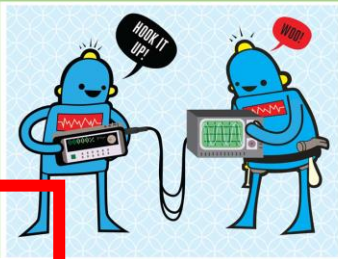


Destreggiarsi in un laboratorio
di misure elettroniche

GENERATORE DI SEGNALI



OSCILLOSCOPIO



https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/190m_ITA_B_W.PDF

MULTIMETRO/
TESTER DIGITALE



SCHEDE DI
ACQUISIZIONE
(DAQ)



ALIMENTATORE
DA BANCO

Laboratorio N.1

Misure di resistenza con multimetro digitale ... Tiriamo le somme!

Misure e Acquisizione di Dati Biomedici

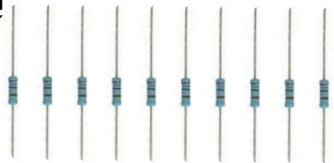
Sarah Tonello, PhD

Dipartimento di ingegneria dell'informazione

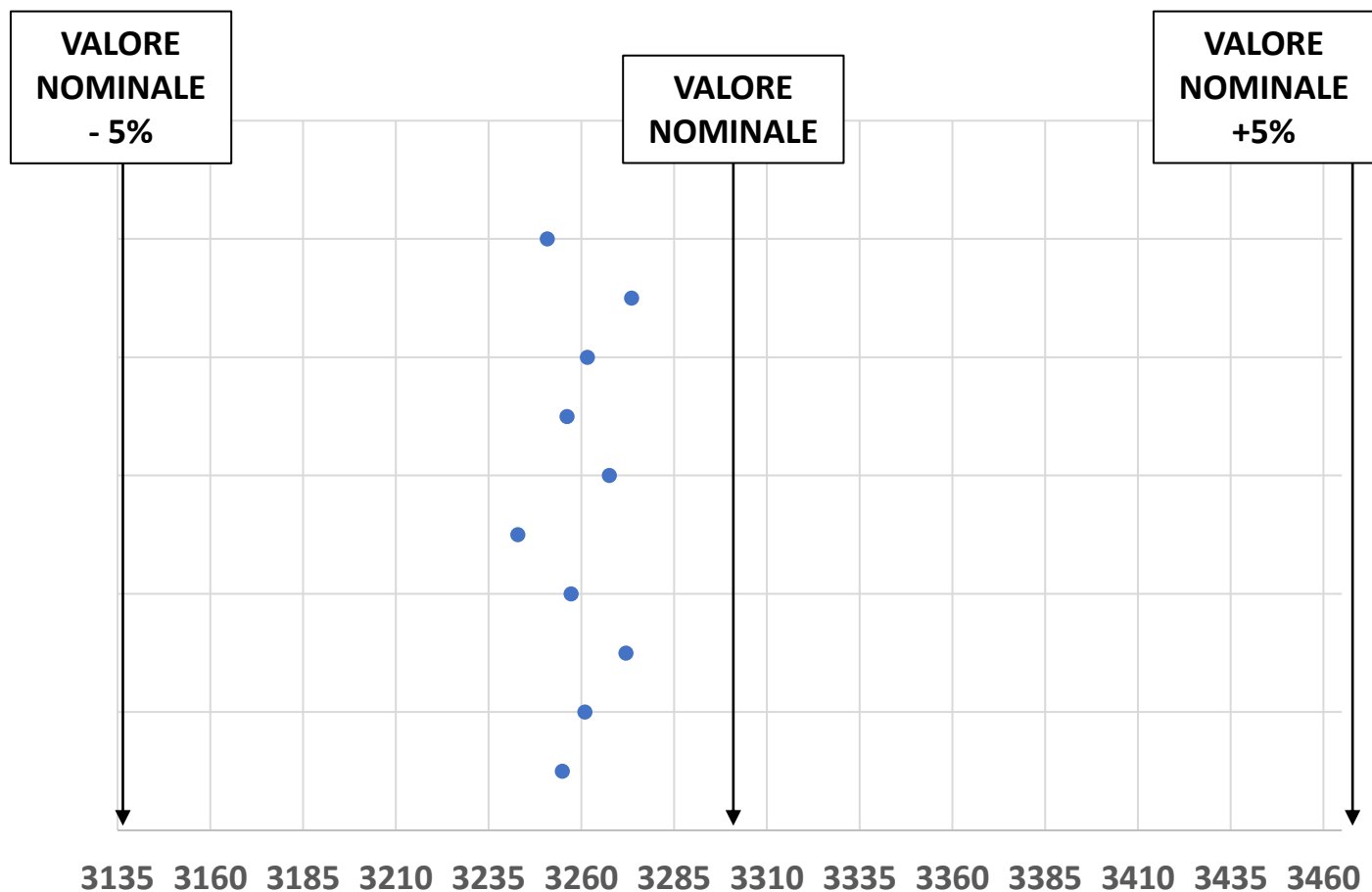
Universita di Padova

Valutazione dell'incertezza strumentale e della variabilità di produzione

10 RESISTORI DIVERSI di
UGUALE VALORE
NOMINALE →
Esempio $3300 \pm 165 \Omega$



Media Misure	Dev St (Ω)	Incertezza strumento (Ω)
3259.72	9.51	0.4260



Take home messages:

- 1) Incertezza strumentale ($U_{rel}=0.01\%$) di entità nettamente inferiore rispetto alla variabilità di produzione ($RSD=0.29\%$)
- 2) Variabilità di produzione caratterizzata da una deviazione standard che è contenuta nei limiti massimi fissati dalla tolleranza del componente.
- 3) Tra i contributi a cui è legata la dispersione intorno alla media delle misure ci sono anche le incertezze legate alle operazioni di misura (cambio setup)
- 4) Oltre alla variabilità di produzione, il tempo e la frequenza di utilizzo dei componenti rappresentano fattori aggiuntivi che possono contribuire ad aumentare la dispersione dei valori misurati rispetto al valore nominale.

Riproducibilità misura di un singolo resistore

MODELLO MULTIMETRO:	MISURA:	INCERTEZZA STRUMENTALE ASSOLUTA:	INCERTEZZA STRUMENTALE RELATIVA
34401A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1478.6	0.2479	0.0168
34461A	1478.6	0.2479	0.0168
34461A	1477.2	0.2477	0.0168
34461A	1478.1	0.2478	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1478.4	0.2478	0.0168
34461A	1478.3	0.2478	0.0168
34461A	1478.49	0.2478	0.0168
34461A	1478.64	0.2479	0.0168
3478A	1478.36	0.2366	0.0160
34461A	1478.54	0.2479	0.0168

Per modelli 34401A e 34461A

accuracy specifications: $\pm(\% \text{ of reading} + \% \text{ of range})$

10 k Ω

0.010 + 0.001

Fondo
scala
usato

Esempio per misura 1479 Ohm

$$= (0.01/100) * 1479 + (0.001/100) * 10000$$

$$= 0.2479 \quad (U \text{ rel} = 0.0168\%)$$

Per modello 3478A

Measurement Accuracy:

$\pm(\% \text{ of reading} + \text{number of counts})$

3k – 300k Ω

0.016 + 2

risoluzione

Esempio per misura 1478.46 Ohm

$$= (0.016/100) * 1478.46 + 2 * 0.00001 =$$

$$0.2365 \quad (U \text{ rel} = 0.0160\%)$$

Riproducibilità misura di un singolo resistore

MODELLO MULTIMETRO:	MISURA:	INCERTEZZA STRUMENTALE ASSOLUTA:	INCERTEZZA STRUMENTALE RELATIVA
34401A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1479	0.2479	0.0168
34461A	1478.6	0.2479	0.0168
34461A	1478.6	0.2479	0.0168
34461A	1477.2	0.2477	0.0168
34461A	1478.1	0.2478	0.0168
34461A	1478	0.2478	0.0168
34461A	1478.4	0.2478	0.0168
34461A	1478.3	0.2478	0.0168
34461A	1478.49	0.2478	0.0168
34461A	1478.64	0.2479	0.0168
3478A	1478.36	0.2366	0.0160
34461A	1478.54	0.2479	0.0168



Media Xm	1478.46	Media U	0.2472
StDev	0.48	Incertezza relativa	
RSD (StDev/Media)%	0.03	(U/Media)%	0.02

Take home messages:

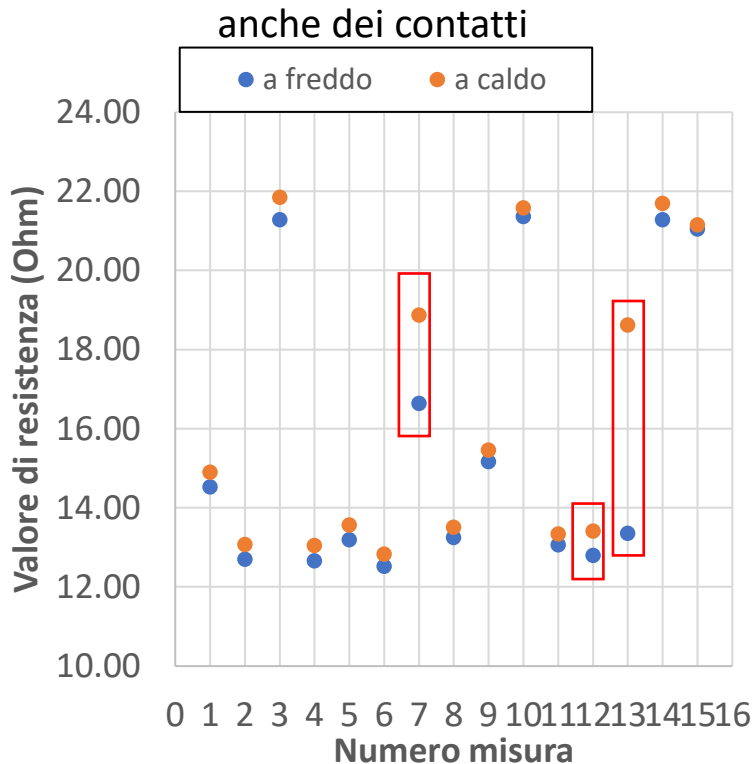
- 1) In una misura ripetuta da **diversi operatori con diversi strumenti di uno stesso resistore** le fonti di incertezza globali (**racchiuse dal valore della stdev o RSD (STDev/Media)%**) sono:
 - Contributo assoluto dell'incertezza strumentale
 - Diversa incertezza strumentale
 - Diversità dell'operatore
 - Diversità del setup di misura
- 2) La RSD calcolata tenendo conto della standard deviation dei valori (**0.03%**) è superiore all'incertezza relativa (**0.02%**) perchè oltre all'incertezza strumentale racchiude altri fattori di incertezza.

Riproducibilità misure su sensori di temperatura simili

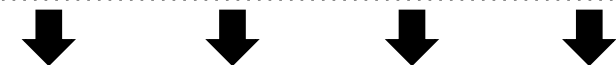
MISURA "A FREDDO" (Ω):	MISURA "A CALDO" (Ω):	DELTA	$((R-R_0)/R_0)\%$
14.53	14.90	0.37	2.55
12.70	13.07	0.37	2.88
21.29	21.85	0.56	2.65
12.66	13.05	0.39	3.07
13.19	13.57	0.37	2.81
12.52	12.83	0.31	2.48
16.64	18.87	2.23	13.40
13.25	13.51	0.26	1.92
15.17	15.46	0.29	1.93
21.36	21.58	0.22	1.04
13.06	13.34	0.27	2.10
12.80	13.41	0.62	4.83
13.36	18.62	5.26	39.40
21.29	21.70	0.41	1.94
21.05	21.15	0.10	0.49

OUTLIERS

OUTLIERS: valori molto distanti dal trend dei dati, probabilmente per: diverse temperature scaldamani, misura dopo più tempo, modifica adesione dei contatti, rscaldamento



MISURA "A FREDDO" (Ω):	MISURA "A CALDO" (Ω):	DELTA	$((R-R_0)/R_0)\%$
14.53	14.90	0.37	2.55
12.70	13.07	0.37	2.88
21.29	21.85	0.56	2.65
12.66	13.05	0.39	3.07
13.19	13.57	0.37	2.81
12.52	12.83	0.31	2.48
13.25	13.51	0.26	1.92
15.17	15.46	0.29	1.93
21.36	21.58	0.22	1.04
13.06	13.34	0.27	2.10
21.29	21.70	0.41	1.94
21.05	21.15	0.10	0.49



Media	16.01	16.33	0.33	2.16
St Dev	3.94	3.94	0.11	0.77
RSD %	24.64	24.15	34.71	35.51

Incertezza strumentale assoluta: 2 mOhm

Incertezza strumentale relativa: 0.01 %

Riproducibilità misure su sensori di temperatura simili

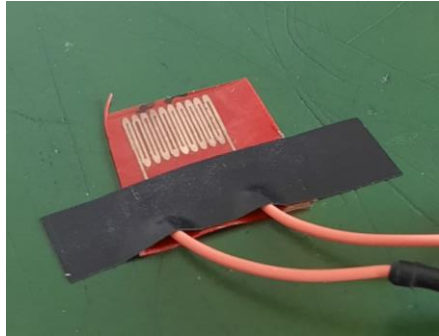
MISURA "A FREDDO" (Ω):	MISURA "A CALDO" (Ω):	DELTA	((R-R0)/R0)%	
14.53	14.90	0.37	2.55	
12.70	13.07	0.37	2.88	
21.29	21.85	0.56	2.65	
12.66	13.05	0.39	3.07	
13.19	13.57	0.37	2.81	
12.52	12.83	0.31	2.48	
13.25	13.51	0.26	1.92	
15.17	15.46	0.29	1.93	
21.36	21.58	0.22	1.04	
13.06	13.34	0.27	2.10	
21.29	21.70	0.41	1.94	
21.05	21.15	0.10	0.49	
Media	16.01	16.33	0.33	2.16
St Dev	3.94	3.94	0.11	0.77
RSD %	24.64	24.15	34.71	35.51

Take home messages:

- 1) In una misura ripetuta da diversi operatori con diversi strumenti su diversi sensori di temperatura stampati le fonti di incertezza globali (**racchiuse dal valore della stdev o RSD (STDev/Media)%**) sono:
 - Contributo assoluto dell'incertezza strumentale
 - Diversa incertezza strumentale
 - Diversità dell'operatore
 - Diversità del setup di misura + **contatto dei cavi con sensore**
 - Incertezza legata al **processo di stampa**
 - Incertezza legata alle **fonti di calore**
- 2) La numerosità delle fonti di incertezza evidenzia quanto sia **fondamentale in una caratterizzazione applicare un protocollo quanto più standardizzato possibile** per limitare l'errore.
- 3) La **RSD calcolata tenendo conto della standard deviation** dei valori (**24.64 %**) è nettamente predominante **all'incertezza relativa strumentale (0.01%)**, che pertanto può essere considerata trascurabile.

Confronto risultati con caratterizzazione completa

Caratterizzazione rigorosa eseguita precedentemente in laboratorio da singolo operatore sugli stessi sensori



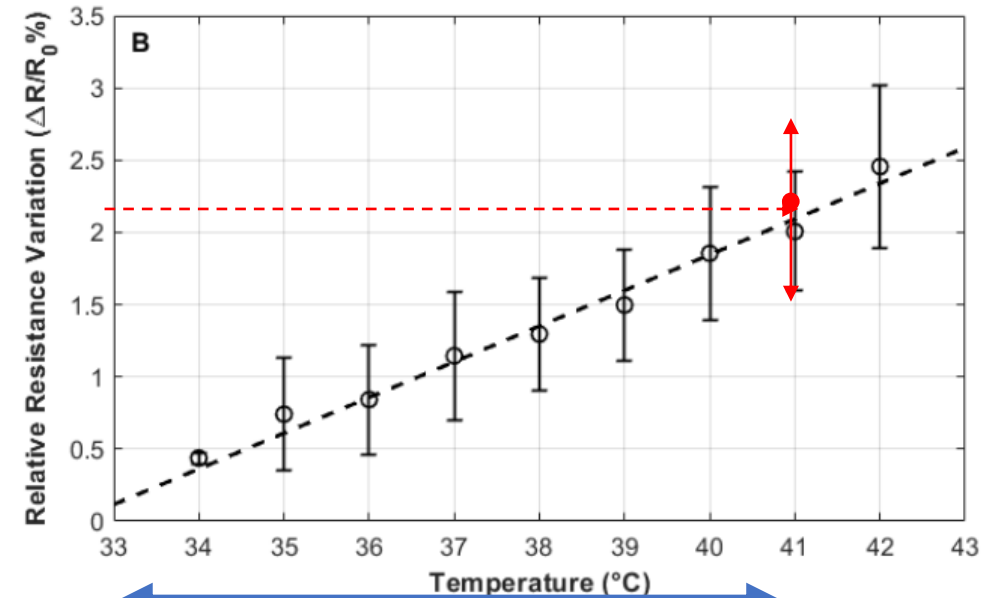
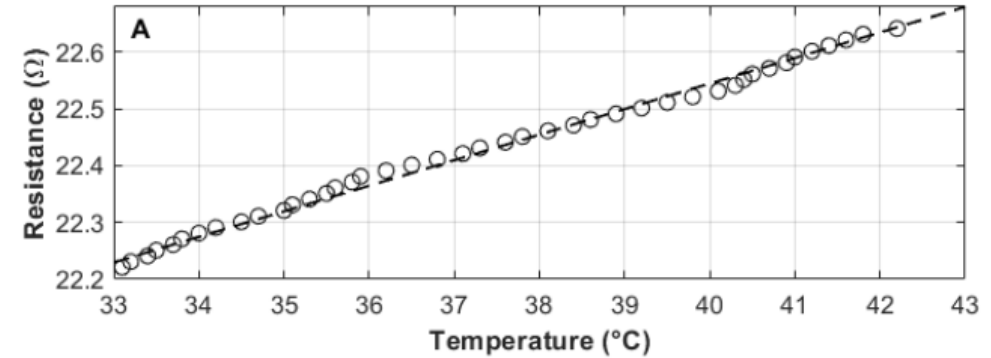
27 °C



$\Delta = 8 \text{ }^\circ\text{C}$

35 °C

$$\left(\frac{R-R_0}{R_0}\right)\% = 2.16 \pm 0.77$$



$\Delta = 8 \text{ }^\circ\text{C}$