Esercitazione

Taratura sensore di temperatura

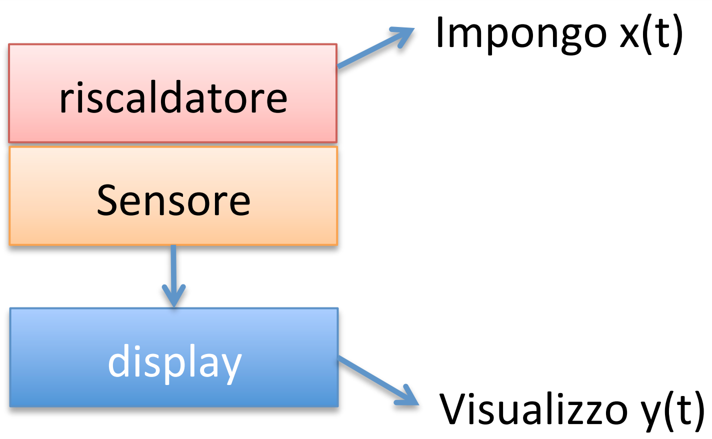
- determinare costante di taratura, sensibilità, incertezza di taratura, errore di linearità, offset
- determinare la stima della temperatura per l'uscita di 1V

(file collegato esercitazione1.m)

Raccolta dati

- Si parte da una serie di misure ripetute: per ogni valore dell uscita si valuta il misurando
  - Maggiore numero di misure maggiore è l'affidabilità dei risultati

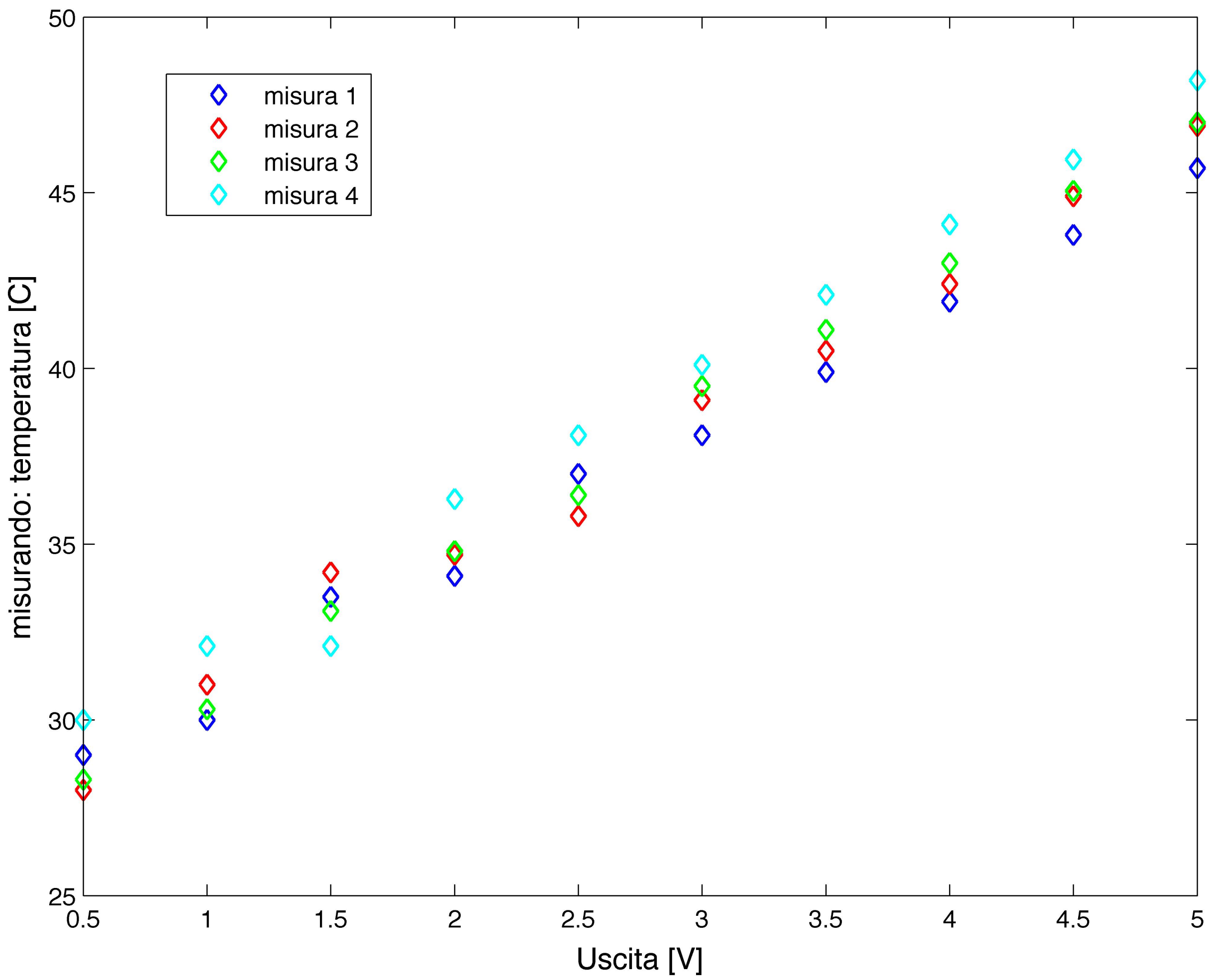
Uscita [V]	valori del misurando [C]			
0.5	29	28	28.3	30
1	30	31	30.3	32.1
1.5	33.5	34.2	33.1	32.1
2	34.1	34.7	34.8	36.285
2.5	37	35.8	36.4	38.1
3	38.1	39.1	39.5	40.1
3.5	39.9	40.5	41.1	42.1
4	41.9	42.4	43	44.1
4.5	43.8	44.9	45.05	45.95
5	45.7	46.9	47	48.2



Modalità alternativa: valuto l'uscita in comparazione con un sensore molto preciso (sistema di riferimento)

Graficazione

- Uscita/misurando

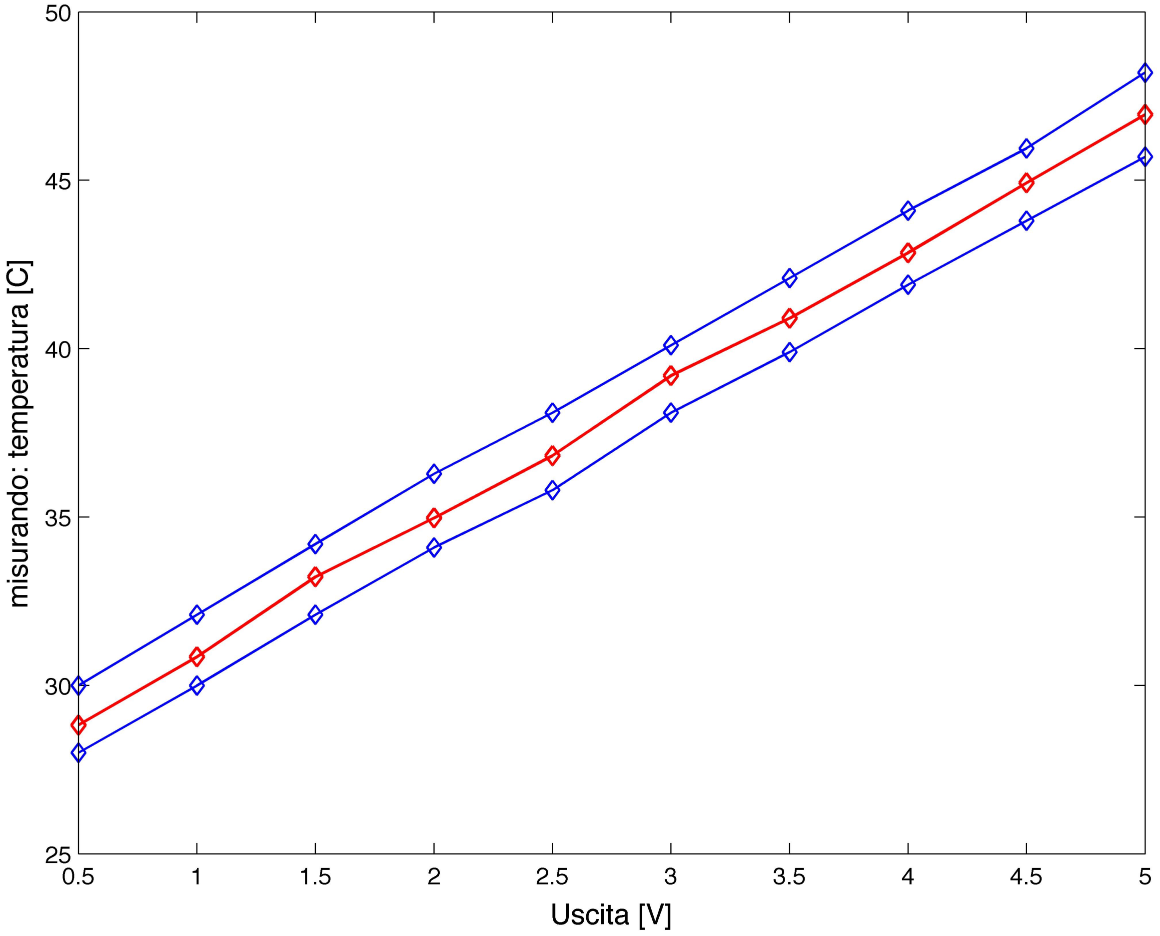


Taratura

- Funzione di taratura: identifichiamo la fascia per ogni valore di uscita
- Curva di taratura: identifichiamo il valor medio della fascia

Uscita [V]	min. misurando	max misurando	valore medio	ampiezza fascia	realtiva punto intermedio	relativa rispetto all'estremo del campo di misura (50 C)
0.5	28	30	28.825	2	0.069	0.040
1	30	32.1	30.85	2.1	0.068	0.042
1.5	32.1	34.2	33.225	2.1	0.063	0.042
2	34.1	36.285	34.97125	2.185	0.062	0.044
2.5	35.8	38.1	36.825	2.3	0.062	0.046
3	38.1	40.1	39.2	2	0.051	0.040
3.5	39.9	42.1	40.9	2.2	0.054	0.044
4	41.9	44.1	42.85	2.2	0.051	0.044
4.5	43.8	45.95	44.925	2.15	0.048	0.043
5	45.7	48.2	46.95	2.5	0.053	0.050

Funzione/curva di taratura

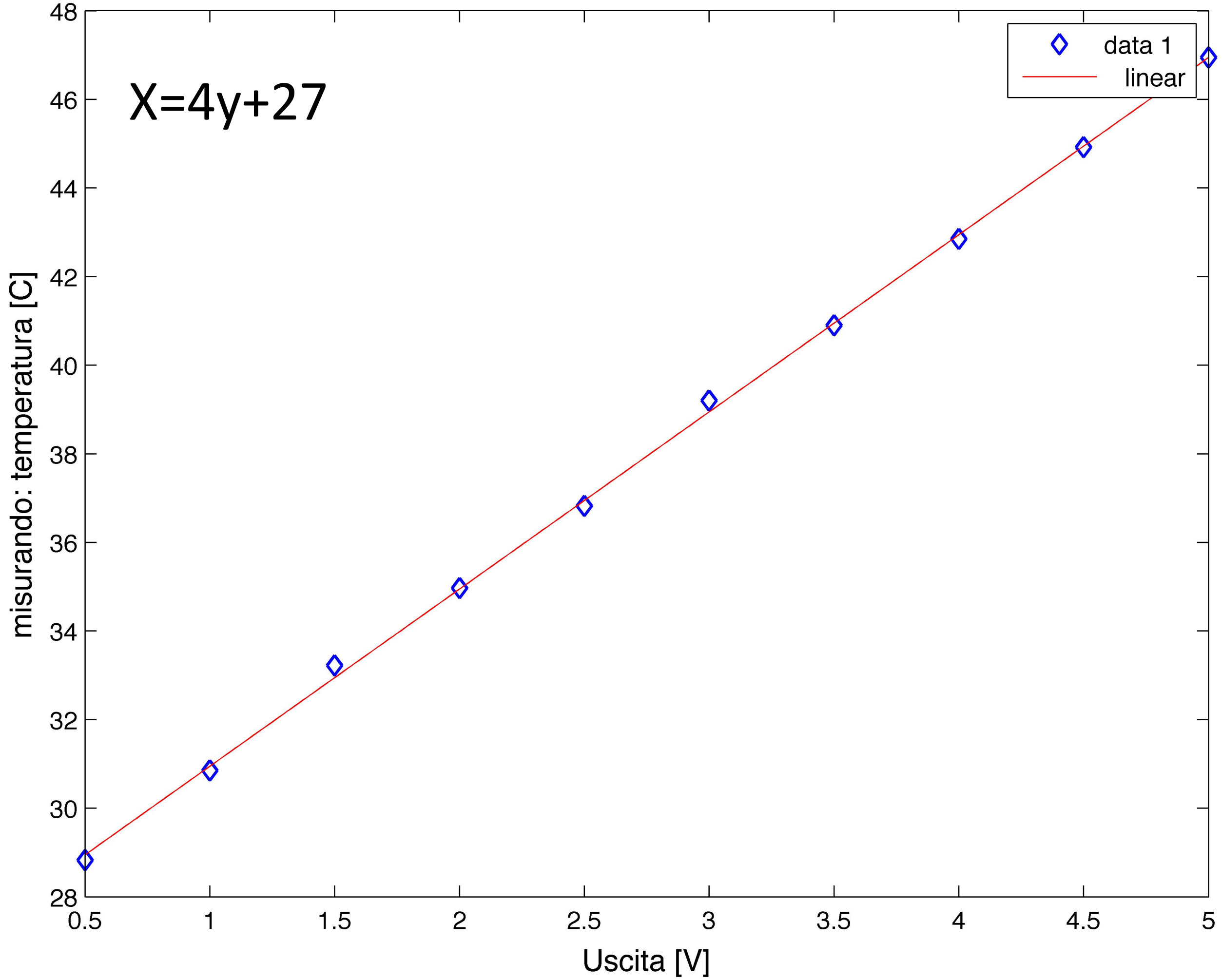


Incertezza di taratura

- Assoluta
  - Massima ampiezza fascia di taratura: 2.5 C
- Relativa:
  - Rispetto al valore centrale fascia: 0.069 (6.9%)
  - Rispetto al fondo scala (50C): 0.050 (5%)
  - Nota: spesso I costruttori si mettono nel caso migliore

Linearità

- Interpolazione lineare della curva di taratura(linearità indipendente)



Linearità/Offset

- Linearità 0.22 C
  - Massimo scostamento dalla retta (ottenuto per y=1.5V)

$$\left|4 \cdot 1.5 + 27 - 33.22\right| = 0.22$$

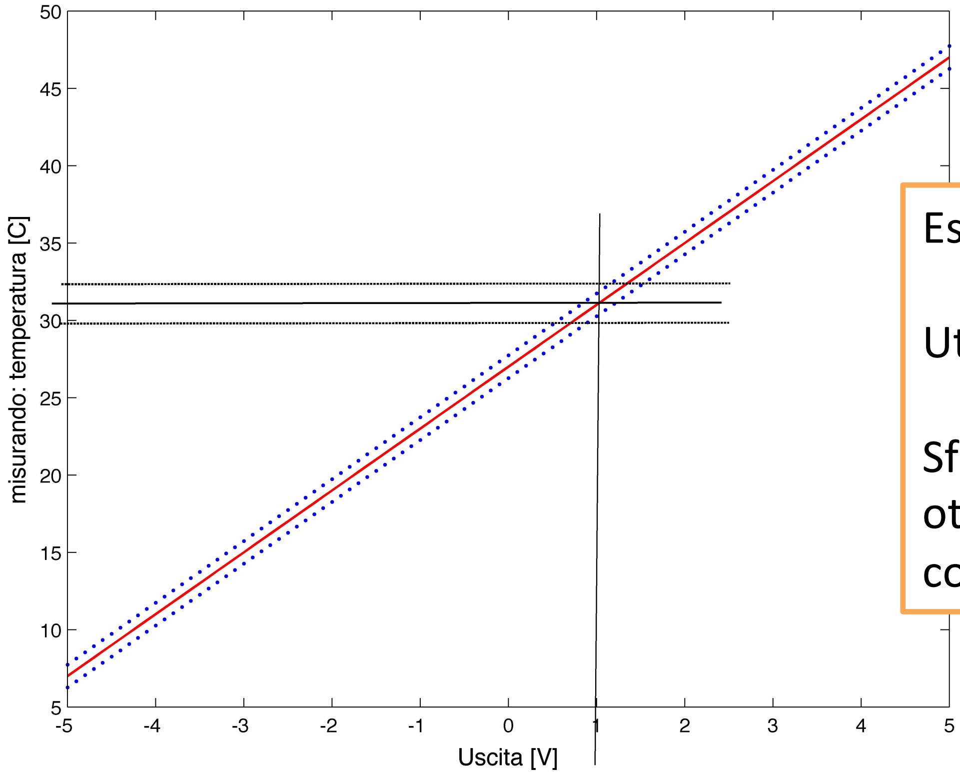
  - Equazione fitting x=4y+27
  - Costante di taratura: 4 C/V
- Offset
  - Uscita con misurando nullo: 4y+27=0 -> y=-6.75V

Dati del costruttore

- Costante di taratura 4 C/V
- sensibilità 0.25 V/C
- Linearità 0.22 C
  - dovrebbe dirci in che modo interpola la retta, ma non sempre lo fa! (di solito usa la tecnica che dà una linearità migliore)
- Offset -6.75 V
  - Oppure uscita per un determinato valore di V
- Accuratezza relativa sul fondo scala di 50C di 0.05 V

Determinazione dell'errore di stima

- Ampiezza della fascia
  - Somma dei contributi di linearità e di accuratezza: 2*0.22C +0.05*50C=2.94C
  - Plotto la retta x=4x+27 considerando una fascia di errore di ampiezza 2.94C



Esempio: come interpreto un'uscita di 1V ?

Utilizzando la relazione lineare ottengo x=31 C

Sfruttando la larghezza della fascia di 2.94C ottengo che la temperatura misurata è compresa tra 31+-2.94/2C

Calcolo della Linearità

$$x = m \cdot y + q$$

- Riferita agli estremi

$$\begin{cases} m \cdot 0.5 + q = 28.82 \\ m \cdot 5 + q = 46.95 \end{cases}$$

Ricavo m=4, q=26.8

$$x = 4 \cdot y + 26.8$$

Calcolo della Linearità

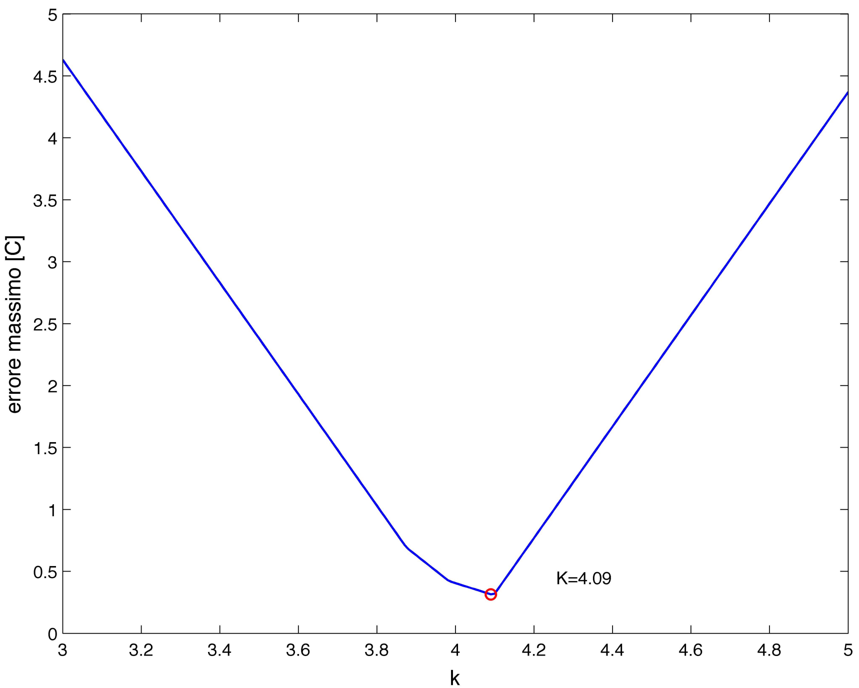
- Riferita allo zero $x - 28.82 = k \cdot (y - 0.5)$

Faccio variare k fino minimizzare il massimo valore assoluto degli scostamenti

$$\varepsilon_i = \left| k \cdot (Y_i - 0.5) + 28.82 - X_{CTi} \right|$$

$$\varepsilon_5 = \left| k \cdot (3 - 0.5) + 28.82 - 39.20 \right|$$

Esempio partendo dal coefficiente angolare ricavato nel caso riferito agli estremi faccio variare k nell'intervallo [3,5] a passi di 0.01.



Ottengo k=4.09 da cui ricavo la retta di regressione:

$$x = 4.09 \cdot y + 26.77$$

Calcolo della Linearità

- Minimi quadrati

$$x = m \cdot y + q$$

Minimizzo la quantità

$$R = \sum_i \left(m \cdot Y_i + q - X_{CTi} \right)^2$$

Soluzione data da

$$m = \frac{N \sum_i X_i Y_i - \sum_i X_i \sum_i Y_i}{N \sum_i Y_i^{\ 2} + \left(\sum_i Y_i \right)^2}$$

Otteniamo m=3.99, q=26.95

$$x = 3.99 \cdot y + 26.95$$

$$q = \frac{\sum_i X_i \sum_i (Y_i)^2 - \sum_i Y_i \sum_i X_i Y_i}{N \sum_i Y_i^{\ 2} + \left(\sum_i Y_i \right)^2}$$