



ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Napoli

INFN/TC-06/10
23 Maggio 2006

**IL SISTEMA DI CONTROLLO DI UN BRUCIATORE PER L'ANALISI ED IL
MONITORAGGIO DEL RISCHIO AMBIENTALE**

A. Anastasio

INFN-Sezione di Napoli, I-80126 Napoli, Italy

Abstract

Questa nota descrive il sistema di controllo della temperatura di un bruciatore sviluppato all'interno di un apparato basato su uno spettrometro a tempo di volo adoperato per effettuare l'analisi del rischio ambientale.

Il modulo è basato su un microcontrollore PIC16F877 che ha 5 canali analogici d'ingresso ed un convertitore analogico digitale a 10 bit.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito di una collaborazione tra l'Istituto ricerche sulla Combustione del CNR, l'INFM-CNR ed i dipartimenti di Fisica ed Ingegneria Chimica dell'Università di Napoli, è stato finanziato dal Centro di Competenza Regionale per l'analisi ed il monitoraggio del rischio ambientale (AMRA) un apparato per la misura dei prodotti di combustione basato sulla tecnica della spettrometria di massa.

Un elemento importante dell'apparato è il bruciatore su cui viene stabilizzata una fiamma laminare pre-miscelata di idrocarburi. Per il buon funzionamento dell'apparato è necessario che la temperatura del bruciatore sia mantenuta stabile. All'interno del bruciatore è inserita una sonda di campionamento che preleva i prodotti di combustione e li trasporta, in condizioni di minima perturbazione, fino ad uno spettrometro di massa a tempo di volo per l'analisi dei pesi molecolari.

Per il buon funzionamento dell'apparato è richiesto di controllare sia la temperatura del bruciatore, sia la portata dell'acqua necessaria per raffreddamento. Il controllo è necessario perché il bruciatore per funzionare in maniera ottimale deve operare all'interno di uno specifico campo di temperature.

Nell'ambito della collaborazione fra Dipartimento di Scienze Fisiche e Sezione INFN, il SER (Servizio Elettronico e Rivelatori) ha sviluppato un modulo asservito al computer per poter controllare sia il sensore di temperatura del bruciatore, sia la portata del flusso d'acqua di raffreddamento.

Il controllo è anche indispensabile perché l'accensione della fiamma in assenza di raffreddamento provoca addirittura l'alterazione del materiale sinterizzato rame-bronzo di cui è fatto il bruciatore ed in mancanza di flusso d'acqua il bruciatore deve essere immediatamente spento.

2. IL SENSORE DI TEMPERATURA ED IL CONDIZIONAMENTO DEL SEGNALE

Il parametro più largamente controllato in un processo è certamente la temperatura. Termocoppie, termistori e diodi sono largamente usati sia per misurare temperature assolute, sia per misurare variazioni di temperatura. Le termocoppie si basano tutte sull'effetto Seebeck il quale scoprì che c'è un flusso di corrente in un circuito chiuso realizzato con due diversi metalli nel caso che le due giunzioni siano a temperature diverse. La tensione prodotta dipende dai metalli utilizzati e dalla differente temperatura tra le due giunzioni. Se le due giunzioni sono alla stessa temperatura, le tensioni prodotte si cancellano vicendevolmente e non circola nessuna corrente.

Una termocoppia può quindi solo misurare le differenze in temperatura tra le due giunzioni, un fatto questo che già indica il modo in cui esse debbono venire utilizzate. La giunzione di misura "hot junction" è quella che viene posta nel punto in cui si vuole misurare la temperatura, mentre l'altra giunzione "reference junction" o "cold junction" viene tenuta a

temperatura nota. Per effettuare la misura di temperatura, la “cold junction” andrebbe tenuta ad una tensione di riferimento precisa come ad esempio quella del ghiaccio fondente.

Un metodo più comodo sperimentalmente è quello noto come “cold junction compensation” in cui alla tensione di uscita della termocoppia si aggiunge una tensione di compensazione così che la giunzione di riferimento appaia essere sempre a 0°C indipendentemente dalla temperatura ambiente. Se la tensione di compensazione è resa proporzionale alla temperatura con la stessa costante di proporzionalità della termocoppia i cambiamenti nella temperatura ambiente non avranno effetto sulla tensione di uscita. Noi abbiamo usato un LM135 della National Semiconductors che presenta una ottima linearità nella funzione di trasferimento tra la temperatura e la tensione di uscita. Inoltre poiché la tensione di uscita dell’LM135 è di zero Volt a 0 K il circuito di compensazione può essere tarato in modo semplice.

Le termocoppie di tipo K [1] sono utilizzabili in un intervallo di temperature tra -200°C e 1100°C ed hanno una sensibilità di 41 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Il circuito di condizionamento utilizzato è riportato in figura 1.

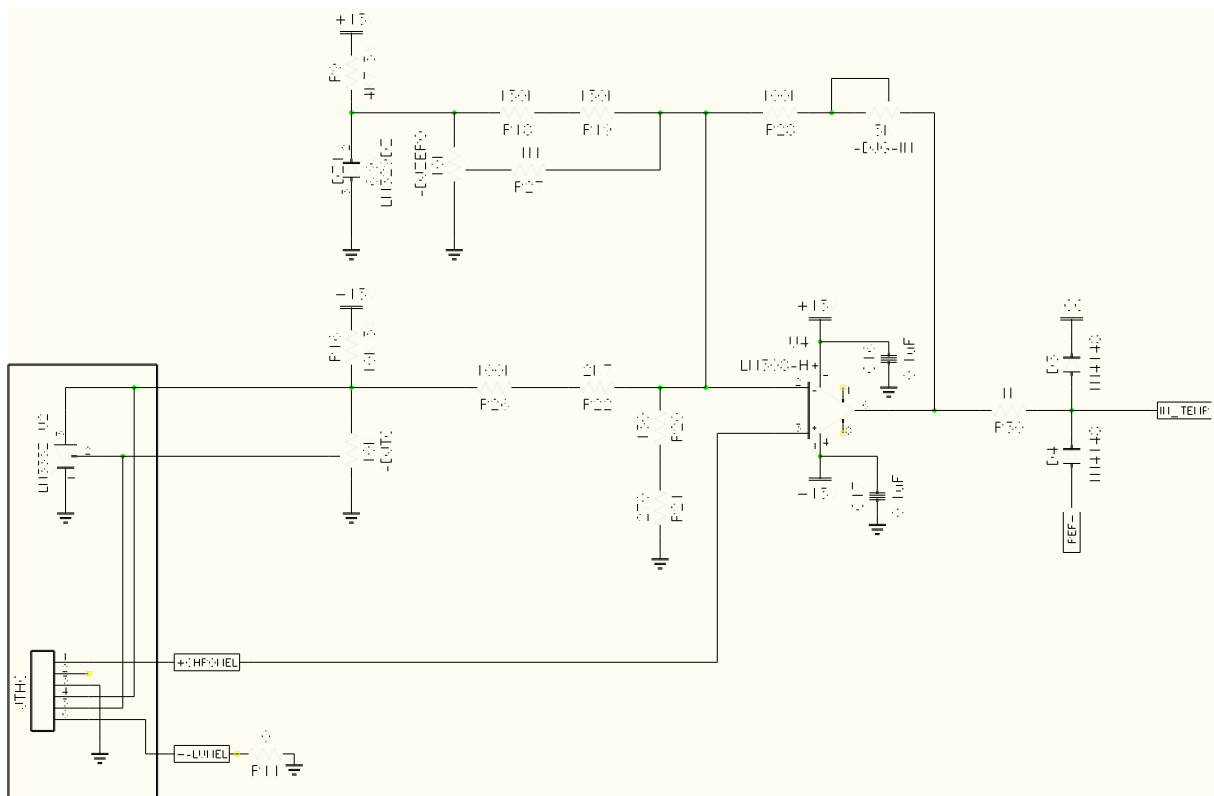


Fig. 1 Il circuito di condizionamento per il sensore di temperatura

I resistori fissi sono stati tutti scelti con coefficiente di temperatura di 25 ppm/°C ed i due potenziometri sono di tipo CERMET. La causa più importante di drift in temperatura è l’offset dell’operazionale. Quello da noi utilizzato (LM308A) ha un offset voltage drift di 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

3. IL SENSORE DI PORTATA

Per la misura della portata è stato usato un sensore della GEMS [2] (Fig. 2) tipo RFO che incorpora un rotore attraverso cui viene fatto passare il liquido di cui si vuole misurare la portata. Il passaggio del liquido, che nella nostra applicazione è acqua, fa ruotare le pale del rotore ad una velocità proporzionale al flusso d'acqua.

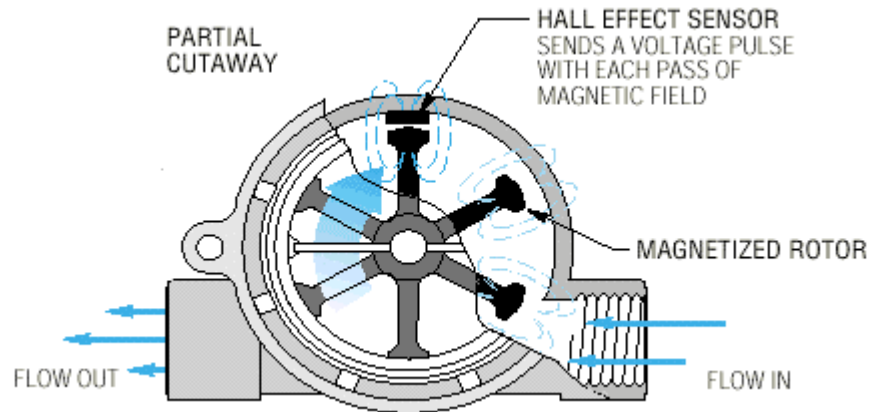


Fig. 2 Il sensore di portata della GEMS

Il rotore ha 6 pale le cui estremità sono magnetizzate. Sullo statore è incorporata una sonda di Hall che produce una serie di impulsi elettrici che sono in relazione diretta con la velocità angolare del rotore e quindi della portata.

L'ampiezza degli impulsi che si hanno in uscita dipendono dalla tensione di alimentazione e sono compatibili con le famiglie logiche più comuni. La frequenza degli impulsi di uscita va da 25 Hz fino a 225 Hz.

Per il trasduttore di portata il condizionamento del segnale è particolarmente semplice: alimentando la sonda di Hall a 5 Volt il segnale di uscita è direttamente collegabile al microcontrollore.

4. IL PIC 16F877

Questo dispositivo [3] è in tecnologia CMOS, ha un'architettura RISC con solo 35 istruzioni (single word), una memoria FLASH da 8K, una RAM da 368 Byte, una EEPROM da 256 Byte, ed è garantito essere programmabile in-circuit per oltre un milione di cicli. Per quanto attiene alle periferiche, esso ha tre timer al suo interno, 8 canali analogici d'ingresso, un convertitore analogico digitale a 10 Bit, l'interfaccia per la porta seriale e la capacità di gestione del protocollo I2C.

Il 16F877 ha una sezione per la gestione degli interrupt (generati sia internamente che esternamente) molto potente e difatti accetta fino a 14 diversi segnali di interrupt. E' molto utile sia la capacità di interruzione che hanno i timer interni per la produzione di precise finestre temporali, sia anche la capacità di interruzione che si ha quando lo stato di un segnale

applicato in ingresso cambia. In questo modo la CPU del controllore esegue un job in background e solo quando si verifica un evento specifico salta alla routine di esecuzione dell'interrupt.

L'architettura del PIC 16F877 è la seguente:

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes

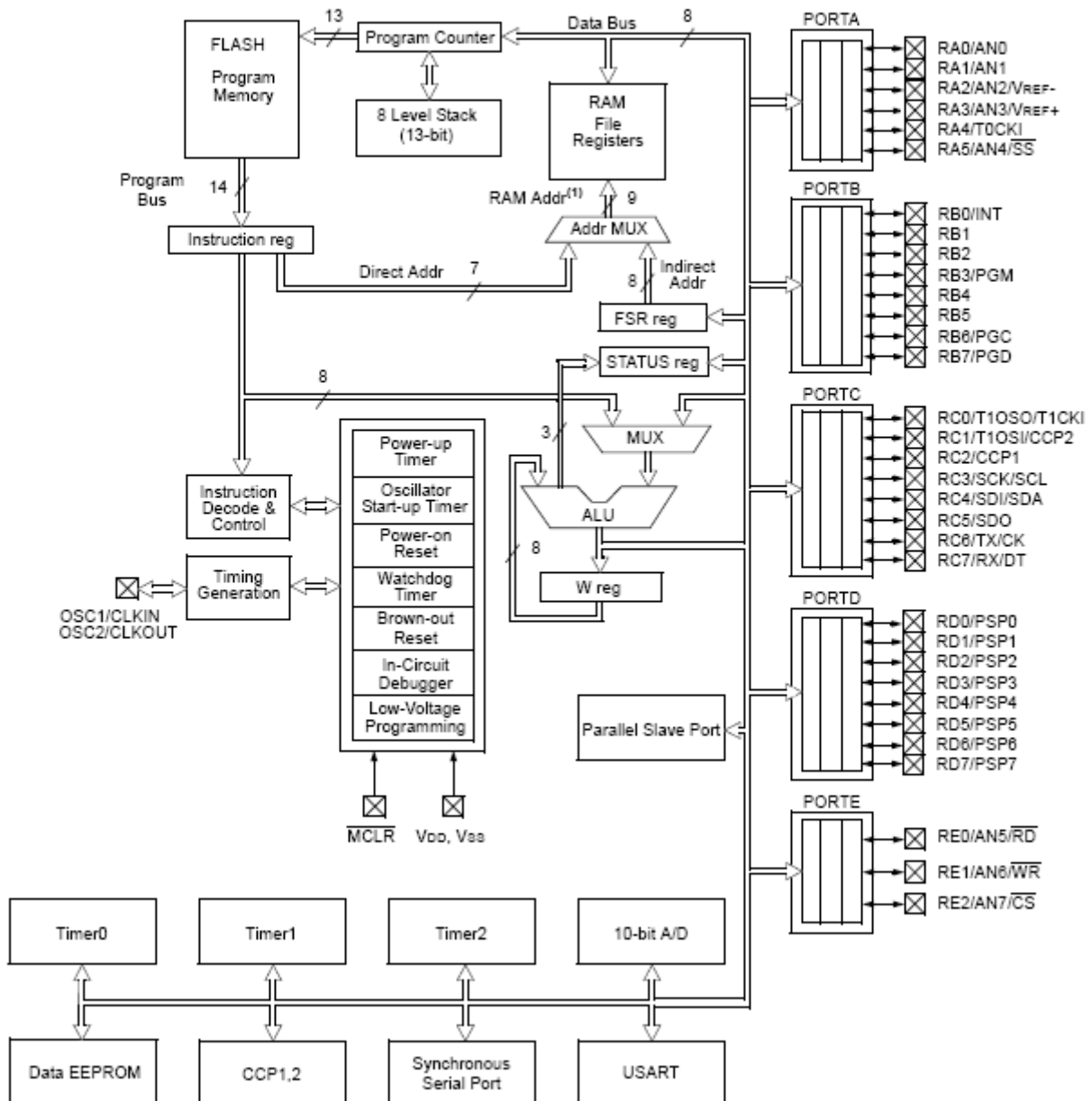


Fig. 3II PIC 16F877. Architettura interna.

Il controllore può operare con una tensione di alimentazione che va da 2 a 5.5 Volt. Con un quarzo esterno da 20 MHz il ciclo tipico della istruzione è di 200 ns.

5. IL SOFTWARE

Il software sviluppato (Fig. 4) con un programma in linguaggio C effettua il controllo del flusso d'acqua, della temperatura del bruciatore misurata con la sonda, del pannello frontale e degli attuatori che servono a togliere potenza al sistema.

All'accensione la routine di inizializzazione controlla lo stato del pannello frontale ed imposta i parametri e setta corrispondentemente gli attuatori.

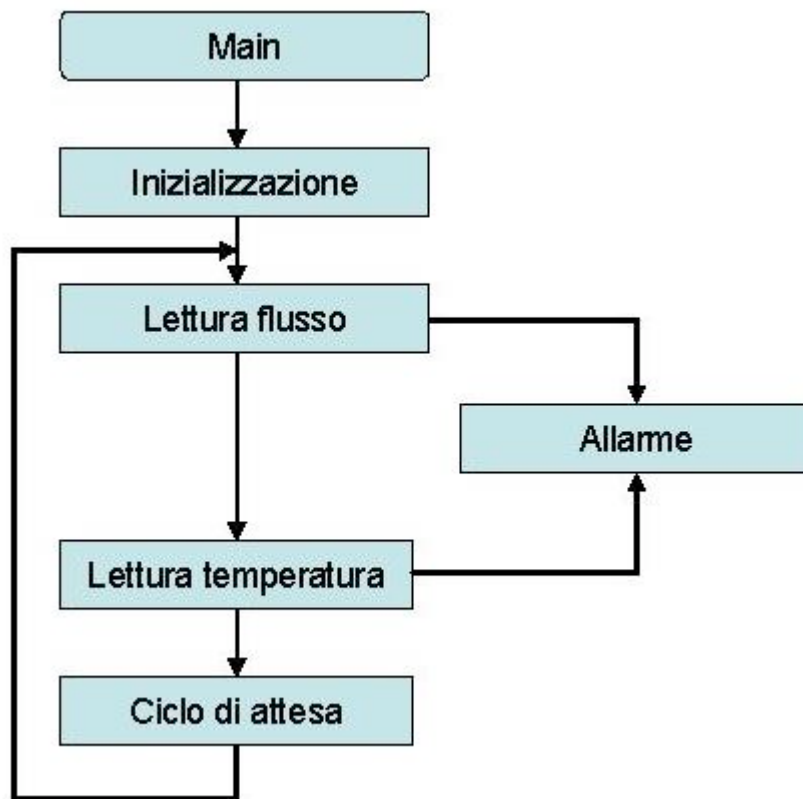


Fig. 4 La flow chart del main.

Diverse misure sperimentali sono state effettuate per stabilire dei valori di soglia della portata e di temperature da mettere come costanti nel programma. Si è visto che una portata d'acqua di un litro al minuto è una soglia al di sotto della quale non bisogna scendere. Il programma controlla dapprima che ci sia circolazione d'acqua ed in caso contrario viene dato l'allarme. Se l'acqua circola, allora il programma acquisisce per 10 secondi i dati dal trasduttore di flusso. Se la portata è di poco inferiore alla soglia prestabilita, il flusso d'acqua viene controllato per 5 volte prima di dare l'allarme (Fig.5).

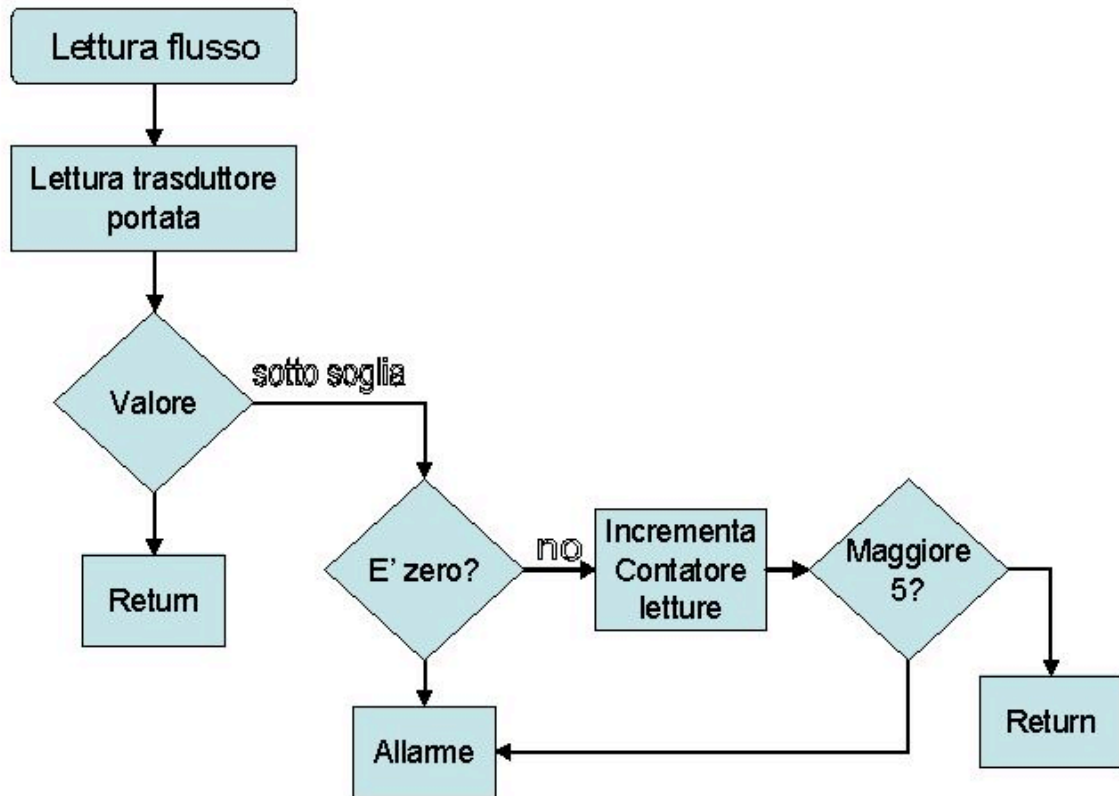


Fig. 5 Flow chart della lettura del flusso d'acqua.

Il segnale d'ingresso al PIC nel caso della lettura della portata è già un segnale digitale. Il controllore ha la possibilità di chiamare una routine di interruzione allorquando si verifica una transizione su uno degli ingressi della porta B (pin RB0). In questo modo vengono contate le transizioni in uscita del trasduttore e perciò si risale alla frequenza del segnale e quindi alla portata del flusso d'acqua.

Nel caso della lettura della temperatura il segnale d'ingresso al PIC è un segnale analogico. Va prima indicato il canale su cui viene applicato l'ingresso analogico e successivamente va segnalato al PIC di effettuare la conversione. Il PIC internamente ha un sample and hold con una capacità di hold di 120 pF ed una resistenza serie di 1 K Ω (worst case). Il tempo di acquisizione pertanto dipende dalla resistenza di uscita del circuito di accoppiamento. Nella nostra applicazione la resistenza di uscita dell'operazionale è di fatto trascurabile rispetto alla resistenza serie di 1 K Ω e possiamo perciò assumere che il valore della temperatura venga acquisito con precisione (98%) entro 5 costanti di tempo ossia entro 600 ns.

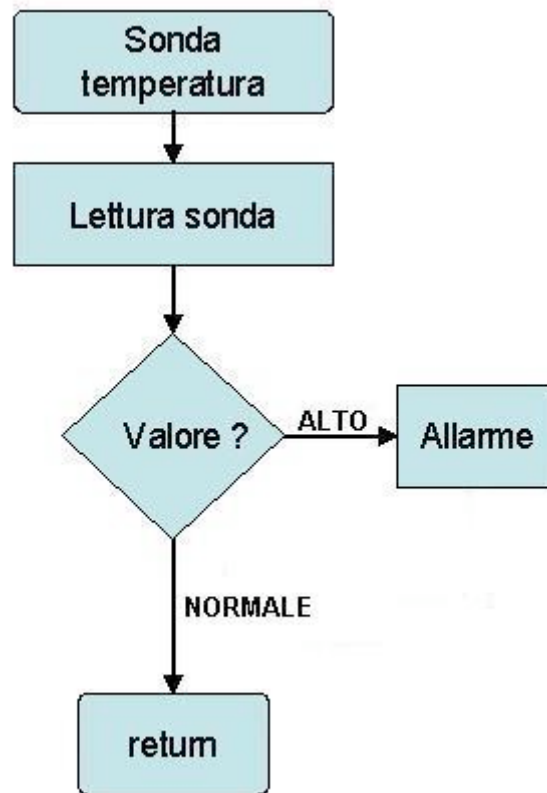


Fig. 6 Flow chart Lettura della Temperatura.

6. CONCLUSIONI

Il sistema descritto è operativo con le prestazioni attese nei Laboratori per l'analisi del rischio ambientale presso il Dipartimento di Scienze Fisiche.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] TM Electronics Product catalog
- [2] GEMS Product Catalog
- [3] Microchip Data Catalog