

Sensori temp. Esercitazione 3

Sia dato un termistore NTC con $R(T_0)=500\text{ Ohm}$, $T_0 = 20\text{ °C}$ e $B=5000\text{ K}$. Si intende usare il termistore per la realizzazione di uno strumento lineare per la misura della temperatura corporea. Lo strumento dovrà avere un errore di non linearità nullo a 37C (trascurando l'autoriscaldamento). La corrente di alimentazione è pari a 2mA . La resistenza termica tra sensore e corpo è pari a 70K/W

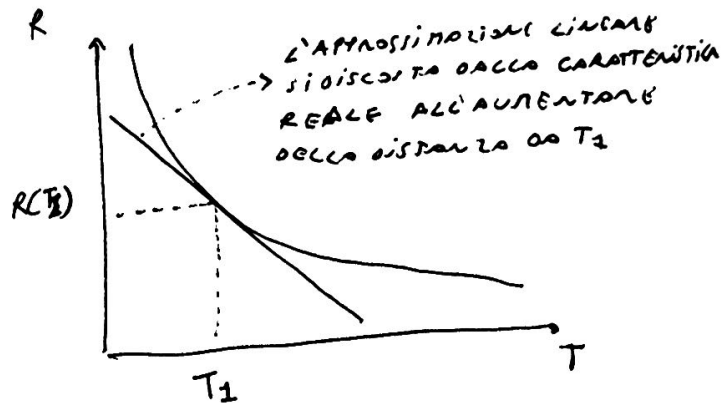
- 1) Scrivere e graficare l'approssimazione lineare della funzione di taratura dello strumento nell'intervallo $[35-39]\text{C}$ e definire l'errore di linearità
- 2) Determinare l'errore di autoriscaldamento quando il corpo sotto esame ha una temperatura di 38C ; determinare inoltre il valore misurato dallo strumento

NTC $R(T_0) = 500 \Omega$ $T_0 = 20^\circ\text{C}$ $\beta = 5000 \text{ K}$

STRUMENTO LINEARE \rightarrow ERRORE NULLO $\rightarrow 37^\circ\text{C}$

$I = 2 \text{ mA}$ $R_{XS} = 70 \text{ K/W}$

1) FUNZIONE DI TARATURA IN $[35-39]^\circ\text{C}$



$T_1 = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$

$R_L(T_1) = R(T_1) (1 + \text{TCR}(T_1) (T - T_1))$

$R(T_1) = R(T_0) e^{\beta(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0})} \rightarrow \rightarrow T_1, T_0 \rightarrow \text{in KELVIN}$
 \parallel
 196.13Ω

$\text{TCR}(T_1) = - \frac{\beta}{T_1^2} = 0.0520 \text{ K}^{-1}$

$\Delta T = \frac{R_L - R(T_1)}{R(T_1) \text{TCR}(T_1)}$

$\Delta T = 0$

$\Delta T = 2^\circ\text{C}$

$\Delta T = -2^\circ\text{C}$

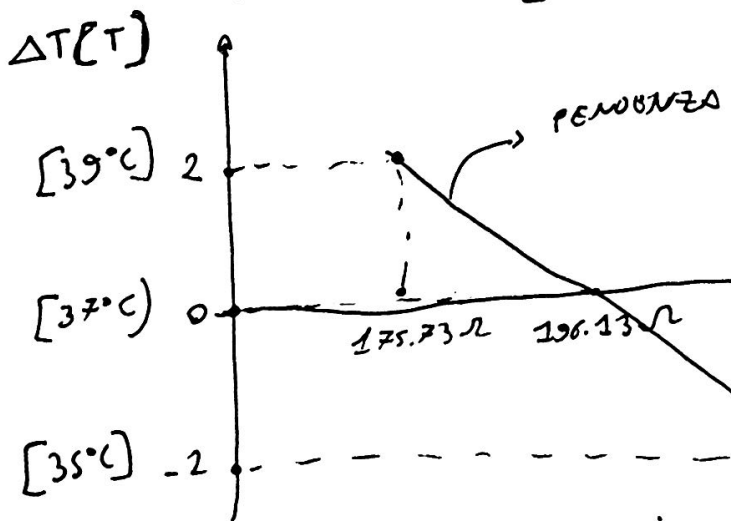
$R_L(T_1) = 196.13 \Omega$

$T = 20^\circ\text{C} \rightarrow R_L = 175.73 \Omega$

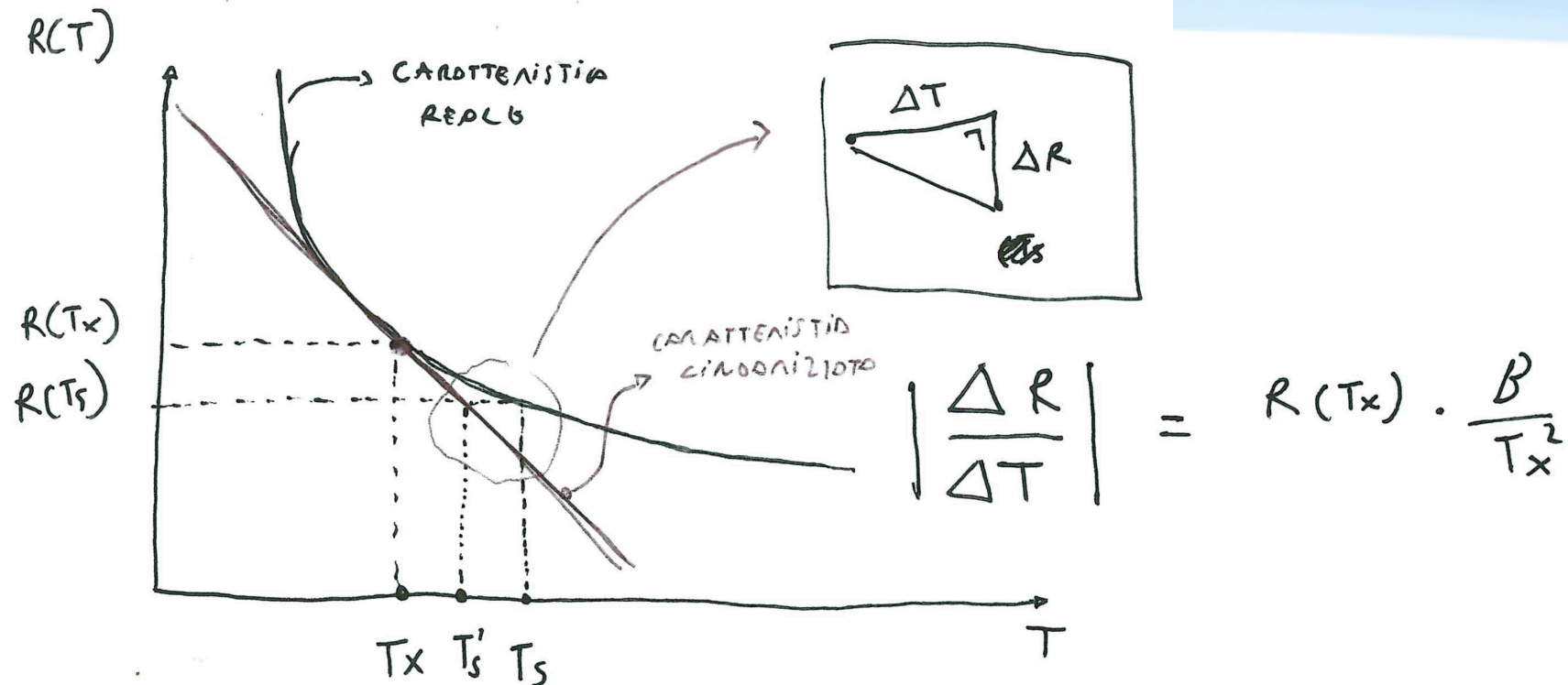
$\rightarrow R_L = 216.53 \Omega$

$= \frac{1}{R(T_1) \text{TCR}(T_1)}$

\rightarrow
 R



Errore di linearizzazione



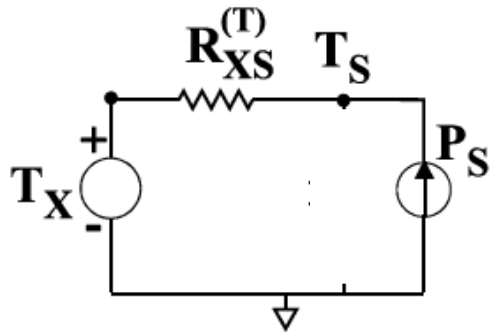
$$|\Delta R| = R(T_s) - R_L(T_s)$$

$$T_s' = T_s - |\Delta T| = T_s - \frac{|\Delta R|}{R(T_x) |TCR(T_x)|}$$

Errore di linearità ΔT massimo agli estremi ovvero $T_s=35^\circ\text{C}$ e $T_s=39^\circ\text{C}$

Autoriscaldamento

- Per l'autoriscaldamento considero la seguente condizione



$$T_s = T_x + R_{XS}^T \cdot P_s = T_x + R_{XS}^T \cdot R(T_s) \cdot I^2$$

$$\Delta T = T_s - T_x = R_{XS}^T \cdot R(T_s) \cdot I^2$$

- Linearizzo il sensore attorno a $T_x = 38^\circ\text{C}$

$$\Delta T = \frac{R_{XS}^T \cdot R(T_x) \cdot I^2}{1 - R_{XS}^T \cdot TCR(T_x) \cdot R(T_x) \cdot I^2}$$

- $R(T_x) = 186.22 \Omega$
 - $TCR(T_x) = -0.0517 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $\Delta T = 0.05 \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T_s = 38.05 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Determinare $R(T_s) = 185.75$
 - Otteniamo $T_{\text{misurata}} = 38.02$

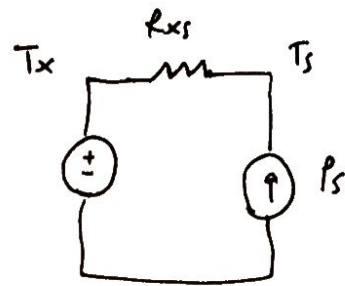
2) AUTORISCALDAMENTO PER $T_x = 38^\circ\text{C}$

LINEARITÀ A $T_2 = 38^\circ\text{C}$ (311 K)

$$R_{L2} = R(T_L) (1 + \text{TCR}(T_2) (T_S - T_L))$$

$$R(T_L) = R(T_0) e^{\rho(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_0})} = 185.22 \Omega$$

$$\text{TCR}(T_L) = -\rho/T_L^2 = -0.0527 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$



$$T_x = T_s + R_{xs} I_s = R_{xs} R(T_s) I^2$$

$$\Delta T = R_{xs} R(T_s) I^2$$

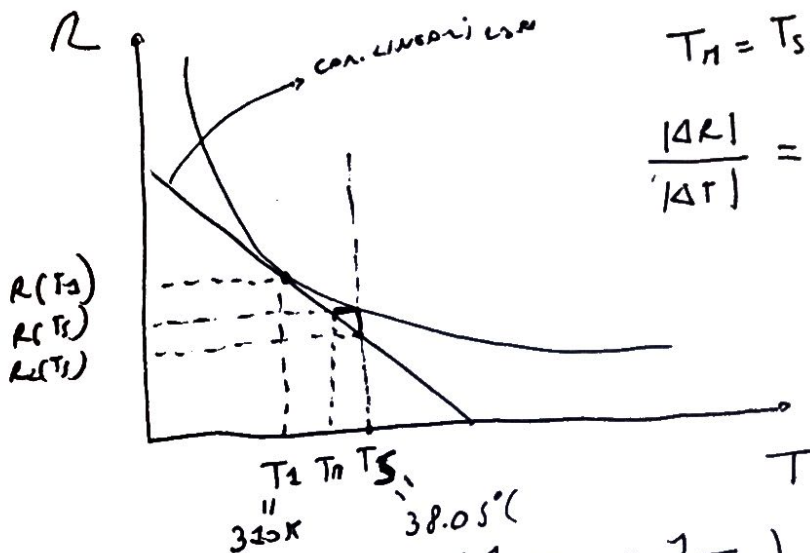
UTILIZZO PER $R(T_x)$ L'APPROSSIMAZIONE LINEARE
ATTORNO A $T_2 = T_x$

$$\Delta T = R_{xs} \left[R(T_L) (1 + \text{TCR}(T_s - T_x)) \right] I^2$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{R_{xs} R(T_L) I^2}{1 - \text{TCR}(T_s) R_{xs} R(T_L) I^2} = 0.05^\circ\text{C}$$

$$T_s = T_x + \Delta T = 38.05^\circ\text{C}$$

QUANTO RISULTE COSTRUIRE IL CIRCUITO PER $T_s = 38.05^\circ\text{C}$?



$$T_n = T_s - |\Delta T|$$

$$\frac{|\Delta R|}{|\Delta T|} = |\text{TCR}(T_2) R(T_2)|$$

$$|\Delta T| = \frac{|\Delta R|}{|\text{TCR}(T_2) R(T_2)|}$$

$$|\Delta R| = R(T_s) - R_L(T_1)$$

$$R(T_s) = R(T_0) e^{\rho(\frac{1}{(273+38.05)} - \frac{1}{(273+20)})} = 185.74 \Omega$$

$$R_L(T_s) = R(T_2) (1 + \text{TCR}(T_2) (T_s - T_2)) = 185.42 \Omega$$

$$\Delta R = 0.32 \Omega$$

$$\Delta T = 0.03^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow T_n = 38.05^\circ\text{C} - 0.03^\circ\text{C} = 38.02^\circ\text{C} \rightarrow \text{TEMPERATURA RISULTATA}$$