

# Sensori temp. Esercitazione 6

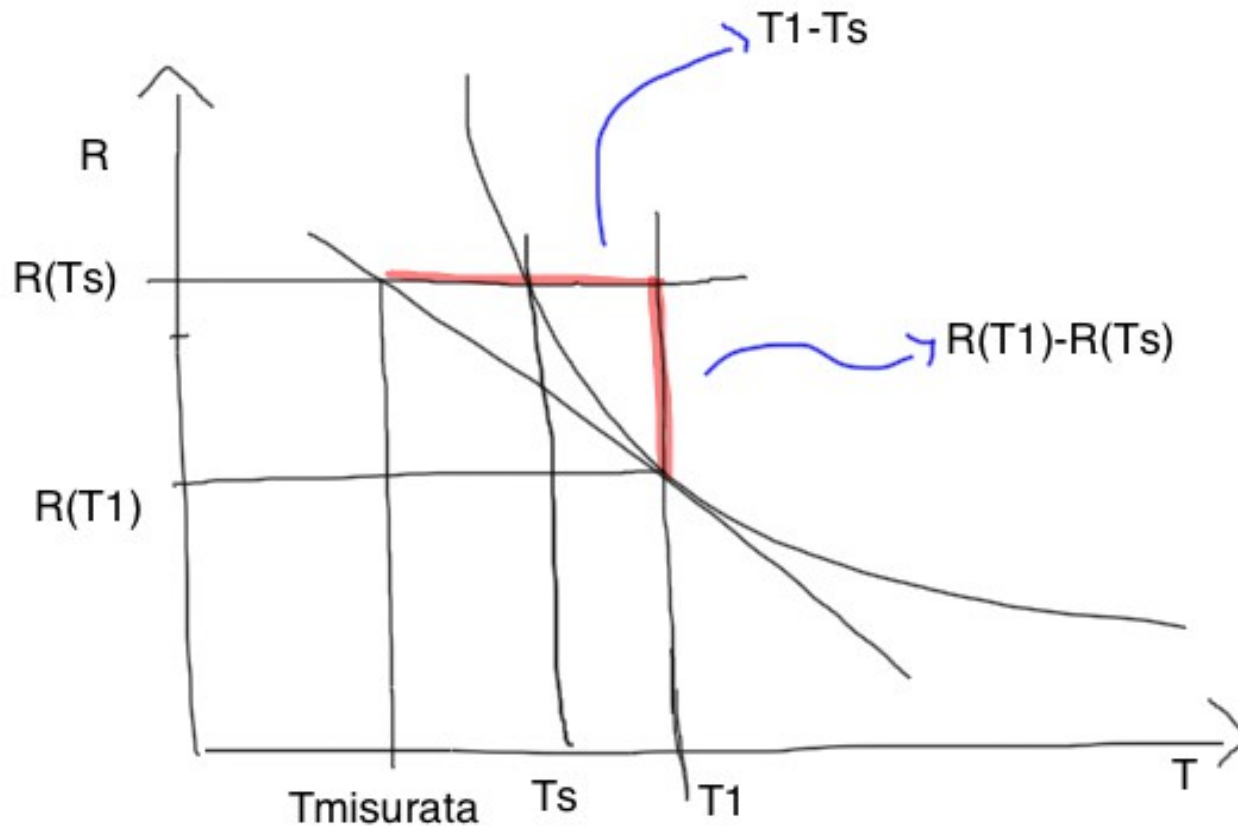
Sia dato un termistore NTC con  $R(T_0)=500 \text{ Ohm}$ ,  $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $B=5000 \text{ K}$ . Si intende usare il termistore per la realizzazione di uno strumento lineare per la misura della temperatura corporea. Lo strumento dovrà avere un errore di non linearità nullo a  $37\text{C}$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

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  $38\text{C}$ ; determinare inoltre il valore misurato dallo strumento

- Strumento lineare con errore nullo a 37C
  - Linearizzare attorno a 37C
  - $T_0=20C=293K$ ,  $T_1=37C=310K$
  - Linearizzo il sensore attorno a  $T_1$  e ottengo la seguente caratteristica lineare
    - $R(T)=R(T_1)(1+TCR(T_1)(T-T_1))$
    - Dove  $R(T_1)=R(T_0)\exp(B(1/T_1-1/T_0))=196.13\text{Ohm}$
    - $TCR=-\frac{B}{T_1^2}=-0.052$
  - Funzione di taratura ( $X=F(Y)$ )->( $T=F(R)$ )
    - $T=cR+b$
    - $c=1/(TCR*R(T_1))=-0.098C/Ohm$ ;  $b=T_1-1/TCR=56.23C$ 
      - Verifica  $R=196.13=37C$  OK!!!

# Risoluzione



Pendenza curva  $TCR \cdot R(T1)$

$$(R(T1) - R(Ts)) / (T1 - T_{\text{misurata}}) = TCR \cdot R(T1)$$

Quindi posso calcolare quanto mi discosto dalla curva esponenziale quando linearizzo  
 $T1 - T_{\text{misurata}} = (R(T1) - R(Ts)) / (TCR \cdot R(T1))$

- Errore di linearità

- Massima variazione agli estremi dell'intervallo

- $T_{\text{misurata}} = T_1 - (R(T_1) - R(T_s)) / (TCR * R(T_1))$

- $T_s = 35C \rightarrow R_{T35} = 217.7893 \text{ Ohm}$

- $T_{\text{mis}_35} = T_1 - (R(T_1) - R_{T35}) / (TCR * R(T_1)) = 34.8778^\circ C$

- $T_s = 39C \rightarrow R_{T39} = 176.8678 \text{ Ohm}$

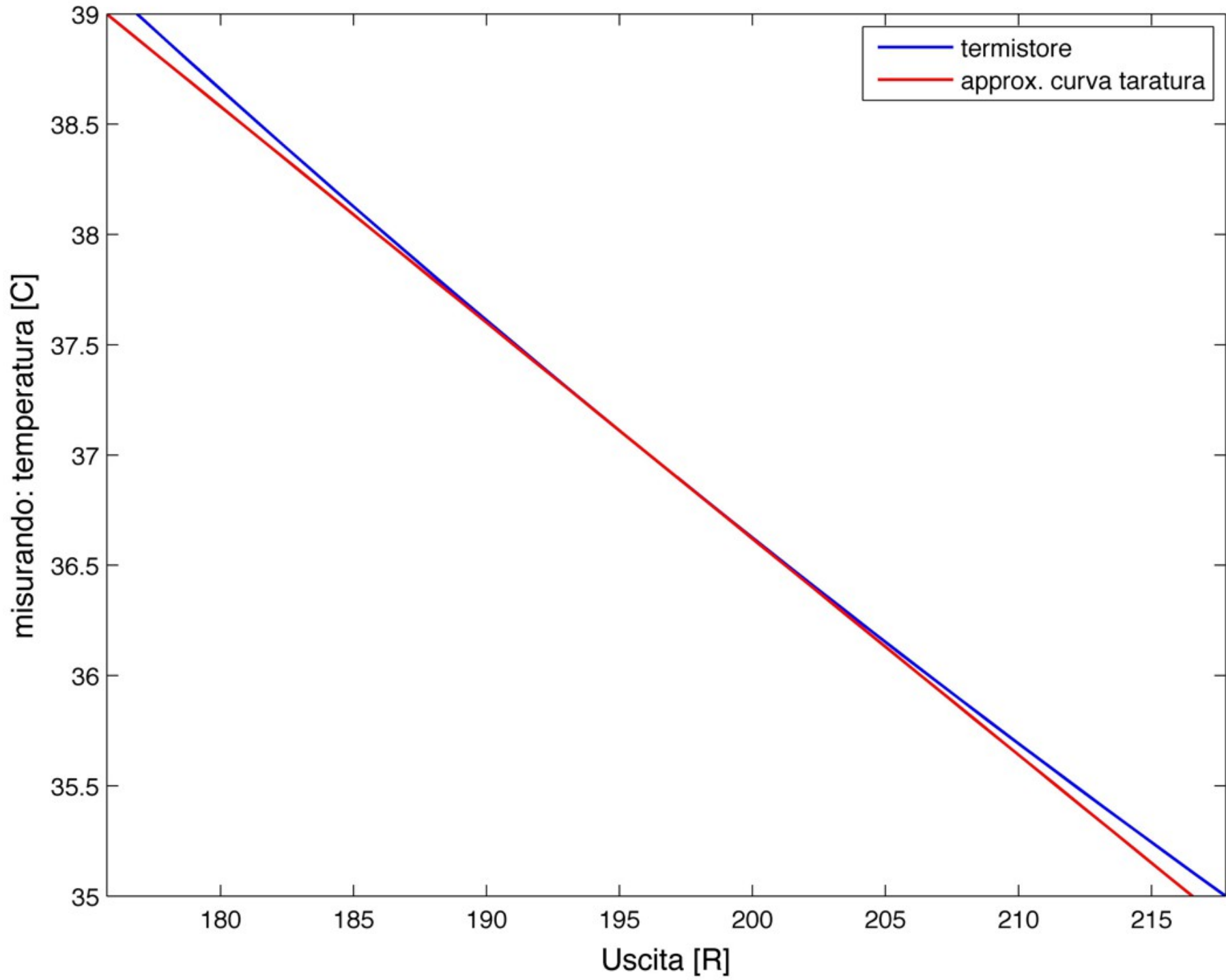
- $T_{\text{mis}_39} = T_1 - (R(T_1) - R_{T39}) / (TCR * R(T_1)) = 38.8879^\circ C$

- $e = |T_{\text{misurata}} - T_s|$

- $e_1 = |T_{\text{mis}_35} - 35| = 0.1222$

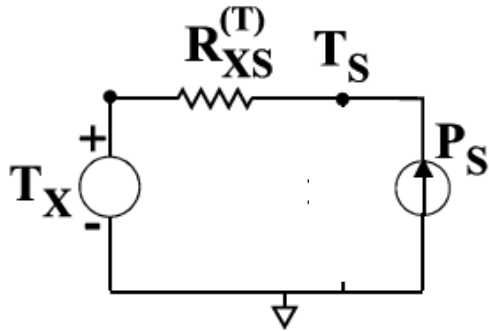
- $e_2 = |T_{\text{mis}_39} - 39| = 0.1121$

- **Errore max per T=35**



# 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  $T_x=38\text{C}$

- $R(T_x)=186.22\text{Ohm}$
- $TCR(T_x)=-0.0517\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- $\Delta T=0.05\text{ C} \rightarrow T_s=38.05\text{ C}$

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

- Determinare  $R(T_s)=185.72$ 
  - Otteniamo  $T_{\text{misurata}}=38.05$ ;

---

## Table of Contents

Risoluzione Esercitazione 6 .....	1
Costruzione Funzione Taratura .....	1
Massimo errore linearità .....	3
2' Domanda: Errore Autoriscaldamento e T misurata dallo Strumento? .....	4
2.1 Temp misurato dallo strumento .....	5

## Risoluzione Esercitazione 6

```
close all
clear all
```

```
T0=20;
Tx=37;
Rxs=70;
B=5000;
Rt0=500;
I=2e-3;
```

```
Tk0=T0+273;
Tkx=Tx+273;
Tk35=35+273;
Tk39=39+273;
```

```
% Punto di Lavoro 37°C
```

```
R_Tx=Rt0*exp(B*((1/Tkx)-(1/Tk0)))
```

```
TCR_Tx=-B/(Tkx^2)
```

```
R_Tx =
```

```
196.1332
```

```
TCR_Tx =
```

```
-0.0520
```

## Costruzione Funzione Taratura

```
% T=cR+q
```

```
%1° Metodo
```

---

```
% c= 1/S
```

```
S=TCR_Tx*R_Tx
```

```
c1=1/S
```

```
q1= 37-(c1*R_Tx)
```

```
S =
```

```
-10.2046
```

```
c1 =
```

```
-0.0980
```

```
q1 =
```

```
56.2200
```

```
% 2° Metodo
```

```
R1_39=R_Tx*(1+(TCR_Tx*(39-37)))
```

```
R1_35=R_Tx*(1+(TCR_Tx*(35-37)))
```

```
c2= (39-35)/(R1_39-R1_35)
```

```
q2=35-(c2*R1_35)
```

```
c=c1-c2
```

```
q=q1-q2
```

```
R1_39 =
```

```
175.7239
```

```
R1_35 =
```

```
216.5425
```

```
c2 =
```

```
-0.0980
```

```
q2 =
```

---

56.2200

c =

-1.3878e-17

q =

0

## Massimo errore linearità

R\_T35=Rt0\*exp(B\*((1/Tk35)-(1/Tk0))) % R(Ts) in T=35

R\_T39=Rt0\*exp(B\*((1/Tk39)-(1/Tk0))) % R(Ts) in T=40

alpha=R\_Tx\*TCR\_Tx

R\_T35 =

217.7893

R\_T39 =

176.8678

alpha =

-10.2046

a=((R\_Tx - R\_T35)/alpha)

Tmis\_35= Tx - ((R\_Tx - R\_T35)/alpha)

Tmis\_39= Tx - ((R\_Tx - R\_T39)/alpha)

a =

2.1222

Tmis\_35 =

34.8778

---

```

Tmis_39 =
    38.8879

dff_T1= abs(35 - Tmis_35)
dff_T2=abs(39 - Tmis_39)

dff_T1 =
    0.1222

dff_T2 =
    0.1121

% Errore massimo
err=max(dff_T1,dff_T2)

err =
    0.1222

```

## 2' Domanda: Errore Autoriscaldamento e T misurata dallo Strumento?

```

Tx_n=38;
Tk38=Tx_n+273;

% R nel nuovo punto di lavoro
R_Tx_n=Rt0*exp(B*((1/Tk38)-(1/Tk0)))

TCR_n=-B/(Tk38^2)

R_Tx_n =
    186.2206

TCR_n =
    -0.0517

```

---

```

DeltaT= Ts - Tx
%R(Ts)=R_Tx*(1+TCR(Ts-Tx)) considerando il sensore linearizzato in Tx

deltaT=(Rxs*I^2*R_Tx_n)/(1-(TCR_n*Rxs*R_Tx_n*I^2))

    deltaT =
           0.0520

Ts=deltaT + Tx_n

    Ts =
      38.0520

```

## 2.1 Temp misurato dallo strumento

```

% 1' Metodo

% R in Ts

Tks=Ts+273

Rts=Rt0*exp(B*((1/Tks)-(1/293)))

    Tks =
      311.0520

    Rts =
      185.7208

% T misurata

alpha=R_Tx_n*TCR_n

    alpha =
      -9.6267

var=((R_Tx_n - Rts)/alpha)

Tmis= Tx_n - var

```

---

```

var =
    -0.0519

Tmis =
    38.0519

% 2' Metodo
% DeltaT=DeltaR/PendenzaRettaLineare-->Dt=(R(Ts)- Rl(Ts))/TCR(TX)R(TX)
Rts=Rt0*exp(B*((1/Tks)-(1/293)))
Rl_ts=R_Tx_n*(1+(TCR_n*(Ts-Tx_n)))
Dt= (Rts-Rl_ts)/R_Tx_n*TCR_n
Tmis2=Ts-abs(Dt)
varMetodo=Tmis-Tmis2

Rts =
    185.7208

Rl_ts =
    185.7200

Dt =
    -2.0979e-07

Tmis2 =
    38.0520

varMetodo =
    -7.8294e-05

```

*Published with MATLAB® R2013b*