R_{2f} = 100K\Omega \text{ e } R_{2v} = 76K\Omega$$

in modo che intorno al centro corsa si ottenga il valore nominale di R_2 .