

Ho trovato (non troppo tempo fa) questo articolo [hydraraptor.blogspot.it], magari per voi è roba vecchia (e scartata), descrive come cambiare il "comportamento elettrico" (scusate il linguaggio da profano) del termistore per rendere più lineare il suo segnale e quindi rendere più facilmente leggibili (da parte di arduino) le temperature. Di seguito vi trascrivo la versione originale, e quella tradotta dell'articolo. In attesa di un'illuminata opinione. In corsivo il testo originale in inglese e in [blu la mia traduzione](#) (con aiuto di Google Translator e qualche aggiustatina) **Cercherò di segnare in rosso i componenti da me non riconosciuti (da ignorante in elettronica)** e in **giallo le frasi di traduzione dubbia a causa dalla difficoltà di comprensione dell'argomento**; purtroppo con questo non intendo dire di averci capito qualcosa di più del solo a livello superficiale. Non sono sicuro di essere riuscito ad inserire correttamente le immagini dei grafici, in ogni caso, buona lettura.

Measuring temperature the easy way: The objective is to measure temperature from room temperature to about 250°C using a thermistor. The thermistor resistance is a extremely non linear. It is approximated by a negative exponential of the reciprocal of absolute temperature.

Misurare la temperatura nel modo più semplice: L'obiettivo è quello di misurare la temperatura dalla temperatura ambiente a circa 250°C usando un termistore. La resistenza del termistore è estremamente non lineare. E' è approssimata da un esponenziale negativo del reciproco della temperatura assoluta.

$$R = R_0 e^{B \cdot (1/T - 1/T_0)}$$

R_0 is resistance at known temperature T_0 , in this case 25°C, expressed in Kelvin. Beta is a second parameter of the thermistor

which can be calculated if you know the resistance at two different temperatures or can be found on the data sheet. The RepRap thermistor is an Epcos B57540G0103+, data sheet

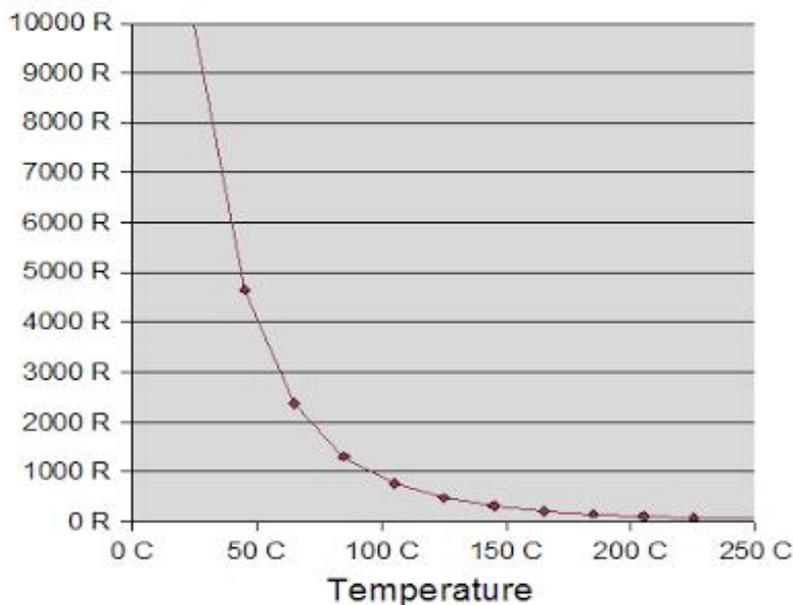
R_0 è la resistenza a temperatura T_0 , in questo caso 25 ° C, espressa in Kelvin. Beta è un secondo parametro del termistore che può essere calcolato se si conosce la resistenza a due temperature differenti o possono essere trovati sulla scheda tecnica. Il termistore RepRap è un Epcos B57540G0103+, scheda tecnica.

La pagina originale dava questo collegamento [www.epcos.com] che purtroppo non è più attivo 😞

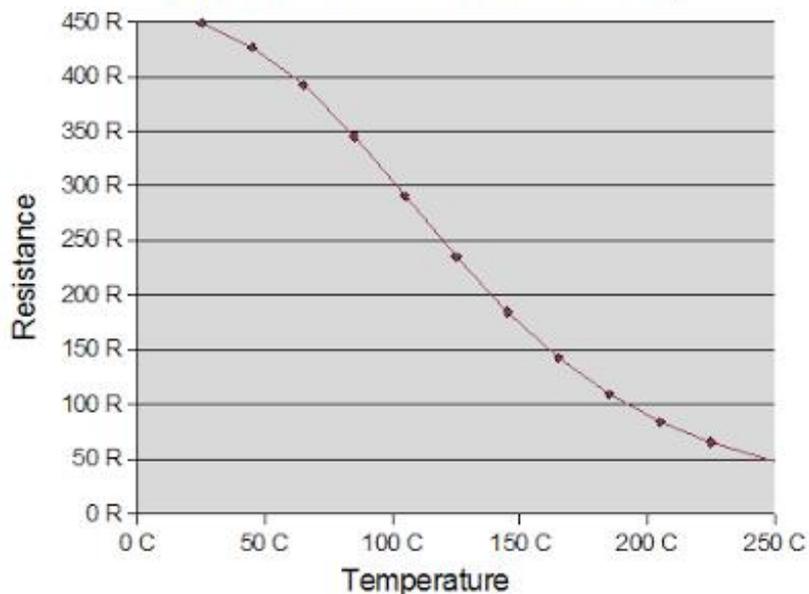
R_{25} is 10K and Beta is around 3500 (K ? unità di misura assente nell'originale, nel grafico è indicato come R). Several values are given on the datasheet for different temperature ranges, illustrating that the above equation is only an approximation. Here is a graph of its resistance against temperature

R_{25} è 10K e Beta è di circa 3500 (K ? mancava unità di misura nell'originale, nel grafico è indicato come R). Diversi valori sono riportati sulla scheda tecnica per diversi intervalli di temperatura, dimostrando che l'equazione di cui sopra è solo un'approssimazione. Qui è un grafico della relativa resistenza contro temperatura

Resistance V Temperature

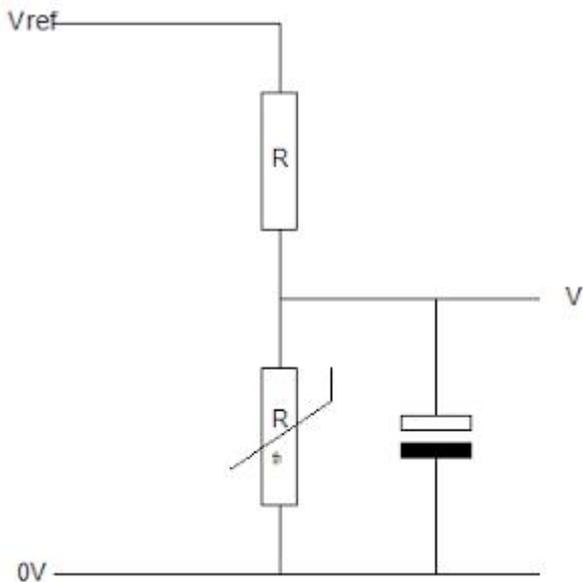


Combined Resistance v Temp



This can be made more linear by putting a fixed resistors in parallel. The magic value to use appears to be the value of the thermistor at the middle of the temperature range. In this case it is about 470 . Here is the resulting combined resistance, the formula for two resistors in parallel is $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$. i.e. the total conductance is the sum of the two conductances.

Questo può essere reso più lineare mettendo determinati resistori / resistori con caratteristiche note in parallelo. Il valore magico da utilizzare sembra essere il valore del termistore al centro della gamma di temperature. In questo caso si tratta di 470 . Ecco la risultante resistenza combinata, la formula per due resistori in parallelo è: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ Cioè la conduttanza totale è la somma dei due conduttanze.



The resulting resistance is a lot more linear, however to measure temperature with an ADC we need a voltage rather than a resistance. This is easy, instead of wiring the resistor in parallel, connect it in series to a voltage source equal to the full scale voltage of the ADC.

La resistenza risultante è molto più lineare, tuttavia per misurare la temperatura con un ADC (sigla di cui ignoro il significato) occorre una tensione piuttosto che una resistenza. Questo è facile, anziché cablare il resistore in parallelo, collegarlo in serie ad un generatore di tensione pari alla tensione di fondo scala / massima dell'ADC (sigla di cui ignoro il significato).

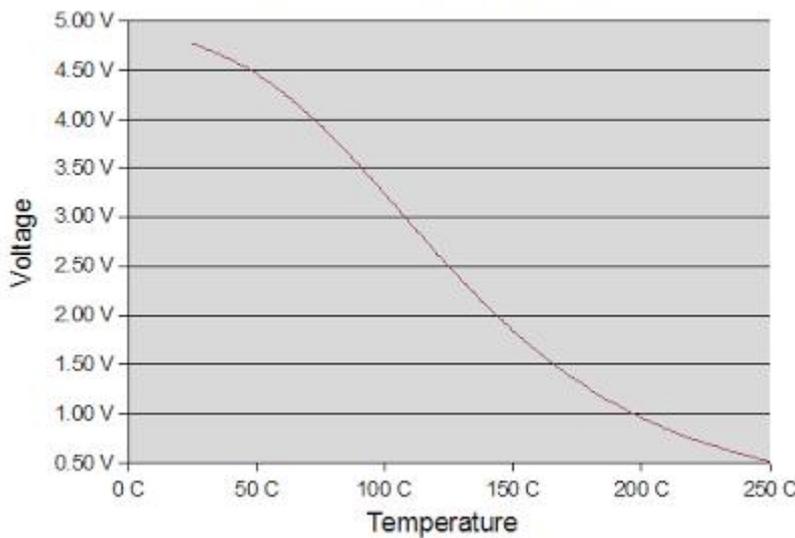
The voltage across the thermistor is then $V = V_{ref} * R_{th} / (R + R_{th})$ Here is a graph of the the output voltage when Vref is 5V.

La tensione ai capi del termistore è quindi

$V = V_{ref} * R_{th} / (R + R_{th})$ Di seguito un grafico della tensione di uscita quando Vref is 5V.

Note that the voltage decreases as the temperature rises. This could be inverted by swapping the resistor and

Voltage V Temperature



thermistor but I prefer to keep one end of the thermistor at 0V so I can use single screened cable.

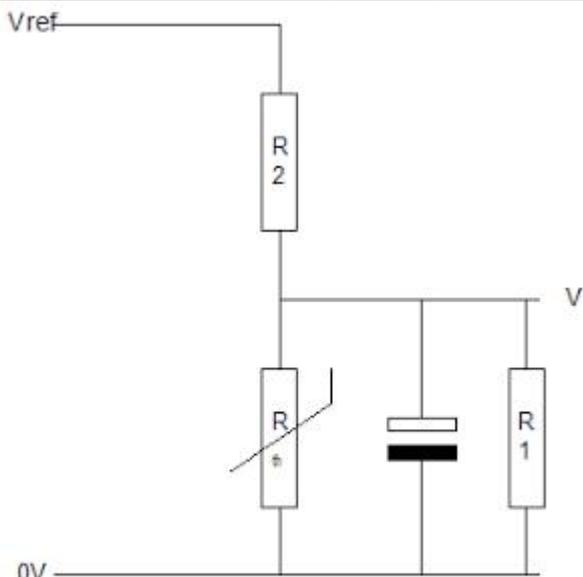
It is also a good idea to put a capacitor across the ADC input to filter out any noise when using long leads like RepRap does. I used a 10uF tantalum bead. Another consideration is how much power is dissipated in the thermistor as it will cause heating and alter the reading. The maximum dissipation will occur when its value equals the value of the resistor.

At this point half the voltage is across the thermistor so the power dissipated in it is $P = (V_{ref} / 2)^2 / R$

Notare che la tensione diminuisce all'aumentare della temperatura. Questo potrebbe essere invertito scambiando la resistenza e termistore ma io preferisco tenere un capo del termistore

a 0V così posso usare un cavo schermato singolo.

E' anche una buona idea mettere un condensatore attraverso l'ingresso ADC per filtrare il rumore quando si usano cavi lunghi come RepRap fa. Ho usato un cordone di tantalio 10uF (non conoscendo il componente non so come esso si chiami in italiano). Un'altra considerazione è quanta energia viene dissipata nel termistore in quanto causerà riscaldamento e alterare la lettura. La dissipazione massima si verifica quando il suo valore è uguale al valore della resistenza. A questo punto metà della tensione è attraverso il termistore quindi la potenza dissipata in esso è $P = (V_{ref} / 2)^2 / R$



In the example above this works out at 13.3mW. The thermistor datasheet specifies a maximum of 18mW and a dissipation factor (in air) of 0,4 mW /K. I think this means that the temperature will rise by 33°C by self heating. The error would be less when not in air, but it is still perhaps a bit high. My system uses a Vref of 1.5 volts which, because it is a square law, only dissipates 1,2mW giving a 3°C rise at the mid range temperature in air. For a 5V system is is probably worth sacrificing some of the ADC resolution to reduce the self heating error. This can be done by using two resistors

Nell'esempio sopra questo funziona a 13.3mW. Il foglio di dati del termistore specifica un massimo di 18mW e un fattore di dissipazione (in aria) di 0,4 mW /K. Credo che questo significhi che la temperatura aumenterà di 33°C per autoriscaldamento.

L'errore sarebbe meno quando non in aria, ma è ancora forse un po' alto. Il mio sistema utilizza una Vref da 1.5 volts, perché è una legge quadrata, dissipa solo 1,2mW dando un aumento di 3°C alla temperatura di fascia media in aria.

Per un sistema 5V è vale la pena sacrificare parte della risoluzione dell'ADC per ridurre l'errore causato dal riscaldamento autonomo. Questo può essere fatto utilizzando due resistenze

The full scale voltage is now $V_{fsd} = V_{ref} * R_1 / (R_1 + R_2)$

We also want the source impedance of this voltage, which is R_1 in parallel with R_2 , to be 470 .
 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ Solving these simultaneous equations gives $R_1 = R / (1 - V_{fsd} / V_{ref})$
 $R_2 = R * R_1 / (R_1 - R)$ So for $V_{fsd} = 1.5V$, $V_{ref} = 5V$ and $R = 470$: $R_1 = 671$ and $R_2 = 1569$, preferred values are 680 and 1K6. And finally here is the Python code to work out the temperature
 La tensione di fondo scala / tensione massima è ora $V_{fsd} = V_{ref} * R_1 / (R_1 + R_2)$ Vogliamo anche l'impedenza della fonte di questa tensione, che è R_1 in parallelo con R_2 , a essere 470
 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ Risolvendo queste equazioni simultanee si avrà $R_1 = R / (1 - V_{fsd} / V_{ref})$ e
 $R_2 = R * R_1 / (R_1 - R)$ Quindi per $V_{fsd} = 1.5V$, $V_{ref} = 5V$ e $R = 470$: $R_1 = 671$ e $R_2 = 1569$, valori preferiti sono 680 e 1K6. Ed infine ecco il codice Python per elaborare il Temperatura

```
from math import *

class Thermistor:
    "Class to do the thermistor maths"
    def __init__(self, r0, t0, beta, r1, r2):
        self.r0 = r0 # stated resistance, e.g. 10K
        self.t0 = t0 + 273.15 # temperature at stated resistance, e.g. 25C
        self.beta = beta # stated beta, e.g. 3500
        self.vadc = 5.0 # ADC reference
        self.vcc = 5.0 # supply voltage to potential divider
        self.vs = r1 * self.vcc / (r1 + r2) # effective bias voltage
        self.rs = r1 * r2 / (r1 + r2) # effective bias impedance
        self.k = r0 * exp(-beta / self.t0) # constant part of calculation

    def temp(self, adc):
        "Convert ADC reading into a temperature in Celcius"
        v = adc * self.vadc / 1024 # convert the 10 bit ADC value to a voltage
        r = self.rs * v / (self.vs - v) # resistance of thermistor
        return (self.beta / log(r / self.k)) - 273.15 # temperature

    def setting(self, t):
        "Convert a temperature into a ADC value"
        r = self.r0 * exp(self.beta * (1 / (t + 273.15) - 1 / self.t0)) # resistance of the thermistor
        v = self.vs * r / (self.rs + r) # the voltage at the potential divider
        return round(v / self.vadc * 1024) # the ADC reading
```

Per trascriverlo a colori e con le immagini, ci ho impiegato un casino di tempo; mi piacerebbe che qualcuno con maggiore padronanza dell'elettronica, possa dirmi se questa cosa funziona, e pubblicare sul forum i suoi esperimenti (possibilmente in forma più comprensibile per un ignorante in elettronica).

Grazie per la Vostra attenzione e per il tempo che potrete dedicare a rispondermi.

N.B. nella pagina originale ci [hydraraptor.blogspot.it] sono vari aggiornamenti, il più recente è datato marzo 2013 e contiene il rinvio [hydraraptor.blogspot.it] ad una nuova tabella per determinare le temperature.

Saluti