

SESSIONE 2008 SOLUZIONE

Dati Noti:

Ci sono 12 uffici a cui monitorare la temperatura ambientale ogni 10 minuti e produrne una statistica su PC che dista circa 20 metri dai trasduttori.

Fornire segnalazione allarme quando scende sotto 5°C e quando sale sopra i 60°C.

Il trasduttore è una PT100 la cui variazione di temperatura è pari a:

$$R_{(TEMP)} = 100 \cdot (1 + \alpha \cdot Temp)$$

Dove α vale $3,85 \cdot 10^{-3} [^{\circ}C]^{-1}$

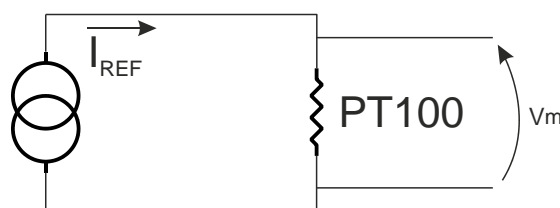
Si richiede:

- 1) Schema a blocchi del sistema di acquisizione dati
- 2) Progettare il circuito di condizionamento dei segnali in uscita dai trasduttori.
- 3) Descrivere il sistema di acquisizione e trasmissione dati al Pc
- 4) Illustrare le metodologie di collaudo.
- 5) Effettuare analisi dei costi.

1. L'applicazione proposta evidenzia innanzitutto il problema dell'utilizzo della PT100 e della distanza di 20 metri tra trasduttore e scheda di acquisizione.

Poiché la variazione di temperatura nel range di 5°C è piuttosto ampia si preferisce utilizzare la trasformazione del valore resistivo in valore di tensione mediante collegamento a un generatore di riferimento di corrente e misura della tensione ai capi del sensore.

Pertanto il circuito che effettua la trasformazione R-V risulta il seguente:



Ossia un circuito a 4 fili.

Comunque indipendentemente dal tipo di collegamento per trasformare la R in un segnale elettrico misurabile occorre far circolare corrente che produce un autoriscaldamento che appare come un errore di misura e che deve essere valutato.

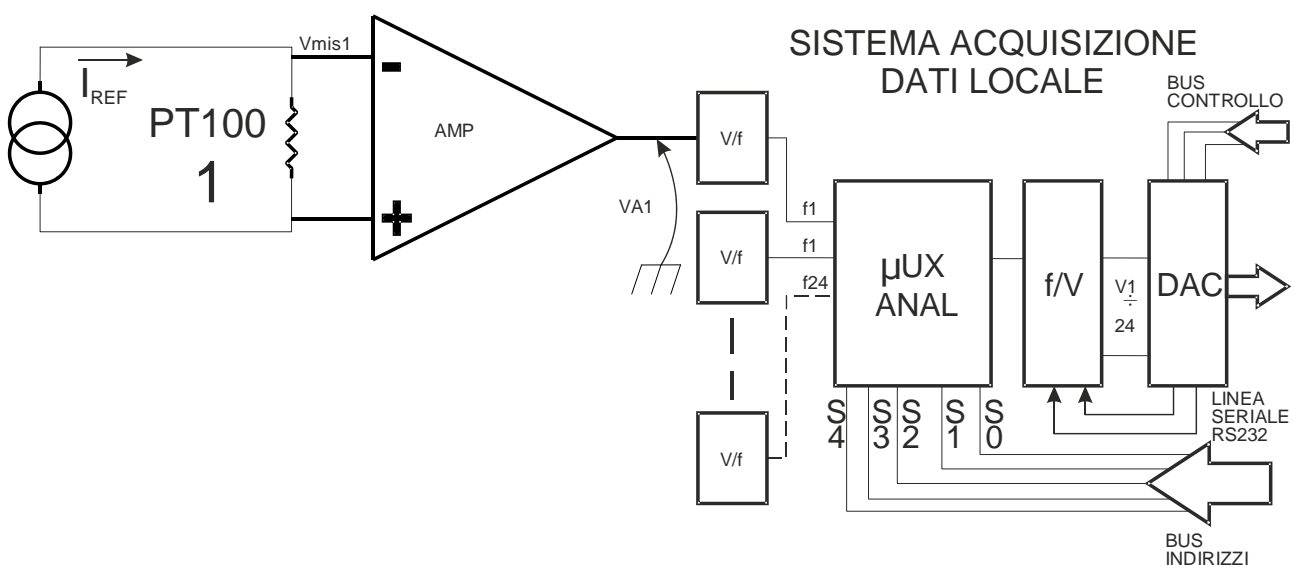
Poiché la grandezza elettrica in uscita risulta una tensione e il sistema di acquisizione dista 20 m (distanza limite per i cavi nel caso di segnali di tensione analogici) occorrerebbe valutare una eventuale conversione tensione/frequenza al fine di ottenere un segnale più idoneo a trasmissioni lontane (20 metri è il limite) e meno sensibile ai disturbi e quindi più adatto a una conversione Analogico/Digitale remota come ipotizzato dal testo.

Si aggiungano infine le seguenti ipotesi:

1. In ogni locale vengono usate 2 PT100 sia per ridondanza sia per effettuare l'eventuale media dei 2 valori misurati. Per ogni locale si utilizzeranno pertanto 2 PT100 in 2 circuiti elettrici separati e verranno inviati 2 segnali di frequenza distinti.
2. La variazione della temperatura che viene considerata è:
 $T_{min}=5^{\circ}C$
 $T_{max}=60^{\circ}C$

tenendo conto che oltre all'allarme verranno attivati opportuni sistemi di riscaldamento/raffreddamento.

Lo schema a blocchi dell'impianto risulta il seguente:



Per quanto riguarda il condizionamento dei segnali si considera che:

$$R_{MIN} = R_{T=5^{\circ}C} = 100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 5) = 101,925\Omega$$

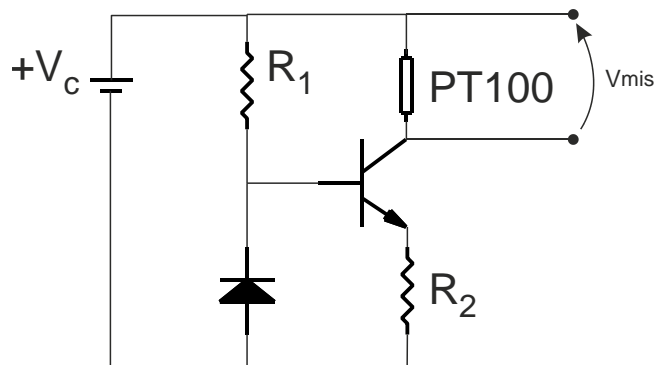
$$R_{MIN} = R_{T=60^{\circ}C} = 100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 60) = 123,1\Omega$$

Ipotizzando di realizzare un generatore di corrente $I_{REF}=5\text{mA}$ mediante circuito a diodi transistor si ottengono i seguenti valori di tensione V_{mis}

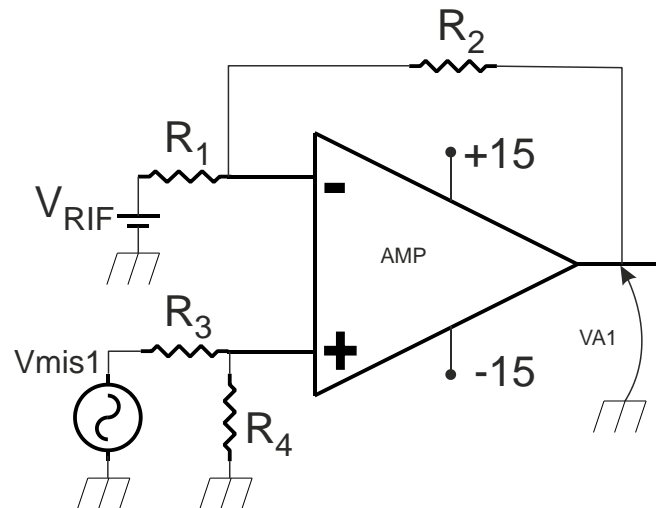
$$V_{mis\ max} = 101,925 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,5096V$$

$$V_{mis\ max} = 123,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,6155V$$

Esempio di generatore di I_{REF} collegato a PT100:



I valori di tensione vengono convertiti in valori di tensione più idonei alla conversione ossia nel campo 0/5V e successivamente in treni di impulsi la cui frequenza è proporzionale al valore di tensione. L'amplificatore di tensione deve pertanto correggere l'offset e amplificare il segnale in modo da ottenere in uscita un segnale nel range 0-10V (10V è il V_{MAX} per LM331). E' opportuno pertanto progettare e utilizzare una configurazione differenziale con $\mu A741$ come da seguito riportato:



$$V_{RIF} = V_{mis\ min} = 0,5096V$$

$$V_{diff} = V_{mis\ max} - V_{mis\ min} = 0,6155 - 0,5096 = 0,1059V$$

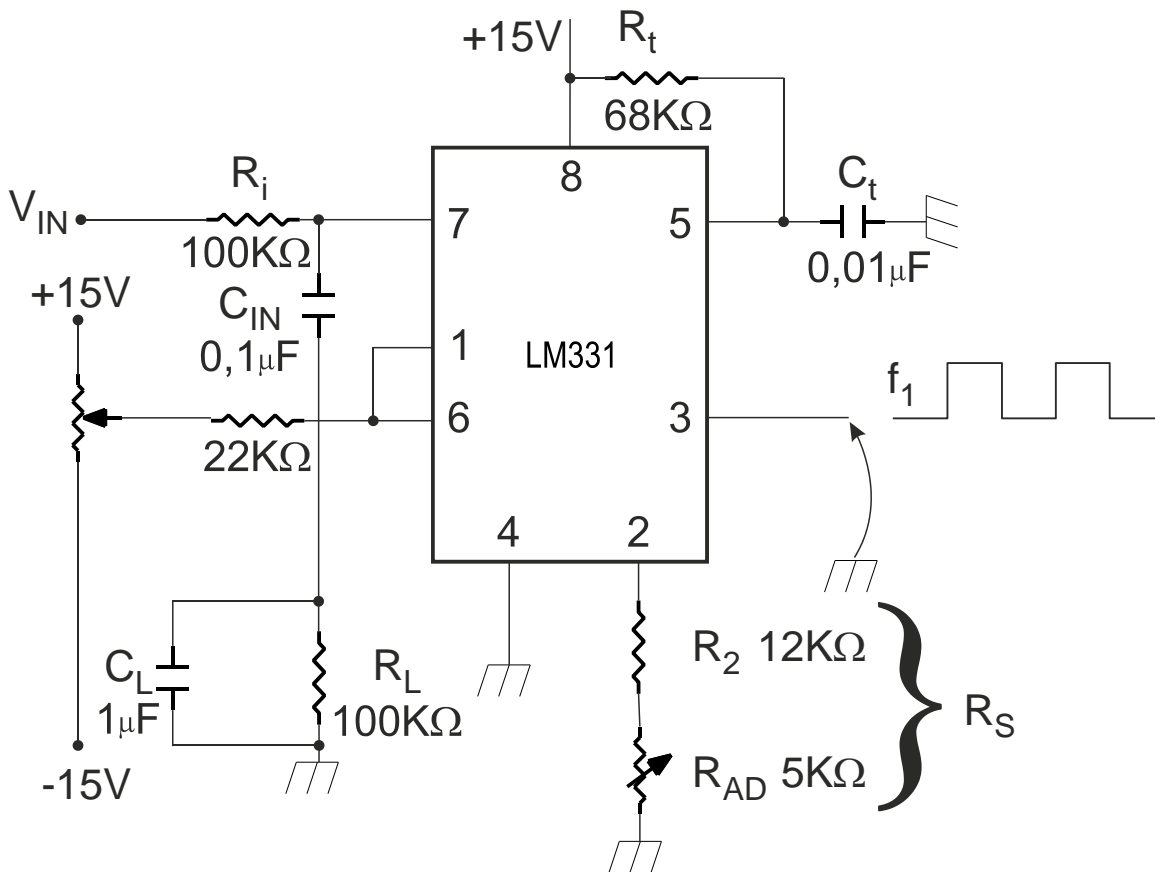
$$G = \frac{V_{A1max}}{V_{diff}} = \frac{10}{0,1059} = 94,4 \rightarrow G = 94$$

Pertanto $R_2=R_4$ e $R_3=R_1=2,2K\Omega$ si ottiene

$$G = 94 = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_2 = 94 \cdot 2,2 = 206K\Omega$$

Per trasmettere correttamente a 20 metri di distanza il segnale (distanza limite) si preferisce attuare una conversione tensione frequenza e pertanto inviare un segnale più immune a disturbi.

Si utilizza pertanto l'integrato LM331 della National e si realizza il seguente circuito:



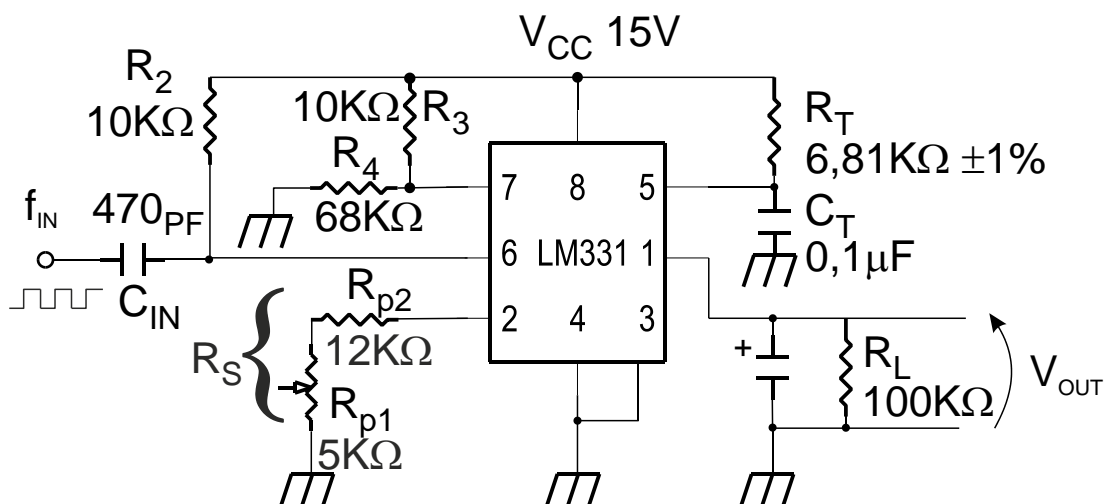
$$f_{1 \div 24} = \frac{V_{in} \cdot R_5}{2,1 \cdot R_L \cdot C_t \cdot R_t} = \frac{17 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 6,8 \cdot 10^3} = 1,19 \cdot 10^3 \cdot V_{in}$$

3. Il treno di impulsi frequenza proporzionale al valore di tensione e quindi di temperatura viene inviato sia via cavo sia via fibre ottiche al multiplexer analogico che fa parte della scheda a microcontrollore che occupa dell'acquisizione e trasmissione dati.

Il multiplexer analogico riceve pertanto e converte da parallelo in seriale i 24 valori di temperatura (2 per ciascun ufficio). I segnali di controllo saranno pertanto 5 [S_4, S_3, S_2, S_1, S_0] in modo da poter selezionare 32 canali.

Il clock sarà realizzato in modo che nella finestra temporale di 10 minuti vengono trasferiti i 24 segnali ricevuti. Il microcontrollore locale riceve pertanto un segnale che prima di essere convertito in digitale viene riconvertito con un convertitore frequenza/tensione.

Il convertitore a valle del mux può pertanto essere realizzato in modo duale rispetto al precedente convertitore V/f sempre mediante LM331. Lo schema del convertitore f/V è di seguito riportato:



$$V_{01\div 24} = f_{\div 24} \cdot 2,1 \cdot \frac{R_L}{R_S} (R_t \cdot C_t) = 4,2 \cdot 10^{-4} f_{01\div 24}$$

Il segnale di tensione variabile tra 0 e 5 V viene pertanto inviato al convertitore analogico digitale ADC che può essere esterno o interno al Microprocessore presente a 20 metri dai trasduttori. Si riportano di seguito per completezza i calcoli dei fattori di condizionamento del segnale e un esempio di conversione nel range stabilito dal progetto.

R_{mis}	V_{mis}	$V_{A1\div 24}$	$f_{1\div 24}$	$V_{01\div 24}$
$100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot T_{mis})$	$R_{mis} \cdot 5 \cdot 10^{-3}$	$94 \cdot (V_{mis} - 0,5096)$	$1,19 \cdot 10^3 \cdot V_{mis}$	$4,2 \cdot 10^{-4} \cdot f_{01\div 24}$

Pertanto nel caso si misurasse la temperatura di **5°C** si otterrebbe:

$$R_{mis} = 100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 5) = 101,925\Omega$$

$$V_{mis} = R_{mis} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,5096V$$

$$V_{A1\div 24} = 94 \cdot (V_{mis} - 0,5096) = 0V$$

$$f_{1\div 24} = 1,19 \cdot 10^3 \cdot 0 = 0Hz$$

$$V_{01\div 24} = 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot f_{1\div 24} = 0V$$

Nel caso misurasse la temperatura massima $T=60^\circ C$ si otterrebbe:

$$R_{mis} = 100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 60) = 123,1\Omega$$

$$V_{mis} = R_{mis} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 123,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,6155V$$

$$V_{A1} = 94 \cdot (V_{mis} - 0,5096) = 9,954V$$

$$f_1 = 1,19 \cdot 10^3 \cdot 9,954 = 11845,26H_z$$

$$V_{01} = 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot f_1 = 4,975V$$

Tutti gli altri valori di temperatura compresi tra 5 e 60°C saranno opportunamente condizionati nel range compreso tra 0 e 4,975V

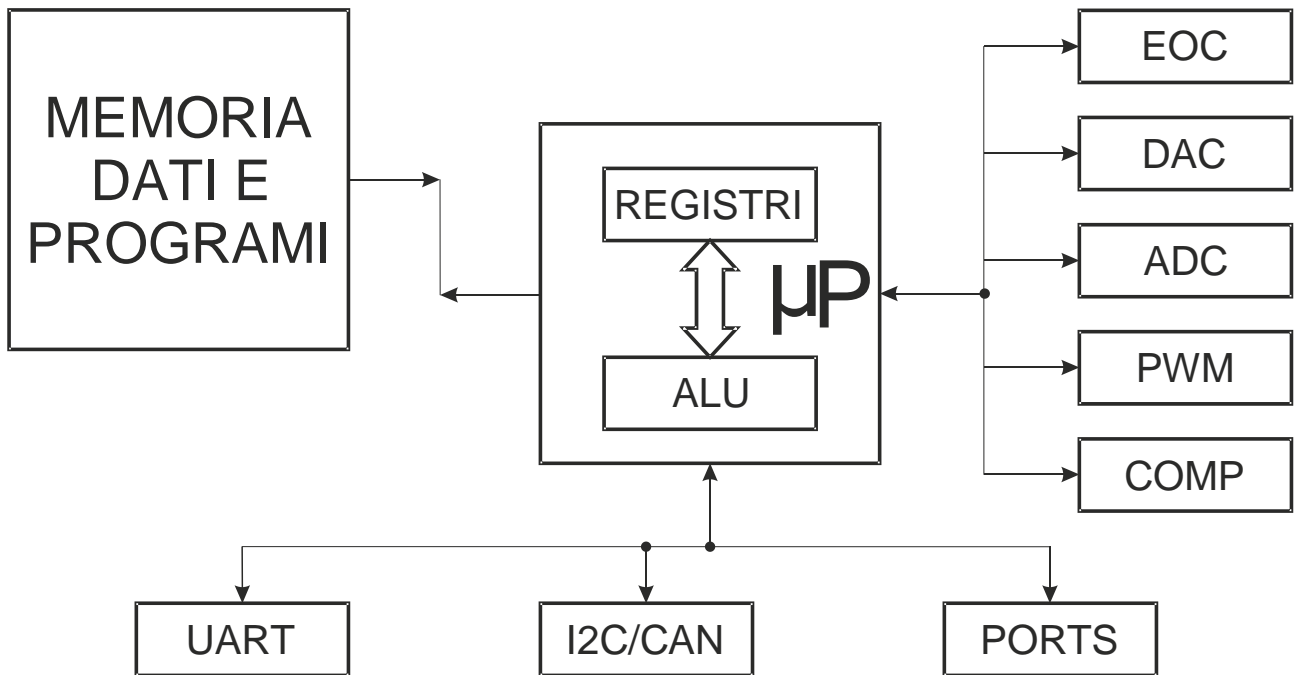
Questi 2 valori calcolati verranno utilizzati in fase di collaudo e di taratura dei trimmer presenti nei circuiti.

Per concludere è possibile usare il DAC interno al microprocessore dove, per esempio se si intende utilizzare il PIC 16F876 è possibile adottare il DAC a 10 bit del tipo ad approssimazioni successive (SAR). In tal caso la risoluzione sarà:

$$Q = \frac{V_{REF}}{2^{10}} = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} \cong 5mV$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} = 2,5mV \quad \epsilon \% = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{4,975} = 0,5\%$$

Lo Schema a blocchi del PIC che si vuole aggiungere nell'acquisizione locale può essere rappresentato come di seguito:



PORTS: periferiche di base per comunicare verso esterno

MEMORIA: tipo flash e conserva dati anche senza alimentazione

ADC: convertitore analogico digitale a 10 bit

PWM: timer che genera un comando PWM

UART I2C/CAN: sono comunicazioni ossia l'interfacciamento attraverso protocolli standard con altri dispositivi.

Qualora si utilizzi il PIC nell'acquisizione locale potrebbe essere possibile effettuare la media delle due temperature acquisite per ogni locale direttamente nel PIC e non nel PC remoto.