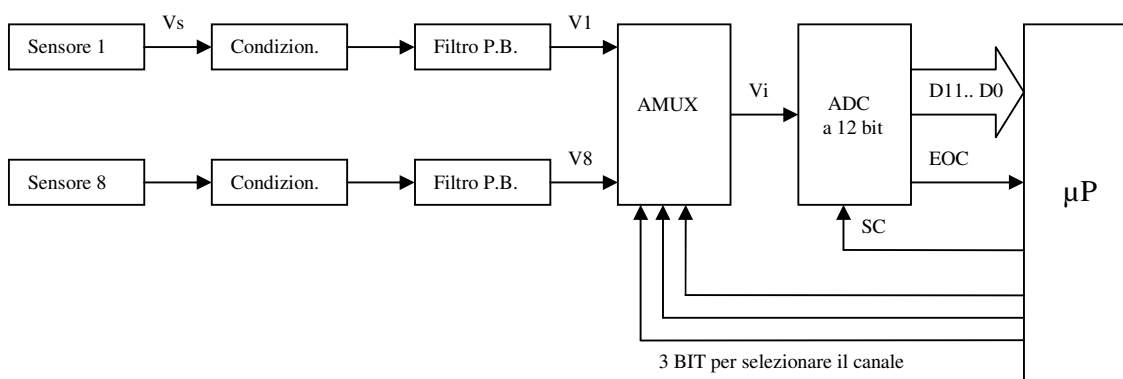


**M272 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE**  
**CORSO DI ORDINAMENTO**  
**Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI**  
**Tema di: SISTEMI ELETTRONICI AUTOMATICI**  
**(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i corsi del progetto sperimentale “Sirio”)**

**SOLUZIONE**

*(a cura del prof. Giuseppe SPALIERNO docente di Sistemi presso ITI Panetti Bari - 26 giugno 2009)*



**Soluzione quesito 1 e considerazioni generali.**

In figura si mostra lo schema a blocchi di acquisizione multicanale.

Ciascun canale è costituito dal sensore di temperatura, dal circuito di condizionamento e dal filtro passa basso.

Un multiplexer analogico ad 8 canali, ad esempio l'AD7501 della Analog Device, seleziona, ciclicamente ed in sequenza, la tensione  $V_i$  proveniente dal canale  $i$ -esimo e lo applica all'ingresso di un convertitore analogico – digitale avente parola di uscita a 12 bit da inviare, attraverso opportuna interfaccia, al microprocessore (o al microcontrollore).

Dai dati forniti dalla traccia si evince che il ciclo delle otto acquisizioni deve avvenire in  $T=10s$  per cui ogni  $T_c=10/8=1,25s$  il microprocessore deve inviare al multiplexer analogico un numero progressivo compreso tra 0 e 7 per la selezione del canale da acquisire e contemporaneamente deve emettere un impulso SC (Start Conversion) per l'avvio della conversione. Al termine della conversione l'ADC emette un segnale di EOC (End Of Conversion) che permette al microprocessore di avviare una acquisizione numerica della parola a dodici bit D11.. D0.

Poiché il periodo di campionamento di 1,25 s è sufficientemente elevato non è necessario l'impiego di ADC particolarmente veloce né di modulo sample-hold.

Si può utilizzare l'AD1674 dell'Analog Device che contiene un ADC a 12 bit ad approssimazioni successive con tempo di conversione pari a  $10\mu s$  ed un S-H integrato.

Essendo, inoltre, la temperatura un processo lentamente variabile nel tempo si può tranquillamente dimensionare il filtro passa basso con una rete passiva RC con frequenza di taglio intorno a 10Hz  $f_t=1/(2\pi RC)$ . Fissata la resistenza ad un valore intorno a  $10K\Omega$  si può ricavare il valore del condensatore.

La traccia fornisce il rapporto segnale – rumore che deve essere non inferiore a 72dB. Si deve, quindi, individuare un ADC in grado di fornire in uscita un codice binario costituito da un numero  $n$  adeguato di bit.

$$20 \cdot \text{Log} 2^n = 72;$$

$$20 \cdot n \cdot \text{Log} 2 = 72;$$

$$n = \frac{72}{20 \cdot 0.3} = 12$$

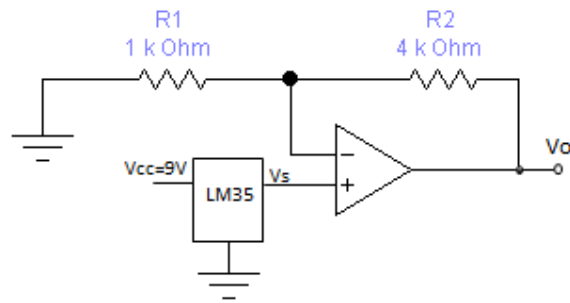
**Soluzione quesito 2.**

Si sceglie il trasduttore di temperatura LM35 della National Semiconductor, dispositivo a semiconduttori a tre terminali, che può lavorare nel range da -55°C a +150°C, può essere alimentato tra 4V e 30V e rispetta la legge:

$$V_s = K \cdot T \text{ con } K=10\text{mV}/^\circ\text{C} \text{ e } T \text{ è la temperatura in } ^\circ\text{C}.$$

Dalla formula si deduce che  $V_s=0$  a  $0^\circ\text{C}$  e  $V_s=1\text{V}$  a  $100^\circ\text{C}$ .

Poiché  $V_{ref}$  dell'ADC vale 5V, il range di ingresso va da 0 a 5V per cui il segnale  $V_s$  deve essere amplificato di un fattore 5; infatti a  $100^\circ\text{C}$   $V_s=1\text{V}$  e  $V_{max}$  all'ingresso dell'ADC deve valere +5V. Il circuito di condizionamento è allora un amplificatore non invertente con guadagno 5. Si sceglie la soluzione con amplificatore operazionale come in figura.



$$A_v = 1 + R_2/R_1 = 5$$

Fissando  $R_1=1\text{K}\Omega$  si ricava:  $R_2=4\text{K}\Omega$ .

Si può scegliere un operazionale a singola alimentazione con  $V_{cc} = +9\text{V}$ .

**Soluzione quesito 3.**

La traccia nulla dice circa la necessità di memorizzare i dati acquisiti per la conservazione permanente di essi; si suppone che lo si voglia fare.

Nulla dice, inoltre, su cosa intenda per temperatura media: quella degli otto sensori ad ogni acquisizione oppure quella dell'intero ciclo di produzione che può durare alcune ore o alcuni giorni.

Si suppone che si voglia la temperatura media rilevata dagli otto sensori.

Per l'algoritmo di acquisizione si deve definire una matrice A di 8 colonne e n righe tanti quanti sono i cicli di acquisizione.

Durante la prima acquisizione il dato acquisito dal primo sensore sarà memorizzato nella locazione  $M(1,1)$ , prima riga e prima colonna.

La prima acquisizione del secondo sensore andrà in  $M(1,2)$  e la prima acquisizione dell'ultimo sensore andrà in  $M(1,8)$ .

L'intervallo di tempo tra due acquisizioni è di 1,25s.

Dopo l'ottava acquisizione, cioè dopo un tempo pari a  $1,25 \cdot 8=10\text{s}$ , si darà avvio al secondo ciclo di acquisizione.

I dati acquisiti saranno:

$M(1,1)$	$M(1,2)$	$M(1,3)$	$M(1,4)$	$M(1,5)$	$M(1,6)$	$M(1,7)$	$M(1,8)$
$M(2,1)$	$M(2,2)$	$M(2,3)$	$M(2,4)$	$M(2,5)$	$M(2,6)$	$M(2,7)$	$M(2,8)$
.....							
$M(n,1)$	$M(n,2)$	$M(n,3)$	$M(n,4)$	$M(n,5)$	$M(n,6)$	$M(n,7)$	$M(n,8)$

Il dato  $M(n,8)$  è l'ennesima acquisizione dell'ottavo sensore.

Per determinare la temperatura media è sufficiente aggiungere ad una variabile SOMMA, inizializzata a 0, i valori acquisiti nel generico i-esimo ciclo degli 8 sensori:

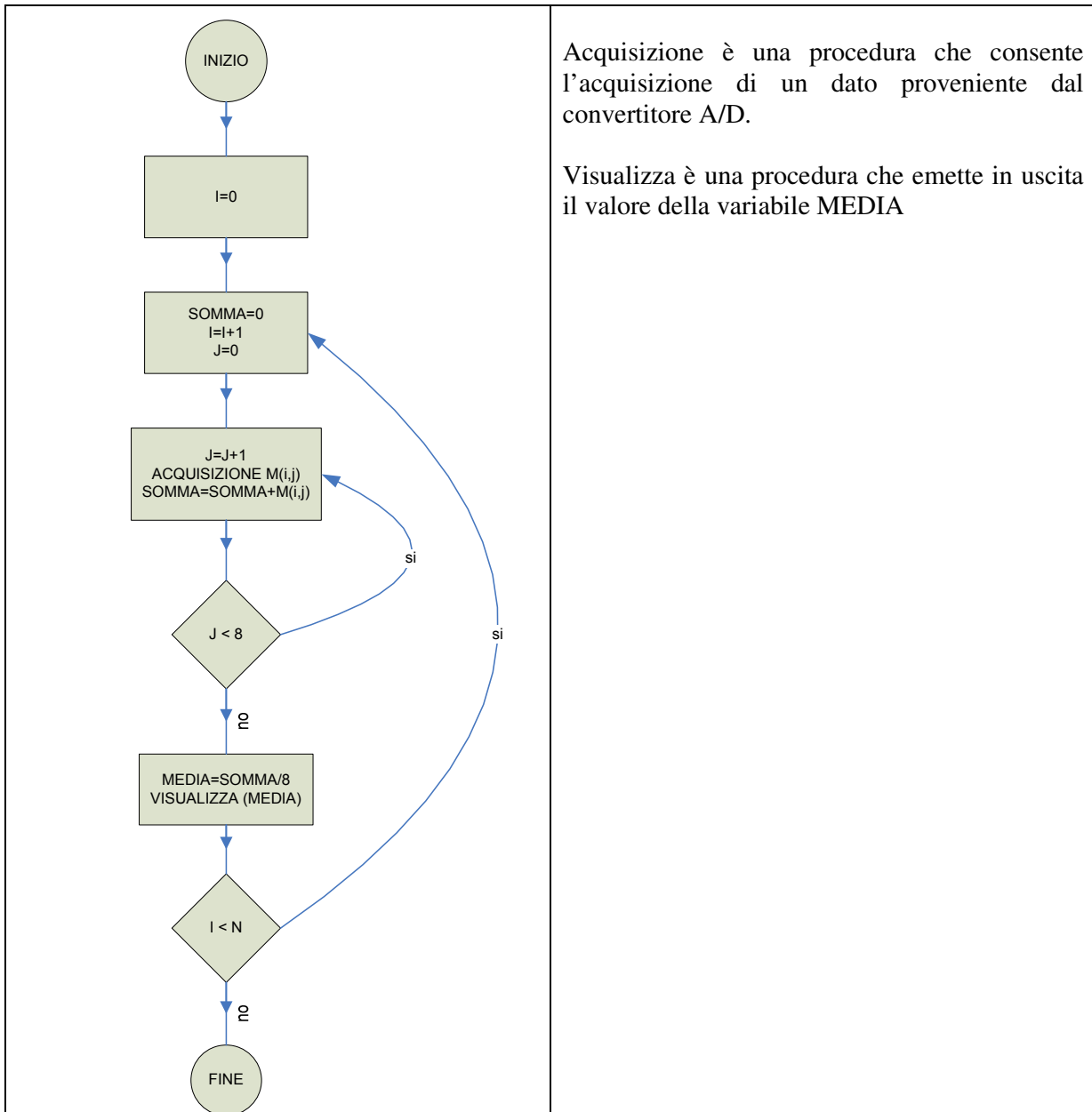
$$\text{SOMMA} = \text{SOMMA} + M(i, j)$$

Ove  $i$  è l' $i$ -esima acquisizione e  $j$  è il  $j$ -esimo sensore;  $i$  è fisso e  $j$  varia da 1 a 8. Al termine del ciclo, cioè dopo 8 acquisizioni, si definisce la variabile MEDIA:

$$\text{MEDIA} = \text{SOMMA}/8$$

All'inizio del ciclo successivo si riporta nuovamente SOMMA=0 e si ripete la procedura.

#### Soluzione quesito 4.



### Soluzione quesito 5.

Si riporta la codifica in Visual Basic del programma che definisce la temperatura media.

Il ciclo di acquisizione ed emissione della media avviene alla pressione del pulsante di nome Command1 dell'interfaccia grafica predisposta.

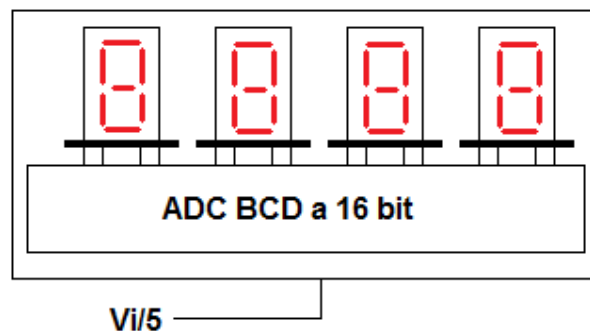
N è una variabile globale nota a priori.

“Acquisizione” e “Visualizza” sono due procedure che vanno messe a punto in funzione del circuito di interfaccia scelto tra l'ADC ed il microprocessore.

```
PRIVATE SUB COMMAND1_CLICK()  
FOR I = 1 TO N  
    SOMMA=0  
    FOR J = 1 TO 8  
        ACQUISIZIONE (M(I,J))  
        SOMMA=SOMMA+M(I,J)  
    NEXT J  
    MEDIA = SOMMA/8  
    VISUALIZZA(MEDIA)  
NEXT I
```

### Soluzione quesito 6.

Una prima soluzione potrebbe essere quella di applicare  $V_i/5$  ad un modulo commerciale costituito da un ADC di tipo BCD (Binary Coded Decimal) a 16 bit (4 cifre decimali) con acquisizione continua e sistema di visualizzazione a 4 cifre, decoder e display LCD (Display a Cristalli Liquidi) a 7 segmenti in modo da poter apprezzare la temperatura di  $99,99^\circ\text{C}$  con precisione di  $0,1^\circ\text{C}$ .



Una seconda soluzione, equivalente alla prima, consiste nell'applicare  $V_i/5$  direttamente ad un multimetro digitale a 4 digit usato come voltmetro purché si moltiplichi la lettura per 100 (infatti la tensione massima  $V_{\text{max}}/5 = 5/5 = 1\text{V}$  alla temperatura di  $100^\circ\text{C}$ ).