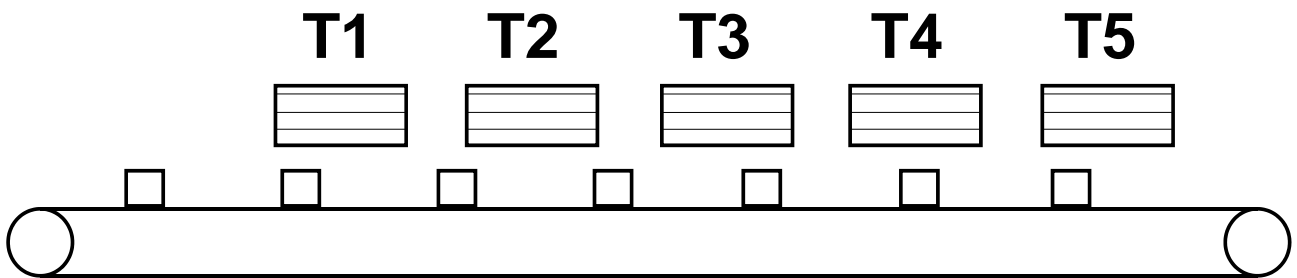


SESSIONE 2012 SOLUZIONE



Dati Noti:

Forno con nastro trasportatore che trascina schede a circuito stampato attraverso 5 zone a temperatura controllata poste in sequenza.

Ogni zona ha un trasduttore di temperatura di tipo k (coefficiente $T^\circ 40\mu V/C^\circ$). L'interno della zona ha una temperatura tra 0° e $400^\circ C$.

Sulla puleggia del nastro trasportatore con diametro di 16cm è calettato un encoder tachimetrico a 2000 impulsi al giro. La velocità del nastro trasportatore varia da 0 a 1500 millimetri al minuto.

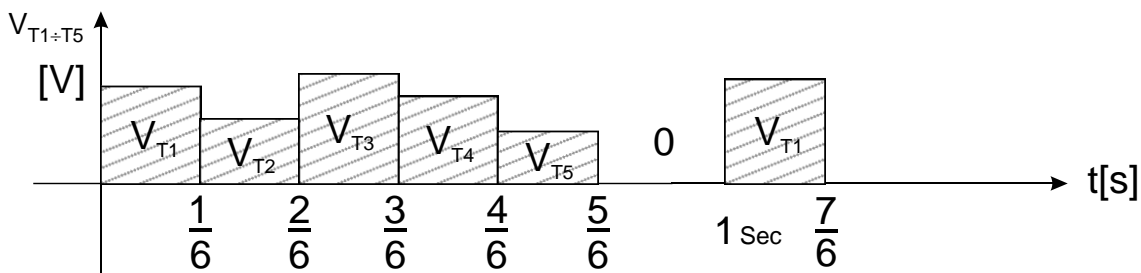
Si procede a definire alcune ipotesi aggiuntive per poter definire lo schema a blocchi in modo esaustivo:

1. SI UTILIZZA UNA TRASFORMAZIONE Parallelo/Serie di valori temperatura relativi dai 5 trasduttori T/V. In tal modo si riduce il numero dei componenti e il costo, ma a scapito dell'affidabilità del sistema.
2. Si intende impiegare un Microprocessore/Microcontrollore al fine di realizzare una migliore codifica su display a 7 segmenti con 4 cifre decimali.
3. Si opta per la conversione f/V degli impulsi dell'encoder trattando pertanto l'uscita di tale trasduttore come segnale analogico.
4. Si effettuerà la scelta del convertitore A/D in funzione di un $\epsilon\%$ (errore relativo) definito per esempio del 1%.

Lo schema a blocchi del sistema di acquisizione dati consiste in 5 trasduttori T/V che inviano i segnali in tensione V_{T1} V_{T5} a un multiplexer $A_{\mu}mux$ analogico

effettuando così il passaggio da trasmissione parallelo a trasmissione serie. Pertanto i 5 segnali V_{T1} V_{T5} vengono trasferiti in uscita su un unico cavo e la durata di ciascun segnale è pari a $\frac{1}{6}$ di secondo in accordo con variazione dei segnali di indirizzamento S_0 , S_1 , S_2 (creati dal Microprocessore). Pertanto il segnale V_{T1} V_{T5} trasferisce ogni sesto di secondo il valore corrispondente alla temperatura in ciascuna delle 5 zone del forno.

Un esempio di sequenza di valori è riportata nel seguente diagramma temporale:



Poiché il valore acquisito in ciascun intervallo temporale pari a $\frac{1}{6}$ s può considerarsi costante a causa della più lenta variazione della temperatura rispetto al tempo di acquisizione mediante operazionale Mixer, si ritiene non necessario inserire a valle dell'operazionale Mixer un Sample & Hold. Pertanto viene inserito in cascata un circuito di condizionamento del segnale V_{T1} V_{T5} che vedremo realizzato con Amplificatore Operazionale quale $\mu A741$.

L'uscita del condizionatore sarà un segnale di tensione $V_{cond 1-5}$ adatto a essere elaborato dal convertitore A/D che si presuppone interno al Microprocessore ma che verrà evidenziato nello schema a blocchi.

Si presuppone che tale A/D abbia tensione di riferimento $V_{rif}=5V$. Il segnale impulsivo proveniente dall'encoder è caratterizzato da una frequenza denominata f_{SPEED} proporzionale alla velocità misurata e tale segnale deve essere convertito in un segnale di tensione proporzionale a tale frequenza e di conseguenza alla velocità lineare del nastro.

Tale segnale di uscita V_{SPEED} proveniente dal convertitore f/V deve essere ulteriormente condizionato e diventare V_{SPEEDC} .

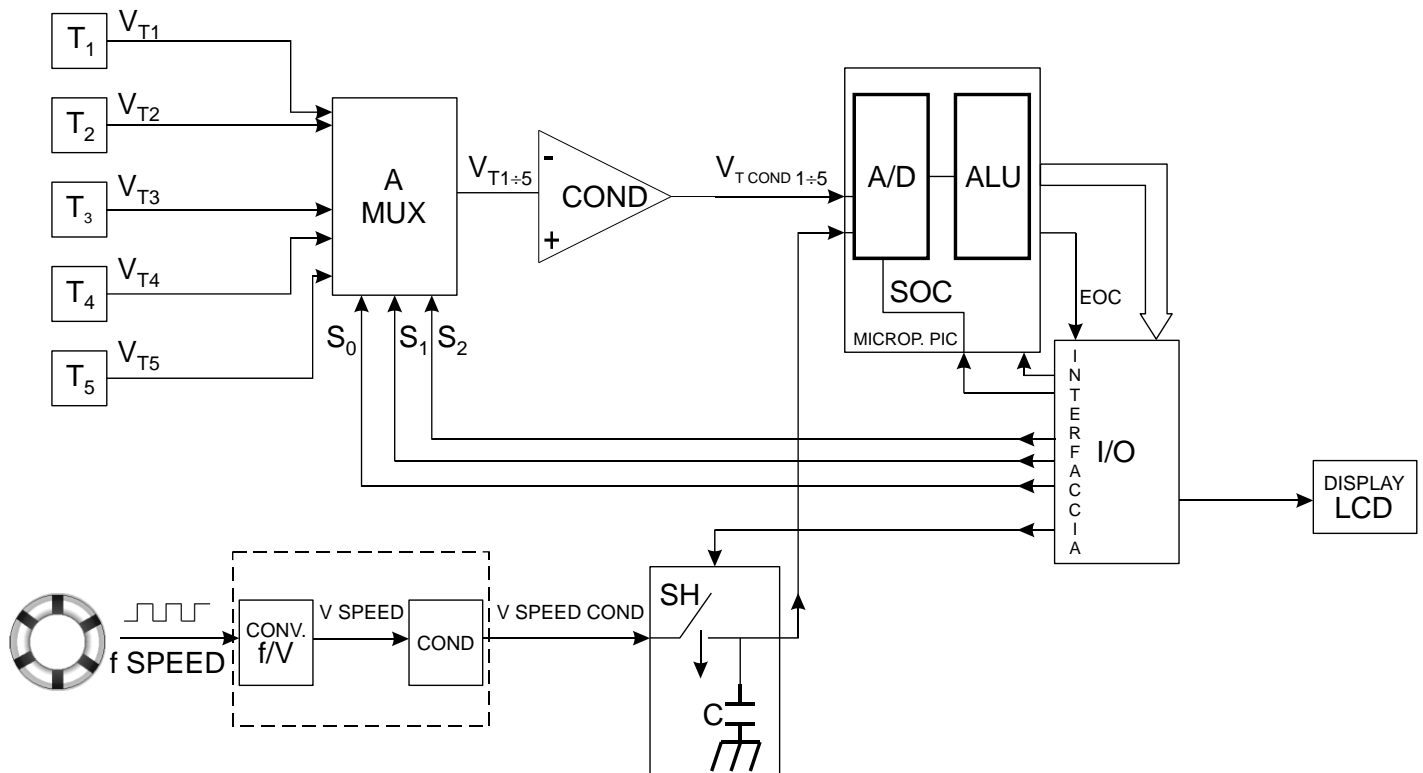
V_{SPEEDC} a sua volta, viene inviato a un Sample & Hold (S&H) per 2 motivi:

1) essere campionato nella time slot lasciata libera dal rilevamento della temperatura che per la figura precedente è il tempo tra $\frac{5}{6}$ s e 1 s. Il Campionamento avverrà poi per ogni secondo.

2) deve essere mantenuto costante (hold) in tale intervallo mediante opportuno condensatore C. L valore costante ottenuto consente una corretta conversione in valore digitale, tenuto conto che le variazioni di velocità sono molto più rapide di quelle di temperatura e potrebbero essere rilevate dal convertitore A/D.

Poiché l'elaborazione dei segnali e la presentazione al display a cristalli liquidi a 4 cifre richiede l'impiego di un microprocessore, si può pensare di utilizzarne uno della famiglia 16F8XX e in particolare il PIC 16F877 che ha al suo interno un A/D con la possibilità di convertire a 10bit fino a 5 segnali analogici. L'A/D interno è di tipo SAR e quindi sufficientemente rapido e con errore inferiore sicuramente a 1% essendo a 10bit.

Lo schema a blocchi potrebbe comunque essere così genericamente rappresentato:



E' possibile infine disegnare uno schema a blocchi di maggior dettaglio del PIC, qualora fosse necessario evidenziare BUS DATI, BUS INDIRIZZI e BUS di CONTROLLO.

2) Per quanto riguarda il circuito di condizionamento del trasduttore di Temperatura/Tensione si ha che:

$$V_{TMIN} = 0^{\circ}V \rightarrow \text{a cui corrisponde } T=0^{\circ}C$$

$$V_{TMAX} = (40 \cdot 400)\mu V = 16000\mu V = 16mV \rightarrow 400^{\circ}C$$

$$V_{TMAX} = 16mV \rightarrow 400^{\circ}C$$

Il trasduttore non produce offset e pertanto il condizionatore di segnale deve amplificare il segnale in uscita al trasduttore.

Poiché per adattarlo al convertitore A/D occorre:

$$V_{TCONDMax} = 5V (= V_{REF} A/D)$$

Infatti in corrispondenza di 16mV, il guadagno dell'amplificatore sarà:

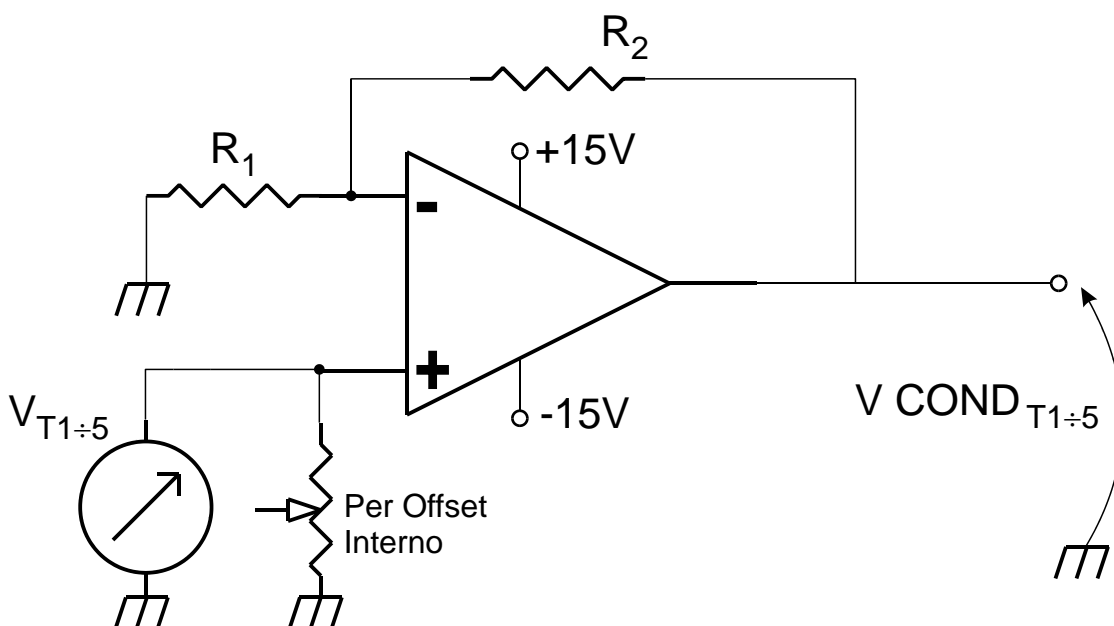
$$G = \frac{V_{TCONDMAX}}{V_{TMAX}} = \frac{5}{16 \cdot 10^{-3}} = 312,5$$

Poiché il segnale da amplificare è costante nell'intervallo richiesto e comunque la frequenza dei 5 segnali è pari a 6Hz è possibile realizzare tale G con un solo Amplificatore Operazionale $\mu A741$.

Realizzando una configurazione non invertente e scegliendo $R_1=1K\Omega$ si ottiene:

$$1 + \frac{R_2}{R_1} = 312,5 \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 311,5 \rightarrow R_2 = 311,5K\Omega \cdot 1 = 311,5K\Omega$$

Si riporta a seguito la configurazione circuitale da realizzare:



3) Le operazioni che devono essere effettuate per ottenere sul display LCD una cifra a 4 decimali che riporti la velocità lineare del nastro partono dal valutare il valore fornito dall'encoder in funzione della velocità.

Per velocità lineare nulla ovviamente il numero di giri misurati dall'encoder sarà 0, mentre per la velocità Max pari a 1500mm/min si ottiene un numero di giri al secondo pari a:

$$n_{MAX} = \frac{V_{MAX}}{\pi D} \cdot \frac{1}{60} = \frac{1500}{\pi \cdot 160 \cdot 60} = \frac{1500}{\pi \cdot 9600} = 1500 \cdot 3,317 \cdot 10^{-5} = 0,04976 \text{ [giri/sec]}$$

Ne deriva pertanto che la costante di conversione tra velocità lineare e velocità angolare espressa in [giri/s] risulta:

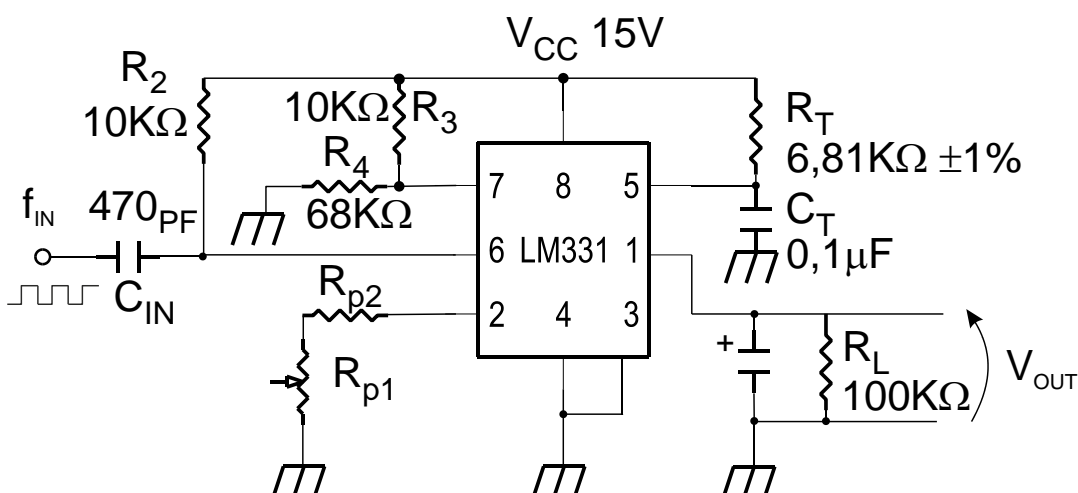
$$K_V = 3,317 \cdot 10^{-5} \left[\frac{g/s}{\frac{mm}{min}} \right]$$

Poiché l'encoder produce 2000 impulsi a giro ne deriva che la frequenza prodotta dall'encoder è proporzionale alla velocità lineare con la seguente costante:

$$f_{MAX} = K_f \cdot V_{MAX} = 6,634 \cdot 10^{-2} \cdot 1500 = 99,52 \left[\frac{imp}{s} \right] = [Hz]$$

Pertanto, la frequenza del segnale di uscita dell'encoder varia tra 0 e 99,52 Hz e deve essere condizionata per ottenere un segnale di tensione nel range [0÷5V].

Come già definito il segnale pertanto viene convertito e adattato mediante un circuito elettronico del tipo convertitore f/V che utilizza l'integrato LM331. La configurazione circuitale viene di seguito riportata:



Si scelgono:

$$V_{CC}=+15V$$

$$R_2=R_3=10K\Omega$$

$$R_4=68K\Omega$$

$$R_T=68,1K\Omega \text{ con precisione } \pm 1\%$$

$$R_L=100K\Omega$$

$$C_T=0,1\mu F$$

$$C_{IN}=470pF$$

E si ricava $R_p=R_{p2}+R_{p1}$ al fine di ottenere il range di valori di tensione desiderati.

In particolare con il circuito proposto si ha:

$$V_{OUT} = f_{IN} \cdot 2,09 \cdot \frac{R_L}{R_p} \cdot (R_T \cdot C_T) = f_{IN} \cdot 2,09 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{R_p} \cdot (6,81 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6})$$

Da cui:

$$V_{OUT} = \frac{f_{IN}}{R_p} \cdot (2,09 \cdot 10 \cdot 6,81) = \frac{f_{IN}}{R_p} \cdot 142,329$$

Pertanto per ottenere V_{OUTMAX} pari a 5V in corrispondenza di $f_{INMAX}=99,52$ occorre definire:

$$R_p = \frac{f_{INMAX}}{V_{OUTMAX}} \cdot 142,329 = \frac{99,52}{5} \cdot 142,329 = 2832,91\Omega$$

Ne deriva che si può scegliere:

$$R_{p2}=3K\Omega \pm 1\%$$

$$R_{p1}=1K\Omega \text{ (un trimmer per regolare OFFSET LM331)}$$

In caso ideale $R_{p1}=0 \rightarrow R_p= R_{p2}=3K\Omega$

Utilizzando $3K\Omega$ la V_{OUTMAX} risulterà leggermente inferiore a 5V. In particolare abbiamo che:

$$V_{OUTMAX} = \frac{68,1 \cdot 2,09}{3 \cdot 10^3} \cdot f_{INMAX} = \frac{142,329}{3 \cdot 10^3} \cdot 99,52 = 4,72[V]$$

Pertanto V_{SPEEDC} risulta variabile tra 0 e 4,72V.

La costante di conversione da velocità lineare in mm/min a V_{SPEEDC} risulta pertanto:

$$K_{V_{SPEEDC}} = K_f \cdot \frac{142,329}{3 \cdot 10^3} = 16,634 \cdot 10^{-2} \cdot 0,047443 = 0,3147 \cdot 10^{-2} \left[\frac{V}{\frac{mm}{min}} \right]$$

Infatti dopo le conversioni a 1500 mm/min devono corrispondere 4,72[V] ossia:

$$V_{SPEEDC_{MAX}} = 0,3147 \cdot 10^{-2} \cdot v_{MAX} = 0,3147 \cdot 10^{-2} \cdot 1500 = 4,72[V]$$

Nel convertitore A/D a 10bit ogni livello o Quanto che rappresenta poi il bit meno significativo corrisponde un valore di tensione pari a:

$$Q = \frac{V_{REF}}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 4,88 \cdot 10^{-3} [V] \text{ ossia } 4,88[mV]$$

Pertanto l'incremento di un bit corrisponde all'incremento di un quanto. Occorrerà quindi convertire il numero binario in uscita all'A/D in numero decimale che varierà tra 0 e 1024 e quindi moltiplicare tale numero per il quanto al fine di ottenere V_{SPEEDC} .

A questo punto tramite la costante $K_{V_{SPEED}}$ si può ottenere la velocità del nastro da utilizzare per il display LCD.

Si fa un esempio:

se il numero binario è la sequenza di dieci 1 (1111111111_b) a questo numero corrisponde il numero decimale:

$$= 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 1023$$

Da cui deriva che:

$$V_{SPEEDC} = 1023 \cdot Q = 1023 \cdot 4,88 \cdot 10^{-3} = 4,992[V]$$

La corrispondente velocità del nastro a 4cifre risulta:

$$v = \frac{V_{SPEEDC}}{K_{V_{SPEED}}} = \frac{4,992}{0,3147 \cdot 10^{-2}} = 1586 \text{ che è di poco superiore a } v_{MAX}$$

Un ulteriore esempio potrebbe essere il seguente numero binario:

0001000001_b

A tale numero binario corrisponde il seguente valore decimale:

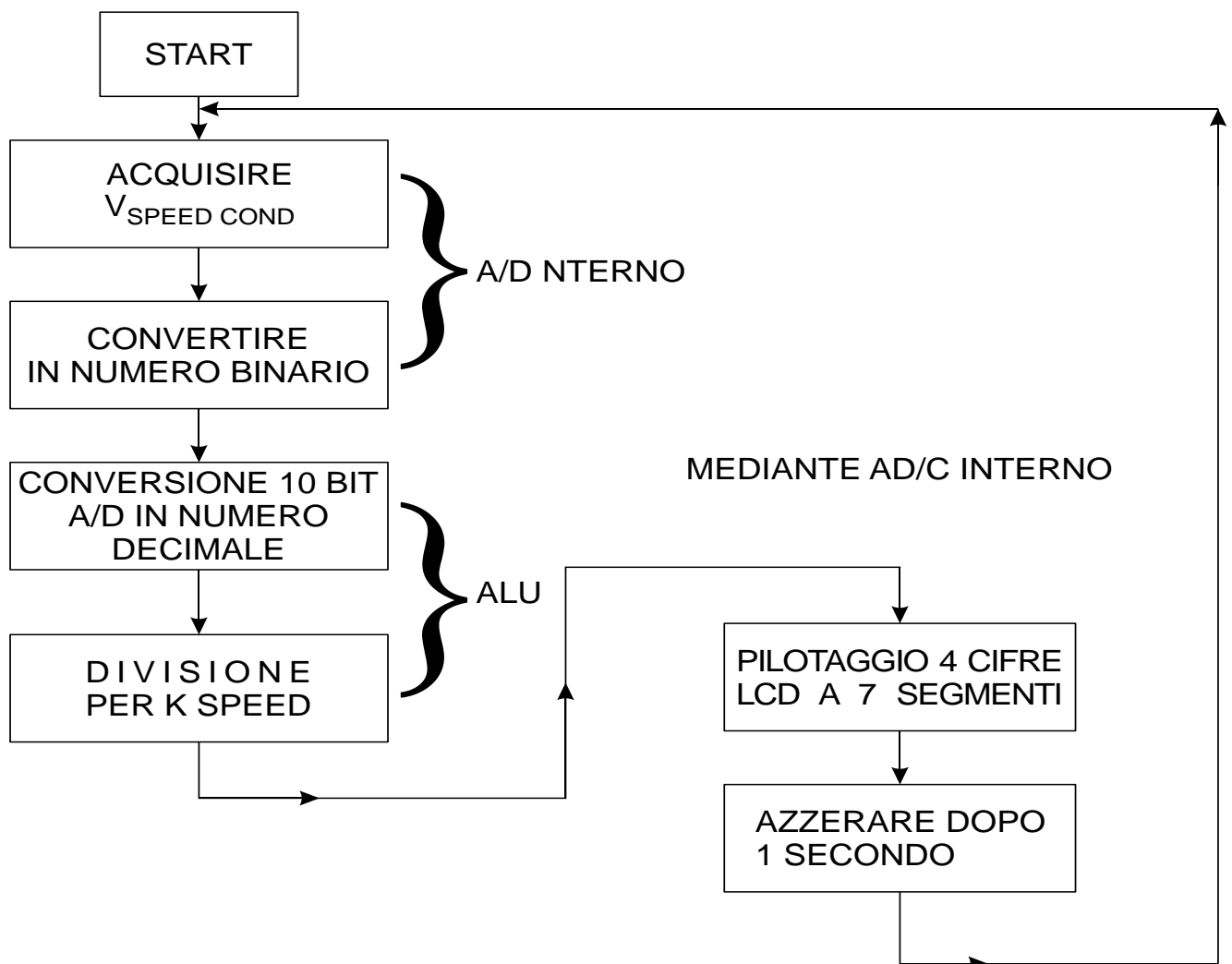
$$= 0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 64 + 1|_{DEC} = 65 \cdot Q = 65 \cdot 4,88 \cdot 10^{-3} = 0,3172[V]$$

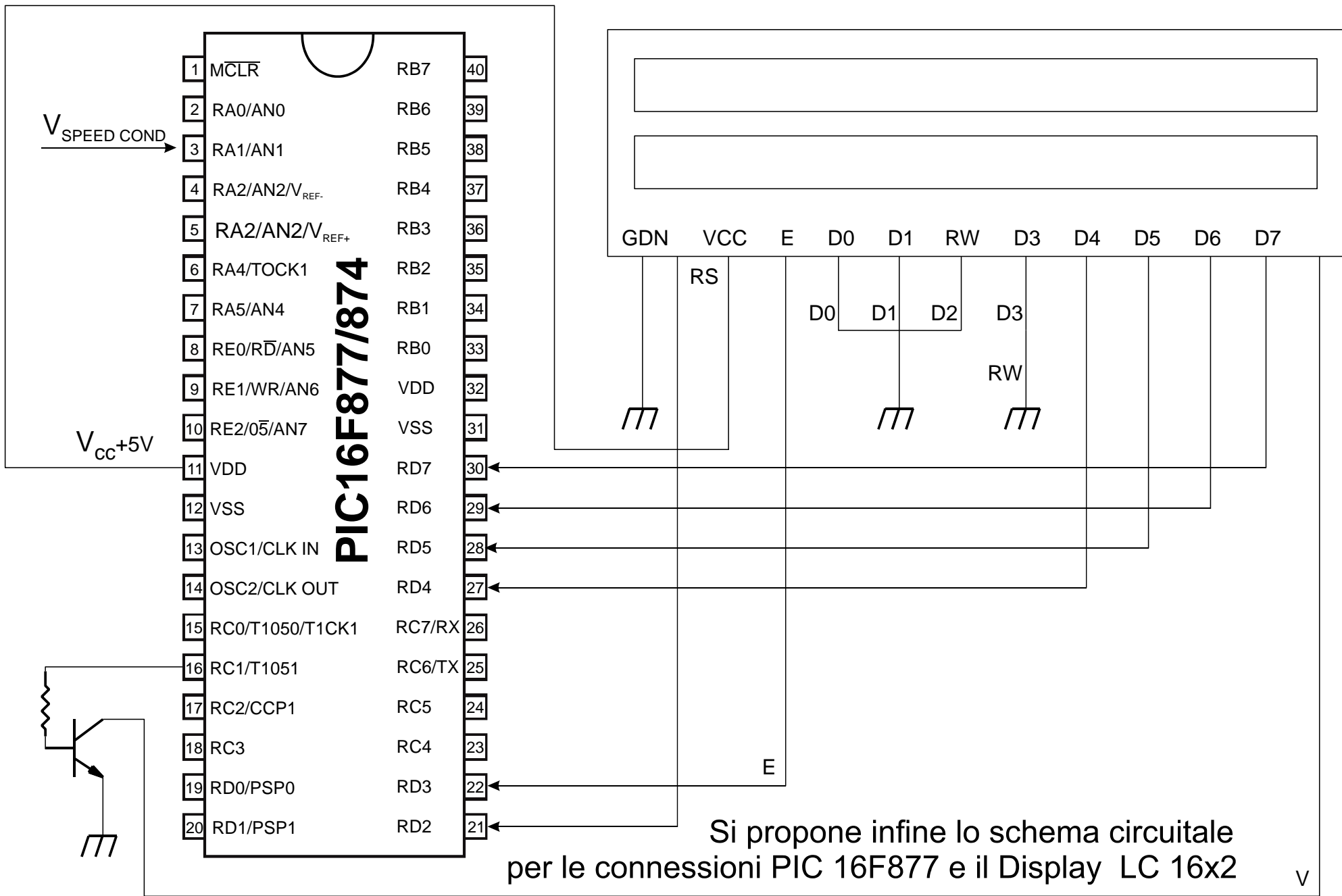
Da cui:

$V_{SPEEDC} = 65 \cdot Q = 65 \cdot 4,88 \cdot 10^{-3} = 0,3172[V]$ e con l'opportuna divisione per K_{SPEED} si ottiene:

$$v = \frac{V_{SPEEDC}}{K_{SPEED}} = \frac{0,3172}{0,3147 \cdot 10^{-2}} = 100,79[mm/min]$$

Pertanto il flowchart da tradurre nel linguaggio idoneo al PIC può essere di seguito brevemente rappresentato:





Si propone infine lo schema circuitale per le connessioni PIC 16F877 e il Display LC 16x2

