

Controllo del liquido in un serbatoio con PLC

1 ● Descrizione del sistema

Servendosi di un PLC si vuole controllare il livello di liquido presente nel serbatoio rappresentato schematicamente nella figura 1.

Due elettrovalvole alimentate a 24 V (V_1 e V_2) controllano l'invio e il prelievo del liquido. Sono presenti all'interno del serbatoio due sensori (S_0 e S_1) che segnalano il livello del liquido ed un terzo trasduttore (S_2) che effettua il monitoraggio della temperatura.

I trasduttori sono costituiti da NTC. Quando la temperatura supera un valore prefissato viene attivato un allarme sonoro B_z (*buzzer*). I trasduttori sono dotati di opportuno circuito di condizionamento per fornire livelli idonei a pilotare gli ingressi del PLC. Si fanno le seguenti ipotesi:

| Temperatura ambiente [°C] | Temperatura liquido [°C] | Condizione allarme |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| $15 \leq T_a \leq 25$ | $T_l \leq 12$ | $T_l > 14$ |

Nella tabella 1 sono indicate le funzioni svolte dai trasduttori e dalle elettrovalvole e i collegamenti con gli ingressi e le uscite del PLC. La tabella della verità che regola l'attività del sistema è rappresentata nella tabella 5.2.

2 ● Circuiti di condizionamento

Gli NTC, che costituiscono i trasduttori, diminuiscono la loro resistenza all'aumentare della temperatura. Per poter rilevare la presenza di liquido debbono essere convertite le variazioni di resistenza in opportune variazioni di tensione ed inoltre, si deve avere un

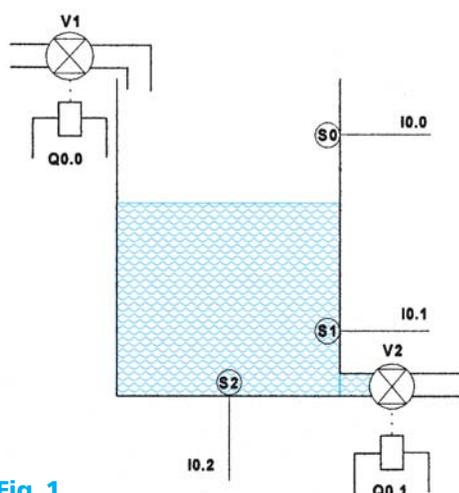


Fig. 1

TAB. 1

| | I/O | Funzione | Livello logico |
|-------|------|-------------------------|----------------|
| S_0 | I0.0 | Bagnato dal liquido | Alto (24 V) |
| S_1 | I0.1 | Bagnato dal liquido | Alto (24 V) |
| S_2 | I0.2 | Temperatura elevata | Alto (24 V) |
| V_1 | Q0.0 | Blocca afflusso liquido | Basso (0 V) |
| V_2 | Q0.1 | Blocca deflusso liquido | Basso (0 V) |
| B_z | Q0.2 | Temperatura elevata | Alto (24 V) |

segnale che passa da livello alto a quello basso in accordo con i dati della tabella 1. Dalle ipotesi fatte si deduce che i trasduttori non bagnati dal liquido si trovano a temperatura ambiente e che, una volta bagnati assumono la temperatura del liquido. Si presuppone di usare un NTC che ha la resistenza $R_0 = 1000 \Omega$ (a 20°C). Nella tabella 3 sono riportate i valori di resistenza che il componente assume alle temperature interessate, calcolate con la formula presente nel → Modulo 8, unità 2, § 2.4.

TAB. 2

| Ingressi | | | Uscite | | | Stato del sistema |
|----------|-------|-------|---------|---------|---------|--|
| S_0 | S_1 | S_2 | V_1 | V_2 | B_Z | |
| 0 | 0 | 0 | ON (1) | OFF (0) | OFF (0) | Serbatoio vuoto – temp. normale (riempimento) |
| 0 | 0 | 1 | OFF (0) | OFF (0) | ON (1) | Serbatoio vuoto – temp. alta |
| 0 | 1 | 0 | OFF (0) | OFF (0) | ON (1) | Non possibile (errore nel sistema) |
| 0 | 1 | 1 | OFF (0) | OFF (0) | ON (1) | Non possibile (errore nel sistema) |
| 1 | 0 | 0 | ON (1) | ON (1) | OFF (0) | Condizioni normali liquido e temp. (aperte V_1 e V_2) |
| 1 | 0 | 1 | OFF (0) | OFF (0) | ON (1) | Condizione normale liquido – temperatura alta |
| 1 | 1 | 0 | OFF (0) | ON (1) | OFF (0) | Serbatoio pieno – temp. normale (svuotamento) |
| 1 | 1 | 1 | OFF (0) | OFF (0) | ON (1) | Serbatoio pieno – temperatura alta |

TAB. 3

| $T [^\circ\text{C}]$ | R_T | R_0 | $T_0 [K]$ | B | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------|------------------------------|
| 12 | 1402 | 1000 | 293 | 3530 | Temperatura massima liquido |
| 14 | 1286 | 1000 | 293 | 3530 | Tempertura d'allarme |
| 15 | 1233 | 1000 | 293 | 3530 | Temperatura ambiente minima |
| 25 | 817 | 1000 | 293 | 3530 | Temperatura ambiente massima |

Nella figura 2 è rappresentato l'andamento del segnale all'uscita dal condizionatore in relazione con le varie temperature.

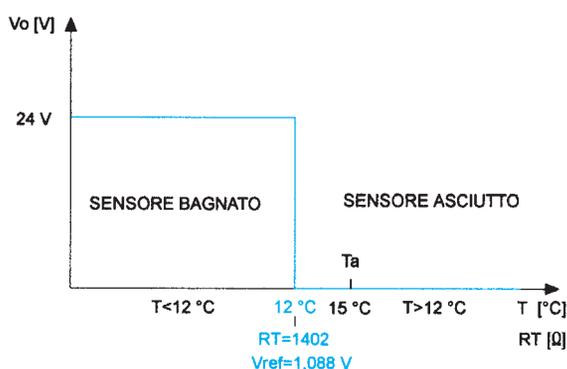


Fig. 2

2.1 ● Dimensionamento del condizionatore per i sensori del liquido

Il circuito di condizionamento utilizzato per ottenere un segnale d'uscita come quello riportato in figura 2, è riportato nella figura 3. La NTC è inserita in un partitore resistivo che fornisce sul resistore R_1 una tensione tanto più alta quanto è più alta la temperatura; infatti aumentando la temperatura diminuisce la resistenza del termistore, aumenta la corren-

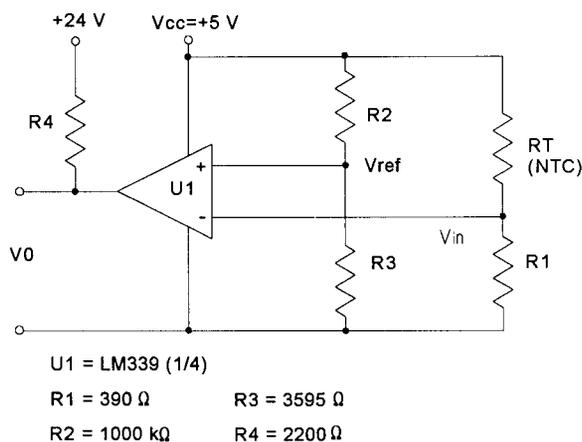


Fig. 3

viene effettuato con $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$ (la massima a cui è sottoposto la NTC) poiché a questa temperatura scorre sul partitore, costituito da R_1 e R_T , la massima corrente. Si ha:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{P}{R_T}} = 4,3\text{ mA} \quad V_{CC} = (R_1 + R_T) \cdot I_{\max} \text{ da cui } R_1 = \frac{V_{CC}}{I_{\max}} - R_T = 346\ \Omega$$

si assume $R_1 = 390\ \Omega$

Calcolo della V_{REF}

La tensione di riferimento da applicare all'ingresso non invertente del comparatore è calcolata tenendo conto del valore assunto dal termistore a $12\text{ }^\circ\text{C}$ ($1402\ \Omega$). Applicando la regola del partitore di tensione si ha:

$$\frac{V_{CC}}{R_T + R_1} = \frac{V_R}{R_1} \text{ da cui } V_R = \frac{V_{CC}}{R_T + R_1} \cdot R_1 = 1,088\text{ V}$$

la V_{REF} deve essere uguale alla V_R calcolata.

Calcolo del partitore R_2 e R_3

Per ottenere la V_{REF} si può utilizzare il partitore resistivo realizzato con i resistori R_2 e R_3 . Utilizzando ancora la regola del partitore e fissato $R_3 = 1\text{ k}\Omega$, si ha;

$$R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{REF}} \cdot R_3 - R_3 = 3595\ \Omega$$

La R_3 può essere realizzata con un resistore da $3300\ \Omega$ con in serie un trimmer multigiri da $500\ \Omega$ che permette di regolare con esattezza il valore della V_{REF} .

Il comparatore

Viene utilizzato il comparatore LM339 che contiene al suo interno integrati quattro dispositivi indipendenti. Inoltre essendo l'uscita dei singoli dispositivi a collettore aperto, è possibile scegliere per alimentare il resistore di *pull-up* un valore diverso dalla V_{CC} di alimentazione dell'integrato. Per rendere compatibile il segnale di uscita con i livelli d'ingresso del PLC si è scelta per alimentare il resistore di *pull-up* una tensione di 24 V . Il resistore di *pull-up* è scelto con valore di $2200\ \Omega$ per fornire la necessaria corrente all'ingresso del PLC.

2.2 ● Dimensionamento del condizionatore per il trasduttore di temperatura

I calcoli effettuati vanno ripetuti per dimensionare il condizionatore del trasduttore di temperatura. In questo caso però si deve trovare una V_{REF} che fa commutare il compa-

te sul partitore e quindi anche la tensione su R_1 . Il segnale prelevato su R_1 è inviato ad un comparatore in configurazione invertente (LM339) che fornisce una tensione in uscita (V_0) che passa da livello alto (24 V) a quello basso (0 V) quando la temperatura raggiunge e poi supera i $12\text{ }^\circ\text{C}$ (trasduttore non bagnato dal liquido). I due trasduttori di liquido utilizzano due circuiti di condizionamento identici.

Dimensionamento di R_1

Per evitare l'autoriscaldamento del termistore, si fissa una potenza dissipabile su di esso di 15 mW (molto inferiore a quella massima dissipabile). Il calcolo

ratore con la temperatura di allarme (14 °C) a cui corrisponde una $R_T = 1286 \Omega$. Si mantenga la $R_1 = 390 \Omega$ e si scelga $R_3 = 1,2 \text{ k}\Omega$. Eseguito i calcoli si ottiene:

$$V_R = \frac{V_{CC}}{R_T + R_1} \cdot R_1 = 1,163 \text{ V} \qquad R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{REF}} \cdot R_3 - R_3 = 3959 \Omega$$

In questo caso la R_2 può essere realizzata con un resistore da 3900 Ω con in serie un trimmer da 100 Ω .

3 ● Collegamenti al PLC dei trasduttori e delle elettrovalvole

I segnali provenienti dai condizionatori (uscita dei comparatori) hanno livelli idonei per pilotare direttamente gli ingressi del PLC.

Le elettrovalvole invece possono essere pilotate direttamente dalle uscite del PLC solamente se il loro assorbimento non supera quello massimo ammissibile per le uscite del PLC (→ Modulo 12, unità 2, tab. 2.1). In caso contrario debbono essere utilizzati dei relè esterni ausiliari, comandati dalle uscite del PLC.

4 ● Programma di gestione del sistema

Dalla tabella 2 si ricavano le funzioni logiche del sistema e poi si scrive il programma in KOP (o direttamente in FUP):

$$V_1 = \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \qquad V_2 = S_0 \cdot \bar{S}_2 \qquad BZ = (\bar{S}_0 \cdot S_1) + S_2$$

Le espressioni logiche di V_1 , V_2 e B_Z sono state trovate con le mappe di Karnaugh. Nella figura 4 è rappresentato il programma in KOP in fase di esecuzione con le elettrovalvole V_1 e V_2 aperte (stato OM).

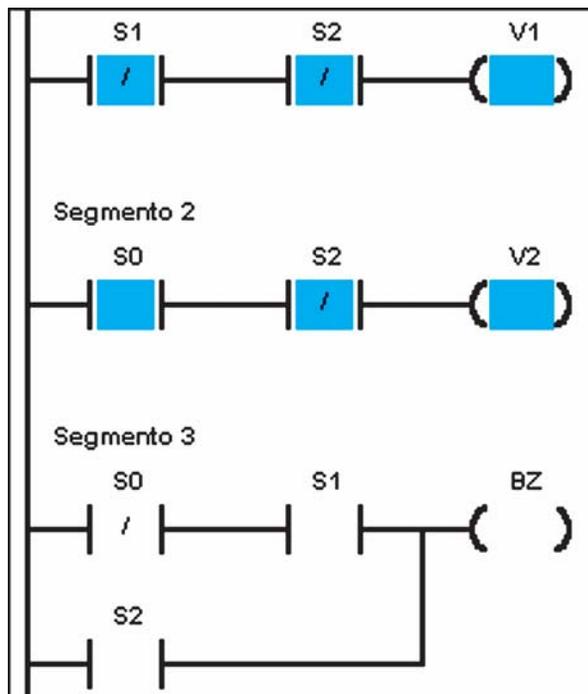


Fig. 4