

# Controllo proporzionale di temperatura

Il controllo della temperatura nell'abitacolo di un'automobile è abbastanza problematico, comunque ne esistono essenzialmente 2 tipi: manuale e automatico. Nel tipo manuale la temperatura è regolata tramite una manopola che ruotata in senso orario ( rosso ) fa circolare acqua calda proveniente dal motore in un piccolo radiatore investito dall'aria di una ventola, se ruotata in senso antiorario ( blu ) chiude un rubinetto e il riscaldamento diminuisce. Per semplicità non consideriamo l'intervento in estate del condizionatore e la regolazione della velocità della ventola. Per automatizzare un riscaldamento di tipo manuale si potrebbe usare un servomotore, uno di quelli usati per l'aeromodellismo.

Questo servomotore deve essere alimentato a 5 V, gli impulsi di comando hanno una frequenza di circa 50 Hz, ampiezza 5 V e la durata dell'impulso alto deve variare tra 1 ms e 2 ms.

Con 1 ms il motore ruota tutto a sinistra in senso antiorario e con 2 ms ruota tutto a destra in senso orario descrivendo un angolo di 180° o anche maggiore, ci sono anche motori che compiono alcuni giri a sinistra o a destra. Con durata dell'impulso di 1,5 ms il rotore si porta a metà corsa.

Un sensore di temperatura PT1000 amplificato e uscita dimezzata con un partitore costituito da due resistenze uguali fornisce la seguenti tensioni:

T °C	Vout	A0
26 °C	3.22 V	659
22 °C	2.82 V	577
18 °C	2.42 V	495

( il coefficiente di temperature del sensore amplificato è di 100 mV/°C )

l'uscita del sensore viene inviata all'ingresso A0 di Arduino per essere trasformata in digitale tenendo conto che 5 V corrispondono a 1023 combinazioni allora ad es. per T=26°C

$$A_0 = \frac{1023}{5} \cdot 3.22 = 659$$

La tensione fornita dal potenziometro usato per stabilire la temperatura ambiente desiderata viene inviata all'ingresso A1 di Arduino per essere anch'essa trasformata in digitale.

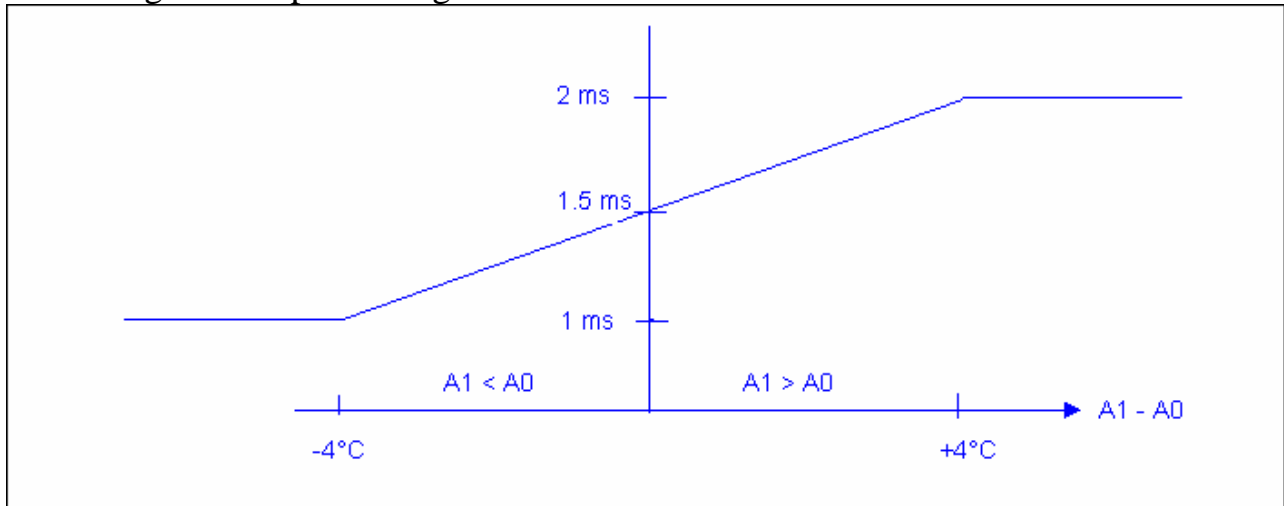
Il sistema deve reagire in funzione della differenza tra la temperatura impostata e quella ambiente, assumendo 22 °C come temperatura di comfort e una durata corrispondente dell'impulso di 1.5 ms risulterà che se la temperatura impostata è maggiore di quella ambiente è necessario riscaldare , quindi una rotazione in senso orario della manopola che originariamente regolava la temperatura dell'abitacolo, quindi un impulso maggiore di 1.5 ms.

L'opposto se la temperatura impostata è minore di quella ambiente.

Imponendo poi che se la differenza di temperatura tra quella impostata e quella dell'abitacolo è maggiore di 4 °C la posizione del motore sarà quella massima

consentita ( rotazione tutto a destra ), mentre se è minore di  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  la posizione del motore sarà quella minima consentita ( rotazione tutto a sinistra )

Forse un grafico esprime meglio il concetto:



Nel tratto lineare la durata dell'impulso sarà:

$$x = 1500 + k \bullet (A1 - A0) \quad [\mu\text{sec}]$$

La differenza di temperatura di  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( da  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ) corrisponde in digitale a:  
 $(659 - 495) = 164$

x con una variazione di  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  deve variare di 1000 usec , quindi:

$$k = \frac{1000}{164} = 6.1$$

Nell'applicazione pratica le cose sono più complesse perché bisogna tener conto che in inverno con l'abitacolo freddo la ventola deve girare alla minima velocità per non congelare il guidatore e in seguito a motore termico caldo la ventola deve aumentare la velocità per ridurre i tempi di riscaldamento, poi a riscaldamento avvenuto la velocità della ventola verrà ridotta al minimo per ridurre il fastidio durante la guida. In estate è necessario attivare il condizionatore con ventola che inizialmente deve girare al massimo per ridurre le sofferenze dovute ad un abitacolo infuocato dal sole.

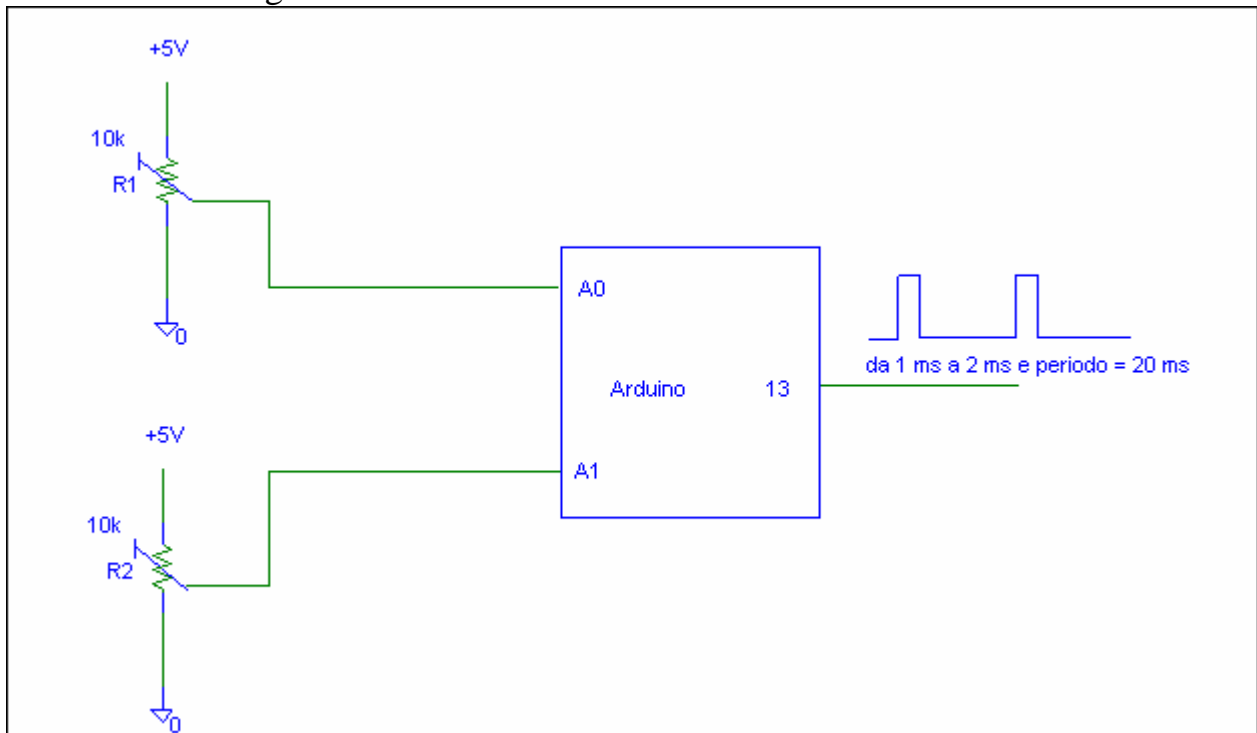
La retroazione è sicuramente negativa perché se aumenta la temperatura rispetto a quella impostata la durata dell'impulso diminuisce e viceversa se la temperatura diminuisce la durata aumenta, questo nella zona di linearità di funzionamento cioè per differenze di temperatura di  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  .

Per scarti di temperatura inferiori ai  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  la valvola è tutta chiusa ( durata impulso = 1 ms ) e il riscaldamento è nullo mentre per scarti superiori ai  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  la valvola è tutta aperta e il riscaldamento è massimo ( durata impulso = 2 ms ).

Con il passare del tempo si passa dalla zona non lineare a quella lineare per effetto del condizionatore in estate e del riscaldamento in inverno.

Per provare sul banco il sistema ho usato due trimmer alimentati a +5 V , (tensione fornita dalla basetta Arduino), uno simula il sensore di temperatura, l'altro il potenziometro che permette di impostare la temperatura desiderata.

Lo schema è il seguente:



R1 simula il sensore ; R2 imposta la temperatura desiderata.

Molto utile l'istruzione "constrain" che permette di limitare la durata dell'impulso tra 1 ms e 2 ms per scarti di temperatura inferiori a -4 °C e superiori a +4 °C .

Nella pratica il programma è più complesso, è diviso in due sezioni estate/inverno "scelte" da un sensore esterno all'abitacolo e da parti di programma che comandano la ventola permettendo di scegliere tra le 4 velocità disponibili.

Fondamentale è la presenza in Arduino degli ingressi analogici evitando l'uso di convertitori A/D esterni.

Inizialmente avevo costruito un sistema piuttosto complesso comprendente 2 PIC16F84 uno per il controllo della temperatura l'altro per la ventola, un convertitore A/D ( AD0803 ), un TL084 usato come amplificatore differenziale, un microrelè per ottenere sempre tensioni positive all'ingresso del convertitore A/D ecc.

In definitiva un sistema complesso che funzionava abbastanza bene sul banco ma che manifestava qualche volta instabilità sul campo per temperature troppo basse o troppo alte.

Ricordo che in un automobile si può passare dai -20 °C in inverno ai + 70 °C in estate con auto esposta al sole anche in zone temperate, siamo quindi ai limiti di funzionamento degli integrati per uso civile, quelli militari dove si trovano?

Non ho ancora sostituito Arduino a questo sistema, quindi non sono sicuro del comportamento in bassa e alta temperatura.

La semplificazione ottenuta è comunque notevole visto che con una unica basetta si ottengono gli stessi risultati, anzi, spero, migliori.

Un vantaggio non indifferente dell'uso della basetta Arduino è la facilità di modificare il programma: basta collegare la basetta ad una porta USB di un PC.

Invece per modificare il programma di un PIC bisognava toglierlo dallo zoccolo della basetta di utilizzo e inserirlo nello zoccolo di una basetta di programmazione collegata alla porta Com a 9 pin (RS232) di un PC, porta non più presente nei PC moderni.