

PRIMA PARTE

Il problema proposto riguarda un sistema di acquisizione dati e controllo. I dati acquisiti sono in parte di natura digitale (misura del grado di acidità, segnale di temporizzazione, pulsante di start) e in parte di natura analogica (misura di concentrazione).

Uno stesso dispositivo programmabile svolge la funzione di acquisizione dati e di comando dei due erogatori; questi sono assimilabili a dispositivi ON/OFF, perciò si suppone che, attraverso opportuni attuatori, ad esempio relè, il segnale di comando possa essere di tipo digitale (un bit per ciascun attuatore).

Un possibile schema a blocchi del sistema complessivo è quello di seguito proposto nella Figura 1. Lo schema è puramente logico e ha lo scopo di evidenziare quali siano i segnali d'ingresso e quali i segnali d'uscita che il dispositivo programmabile deve elaborare.

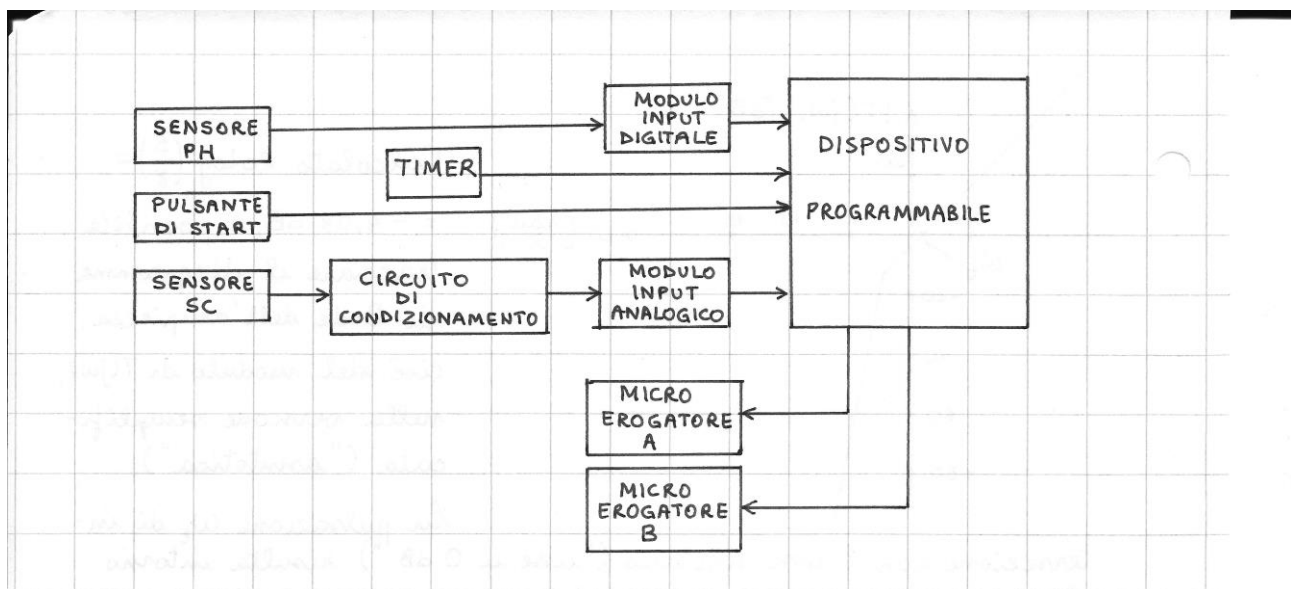


Figura 1 – Schema a blocchi

La scelta del tipo del dispositivo programmabile dipende da vari fattori: costi, prestazioni, semplicità d'impiego sono i principali. Nell'applicazione proposta non sono richieste elevate velocità di acquisizione ed elaborazione né capacità di calcolo rilevanti. La soluzione più semplice sembra rappresentata da un PLC (Programmable Logic Controller). Le funzioni di base dei PLC comprendono l'elaborazione di ingressi e uscite di natura digitale ma esistono moduli aggiuntivi, almeno per i PLC più evoluti, per l'acquisizione di segnali analogici. Ad esempio, di produzione Schneider troviamo, citato da testi scolastici, un PLC con moduli d'espansione per ingressi analogici in forma di segnali di tensione, variabili tra -10 e $+10$ V, oppure di segnali di corrente, nello standard $4 - 20$ mA; il modulo d'espansione contiene un convertitore analogico/digitale (ADC) a 12 bit (11 bit + 1 bit del segno).

I PLC, sebbene le istruzioni siano unificate dalla norma CEI – EN 61131, hanno linguaggi di programmazione differenti secondo le case costruttrici. Ci si limita quindi a fornire un

possibile diagramma di flusso per il programma di gestione del sistema, nella seguente Figura 2.

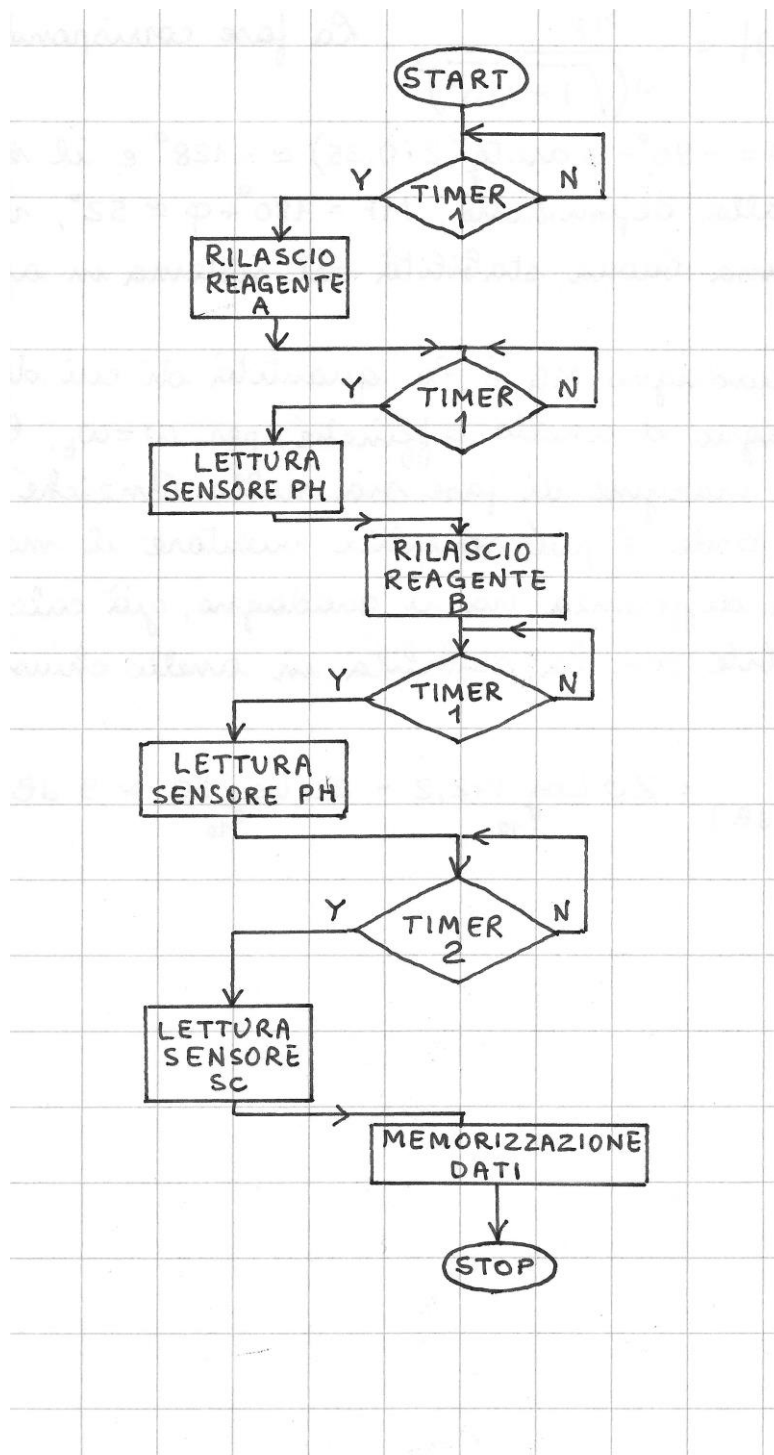


Figura 2: Diagramma di flusso del software di gestione.

Va aggiunto che tutti i PLC possiedono al proprio interno meccanismi di temporizzazione (“blocchi TIMER”) perciò, con questa soluzione, il segnale di temporizzazione descritto dal testo risulterebbe superfluo, ancorché utilizzabile come ulteriore ingresso qualora si rinunciaste a realizzare gli elementi di ritardo tramite programma software.

In alternativa alla soluzione con PLC, ci si può orientare su una scheda Arduino, anch’essa comprendente la conversione analogica/digitale e programmabile in un’apposita

versione del linguaggio C. Il punto di forza della scheda Arduino è appunto rappresentato dalla semplicità della programmazione. Più complessità di progetto sembra portare la scelta di un microcontrollore.

SECONDA PARTE

1. La traccia ministeriale, nel fornire la relazione ingresso/uscita del sensore di concentrazione, non chiarisce quali unità di misura delle grandezze fisiche in gioco debbano essere inserite nella formula. Conseguentemente, non è chiaro quali siano i valori minimo e massimo della corrente d'uscita dal sensore. In questa incertezza, non è possibile dare ragguagli sul dimensionamento di un circuito di condizionamento, certamente necessario, da inserire fra l'uscita del sensore e il convertitore analogico/digitale.

Se si sceglie un dispositivo programmabile che, come il PLC, accetta in ingresso un segnale analogico di corrente, non è necessaria la conversione del segnale di corrente in segnale di tensione; altrimenti occorre introdurre un convertitore corrente/tensione, ad esempio realizzato con un amplificatore operazionale secondo il semplice circuito riportato dai manuali. Uno stadio di amplificazione potrà essere necessario per convertire la dinamica del segnale d'uscita dal sensore nell'intervallo accettato in ingresso dal convertitore analogico/digitale. Il convertitore a 12 bit prima citato è in grado di garantire un errore non superiore a quello richiesto (in termini relativi, 1/2000 rispetto al fondo scala).

Anche le elaborazioni numeriche richieste (calcolo della media e confronto con una soglia) possono essere svolte con le funzioni logico-aritmetiche comunemente disponibili nei linguaggi di programmazione dei PLC di produzione attuale.

2. Il malfunzionamento del sensore S_{PH} può essere rilevato da programma, con un'istruzione di confronto inserita nel ciclo di acquisizione. L'accensione del LED può essere ottenuta con un circuito collegato a un'uscita digitale del dispositivo programmabile e, sempre a livello software, si può inserire un'istruzione di salto alla fine del programma comandata dalla medesima condizione che produce l'accensione del LED.

Seconda parte

3. La funzione di trasferimento del sistema complessivo è

$$T(s) = \frac{5}{s+a} + \frac{1}{s+1} = \frac{6s+5+a}{(s+a)(s+1)}.$$

Per ricavare l'uscita nel dominio di Laplace, $Y(s) = X(s) \cdot T(s)$ essendo $X(s)$ la trasformata del gradino unitario, $X(s) = \frac{1}{s}$ da cui $Y(s) = \frac{6s+5+a}{s(s+a)(s+1)}$. La risposta a regime $y(\infty)$ si trova col teorema del valor finale, da cui $y(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot Y(s) = \frac{5+a}{a}$.

Affinché l'uscita a regime abbia il valore 6, imponiamo $\frac{5+a}{a} = 6$, da cui $a = 1$.

Infatti, per $a = 1$, $Y(s) = \frac{6s+6}{s(s+1)^2}$, che, antitrasformato, fornisce l'espressione $y(t) = 6 \cdot (1 - e^{-t})$, il cui valore per $t \rightarrow \infty$ è appunto 6. Il modello proposto potrebbe riferirsi a circuiti con amplificatori operazionali e semplici circuiti R-C.

4. Per l'analisi di stabilità del sistema in anello chiuso, al variare del parametro K , la via più semplice è costituita dall'applicazione del criterio di Routh-Hurwitz all'equazione caratteristica, $1 + A(s) \cdot B(s) \cdot C(s) = 0$:

$$1 + \frac{K}{s} \cdot \frac{1}{(s+2)^3} \cdot \frac{1}{10} = 0 \Rightarrow (10s^3 + 60s^2 + 120s + 80) \cdot s + K = 0.$$

Costruita la tabella di Routh, essendo K positivo per ipotesi, la condizione di stabilità

10	120	K
60	80	0
$\frac{320}{3}$	K	
$\frac{1280-9K}{16}$	0	
K	0	
0		

in anello chiuso è

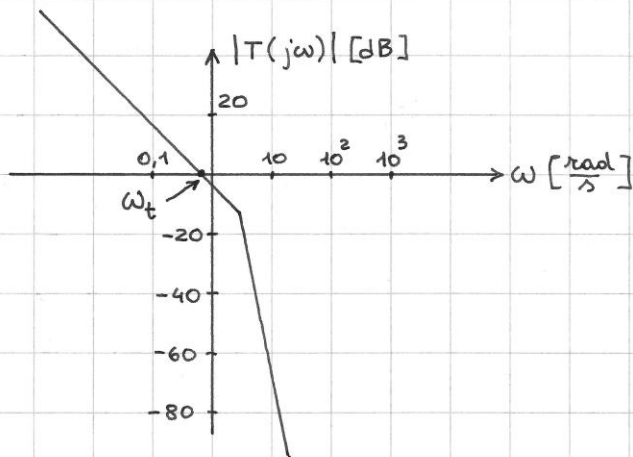
$$\frac{1280-9K}{16} > 0 \Rightarrow K < \frac{1280}{9} \Rightarrow K < 142,2.$$

Con $K = 50$, la funzione di trasferimento in anello aperto, cioè il guadagno d'anello $A(s) \cdot B(s) \cdot C(s)$ risulta $T(s) = \frac{5}{s(s+2)^3}$.

Per il tracciamento dei diagrammi

di Bode è utile riscrivere la funzione nella forma

$$T(s) = \frac{5/8}{s(1+0,5s)^3}.$$



Calcolato $20 \log_{10} \left(\frac{5}{8} \right) = -4,08 \text{ dB}$, è possibile tracciare il diagramma di Bode dell'ampiezza, cioè del modulo di $T(j\omega)$, nella versione semplificata ("asintotica").

La pulsazione ω_t di intersezione con l'asse unitario ("asse a 0 dB") risulta intorno al valore di $0,35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, verificabile per sostituzione diretta nell'espressione $|T(j\omega)| = \frac{5/8}{\omega(\sqrt{1+4\omega^2})^3}$. La fase corrispondente

si calcola come $\varphi = -90^\circ - 3 \arctg(2 \cdot 0,35) \approx -128^\circ$ e il margine di fase risulta, dalla definizione, $MF = 180^\circ + \varphi \approx 52^\circ$, valore corrispondente a una buona stabilità del sistema in anello chiuso.

Il margine di guadagno MG è la quantità di cui deve aumentare il guadagno d'anello affinché, per $\omega = \omega_t$, la fase sia -180° , cioè il margine di fase sia nullo. Anziché basarsi sui diagrammi di Bode, è più semplice valutare il margine di guadagno come differenza tra il guadagno, già calcolato, massimo compatibile con la stabilità in anello chiuso e il valore $K=50$:

$$MG_{\text{[dB]}} = 20 \log_{10} 142,2 - 20 \log_{10} 50 \approx 9 \text{ dB}.$$