



# **CORSO DI MISURE ELETTRONICHE**

**a.a. 2020/2021**

**Docente: PROF. ING. PASQUALE DAPONTE**

**ELABORATO RELATIVO ALL'ESERCITAZIONE N. 1**

**“INCERTEZZA DI TIPO A e B”**

**EFFETTUATA DAGLI STUDENTI DEL GRUPPO N.13 COMPOSTO DA:**

***BOCCHINO Daniele***

***matr. 863000271***

***CROVELLA Alessio***

***matr. 862002168***

***RANAURO Giuliano***

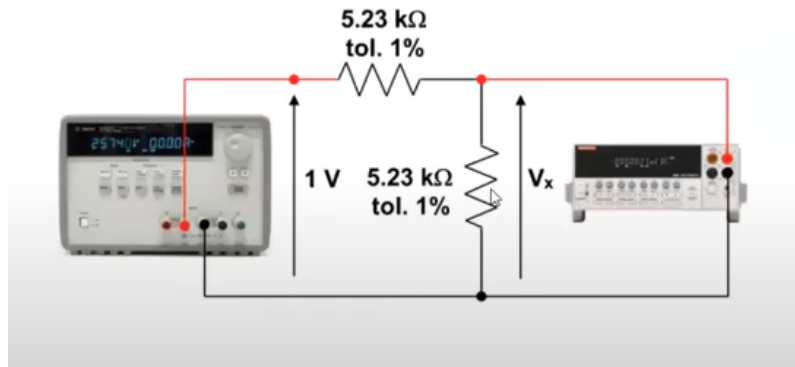
***matr. 863002135***

***RICCIUTO Luigi***

***matr. 863002184***

# Incertezza Di Tipo A e B

Si consideri il circuito in Figura, esso è formato da due resistenze di identico valore pari a 5,23 k $\Omega$  e da un generatore di tensione continua pari a 1 V.



Tale circuito implementa un partitore di tensione. Se risolviamo il circuito, analiticamente, otteniamo che la tensione  $V_{out}$ , in uscita dal partitore di tensione, ha un'ampiezza pari a 0,5V.

Nell'esperienza il sistema di misura si compone del generatore di tensione continua **Agilent E3634A** e del multimetro **Keithley 2000**.

## Descrizione dei collegamenti effettuati.

L'esperienza prevede il collegamento di due resistori in serie di egual valore pari a 5,23 k $\Omega$  ad un generatore di tensione in continua da un 1V. Vengono, pertanto, collegati ad una breadboard questi due resistori in serie e a seguire il generatore di tensione ovvero l'alimentatore stabilizzato e il multimetro sopra citati, come da immagine esemplificativa.

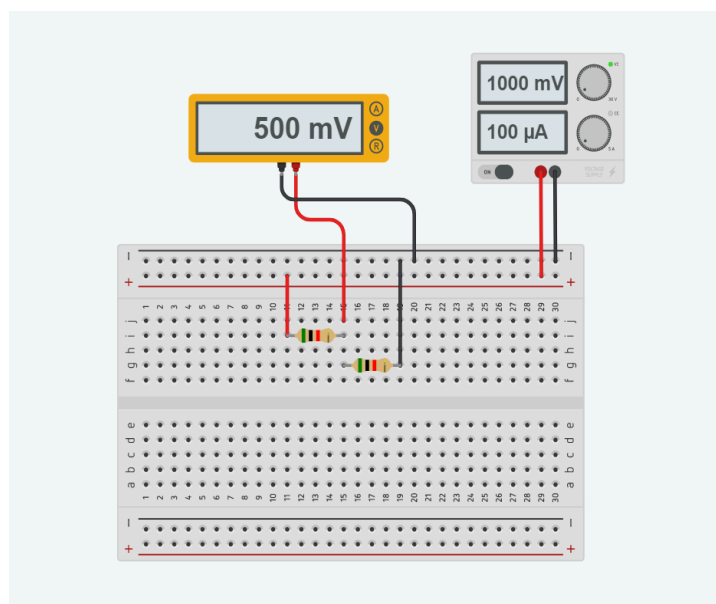


Immagine 1: Schema di collegamento dei componenti elettronici

(l'immagine è una simulazione ed i valori non associati all'esercitazione)

Una volta effettuati i collegamenti, viene attivato il multimetro in modalità voltmetro e si osservano delle variazioni dei valori su di esso e sull'alimentatore.

Si avvia la misurazione che viene eseguita in remoto mediante interfaccia web e si scarica il file .csv generato di seguito riportato.

## Valutazione incertezza di tipo A

n.	Tensione [V]	n.	Tensione [V]
1	0,507333	16	0,507359
2	0,507328	17	0,507359
3	0,507330	18	0,507354
4	0,507337	19	0,507355
5	0,507344	20	0,507356
6	0,507348	21	0,507356
7	0,507359	22	0,507356
8	0,507358	23	0,507359
9	0,507359	24	0,507357
10	0,507363	25	0,507357
11	0,507362	26	0,507355
12	0,507366	27	0,507353
13	0,507365	28	0,507350
14	0,507358	29	0,507351
15	0,507358	30	0,507351

Tabella 1: Valori Misurati

A seguito delle 30 misure effettuate, come prima analisi si procede andando a valutare l'incertezza di **tipo A**

### MEDIA CAMPIONARIA:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{N} = 507,353 \text{ mV}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{30} V_i$$

### SCARTO SPERIMENTALE:

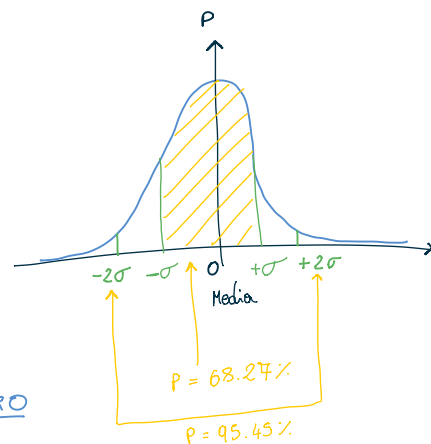
$$s(\bar{V}) = \frac{s(V)}{\sqrt{N}}$$

$$\text{con } s(V) = \sqrt{S^2} = S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{30} (V_i - \bar{V})^2}$$

$$s(V) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2} = 0,010 \text{ mV};$$

SCARTO SPERIMENTALE DELLA MEDIA:

$$s(\bar{V}) = \frac{s(V)}{\sqrt{N}} = 0,002 \text{ mV}; \quad \text{INCERTEZZA "A"} \quad \underline{2 \mu\text{V}}$$



INCERTEZZA ESTESA CON FATTORE DI COPERTURA K=2:

$$U(\bar{V}) = 2 \cdot s(\bar{V}) = 0,000004 \text{ V}; = \underline{4 \mu\text{V}} \quad \text{MICRO}$$

$\uparrow$  2 SIGMA

INCERTEZZA RELATIVA:

$$u(\bar{V}) = \frac{\overset{\text{INCERTEZZA}}{U(\bar{V})}}{\underset{\text{MEDIA}}{\bar{V}}} \cdot 100 = 0,000788\%;$$

MISURA OTTENUTA:

$$V_{out} = \underset{\text{MEDIA}}{(0,507353)} \pm \overset{\text{INCERTEZZA}}{(0,000004)} \text{ V};$$

## Incertezza di tipo B

**DC Voltage Uncertainty:**  $= \pm [ (\text{ppm of reading}) \times (\text{measured value}) + (\text{ppm of range}) \times (\text{range used}) ] / 1,000,000$ .

**% Accuracy:**  $= (\text{ppm accuracy}) / 10,000$ .

**1ppm of Range:**  $= 20 \text{ counts for ranges up to } 200\text{V and } 10 \text{ counts on } 1000\text{V range at } 7\frac{1}{2}\text{-digits.}$

**NORMAL ACCURACY<sup>10</sup> – 1PLC, DFILT OFF**

Range	Full Scale	Resolution	Input Resistance	Relative Accuracy ±(ppm of reading + ppm of range)				Temperature Coefficient ±(ppm of reading + ppm of range)/°C Outside T <sub>CAL</sub> ±5°C
				24 Hours <sup>6</sup>	90 Days <sup>7</sup>	1 Year <sup>7</sup>	2 Years <sup>7</sup>	
200mV <sup>8</sup>	±210.0mV	10nV	>100GΩ	3.5 + 6	15 + 11	19 + 12	23 + 13	2 + 1.8
2V <sup>8</sup>	±2.10V	100nV	>100GΩ	1.2 + 0.6	6 + 1.1	10 + 1.2	14 + 1.3	0.2 + 0.18
20V	±21.0V	1μV	>100GΩ	3.2 + 0.35	8 + 0.4	12 + 0.4	16 + 0.4	0.3 + 0.02
200V	±210.0V	10μV	10MΩ ±1%	5 + 1.2	14 + 2.8	22 + 2.8	30 + 2.8	1.5 + 0.3
1000V <sup>9</sup>	±1100.0V	100μV	10MΩ ±1%	5 + 0.4	14 + 0.7	22 + 0.7	30 + 0.7	1.5 + 0.06

PPM Read

PPM Range

Consultando i valori della tabella dello strumento, e basandosi sul tempo trascorso dall'ultimo certificato di taratura, viene scelto il valore 0,507363 V:

**CASO A** TRAMITE SPEC SHEET STRUMENTO

**INCERTEZZA:**

$$U(V_{out}) = \underbrace{14}_{\text{PPM Read}} \cdot \underbrace{0,507363\text{V}}_{\text{PPM Range}} + \underbrace{1,3}_{\text{Range Usato}} \cdot \underbrace{2\text{V}}_{\text{Range Usato}} / 1000000 = 9,703082 \cdot 10^{-6} = 0,0000097038\text{V} = 0,000010\text{V};$$

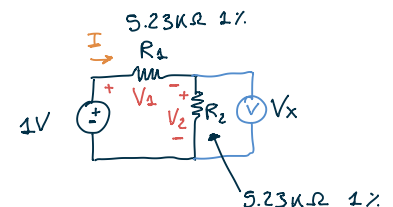
Per fattore di copertura **k=2** si ottiene un'**INCERTEZZA ESTESA** pari a: 0,000020 V;  
~ 95%

La misura che si ottiene è:  $V_{out} = (0,507363 \pm 0,000020) \text{ V};$

**CASO B** TRAMITE MISURA INDIRETTA

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 0,502 \text{ V}; \text{ Dove } V_{in} = 1,003 \text{ V};$$

$$R_1 = R_2 = R;$$



$$V_x = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.5 \text{ V} (V_{in} = 1 \text{ V})$$

Parameter		Agilent E3633A	Agilent E3634A
Output Ratings (@ 0 °C - 40 °C)	Low Range	0 to +8 V/0 to 20 A	0 to +25 V/0 to 7 A
	High Range	0 to +20 V/0 to 10 A	0 to +50V/0 to 4 A
Programming Accuracy <sup>[1]</sup> 12 months (@ 25 °C ± 5 °C), ±(% of output + offset)	Voltage	0.05% + 10 mV	
	Current	0.2% + 10 mA	
Readback Accuracy <sup>[1] [2]</sup> 12 months (over GPIB and RS-232 or front panel with respect to actual output @ 25 °C ± 5 °C), ±(% of output + offset)	Voltage	0.05% + 5 mV	
	Current	0.15% + 5 mA	
Ripple and Noise (with outputs ungrounded, or with either output terminal grounded, 20 Hz to 20 MHz)	Normal mode voltage	<0.35 mV rms and 3 mV p-p	<0.5 mV rms and 3 mV p-p
	Normal mode current	<2 mA rms	
	Common mode current	<1.5 uA rms	

$$U_{V_{in}} = (0,05\% \text{ of } 1,003 \text{ V} + 5 \text{ mV}) = 0,006 \text{ V};$$

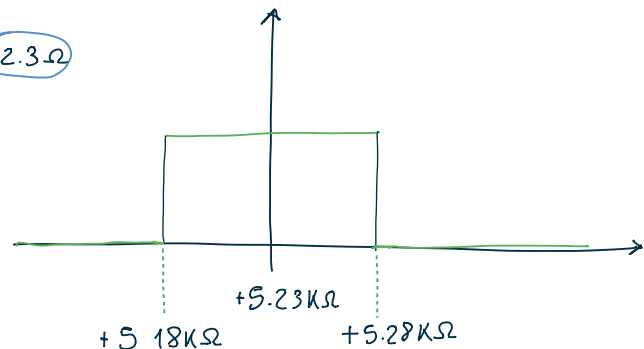
L'incertezza riguardante i valori di resistenza può essere calcolata considerando le tolleranze associate ai valori di resistenza, pari all'1% del valore nominale, e associando una distribuzione uniforme per i valori assunti dalla resistenza nell'intervallo da 5.23kΩ a ± 1%;

$$L_D \quad 5.23 \text{ k}\Omega \pm 52.3 \Omega$$

Incetezza di R:  $U_R =$

$$U_R = U_{R_1} = U_{R_2} = 30 \Omega;$$

INCERTEZZA:  $U_{V_{out}}$



$$\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)^2 \cdot (U_{V_{in}})^2 + \left(-\frac{V_{in} \cdot R_2}{(R_1+R_2)^2}\right)^2 \cdot (U_{R_1})^2 + \left(\frac{V_{in} \cdot R_1}{(R_1+R_2)^2}\right)^2 \cdot (U_{R_2})^2 =$$

$$U_{V_{out}}^2 = \frac{(U_{V_{in}})^2}{4} + \frac{(U_R)^2}{8 \cdot R^2} \cdot (V_{in})^2;$$

$$\Rightarrow U_{V_{out}} = 0,003 \text{ V};$$

# INCERTEZZA B CASO A

1) Si consulta il manuale dello strumento e si prelevano le incertezze per il range di INPUT

ES:  $V_{in} \approx 1V \Rightarrow$

Range	Full Scale	Resolution	Input Resistance	Relative Accuracy ±(ppm of reading + ppm of range)				Temperature Coefficient ±(ppm of reading + ppm of range)/°C Outside T <sub>cal</sub> ±5°C
				24 Hours*	90 Days*	1 Year*	2 Years*	
200mV <sup>†</sup>	±210.0mV	10nV	>100GΩ	3.5 + 8	15 + 11	19 + 12	23 + 13	2 + 1.8
20V	±2.10V	100nV	>100GΩ	1.2 + 0.6	6 + 1.1	10 + 1.2	14 + 1.3	0.2 + 0.18
200V	±21.0V	1μV	>100GΩ	3.2 + 0.35	8 + 0.4	12 + 0.4	16 + 0.4	0.3 + 0.02
1000V <sup>†</sup>	±110.0V	10μV	10MΩ ±1%	5 + 1.2	14 + 2.8	22 + 2.8	30 + 2.8	1.5 + 0.3
	±1100.0V	100μV	10MΩ ±1%	5 + 0.4	14 + 0.7	22 + 0.7	30 + 0.7	1.5 + 0.06

PPH Read

PPM Range

2) Si ricava la formula

**DC Voltage Uncertainty:**  $= \pm [(\text{ppm of reading}) \times (\text{measured value}) + (\text{ppm of range}) \times (\text{range used})] / 1,000,000$

% Accuracy:  $= (\text{ppm accuracy}) / 10,000$

1ppm of Range:  $= 20 \text{ counts for ranges up to } 200V \text{ and } 10 \text{ counts on } 1000V \text{ range at } 7\frac{1}{2}\text{-digits.}$

3) Calcolo incertezza ed Arrotondamento a 6cs

INCERTEZZA:

Misura a caso

PPH Read

PPM Range

Range Usato

$$U(V_{out}) = \underbrace{14}_{\text{PPH Read}} \cdot \underbrace{0.507363V}_{\text{Misura a caso}} + \underbrace{1.3}_{\text{PPM Range}} \cdot \underbrace{2V}_{\text{Range Usato}} / 1000000 = 9.703082 \cdot 10^{-6} = 0.0000097038 V = 0.000010 V;$$

• INCERTEZZA LETURA :  $W_R = \frac{14}{100} \cdot 5V = 0.0055V \text{ (ES)}$

• INCERTEZZA LETURA :  $W_S = \frac{1.3}{100} \cdot 10V = 0.0050V \text{ (ES)}$

Fondo scala

MISURA:  $5V \pm (0.0055 + 0.0050) V$

Per fattore di copertura  $k=2$  si ottiene un'INCERTEZZA ESTESA pari a: 0,006 V;

La misura che si ottiene è:  $V_{out} = (0,502 \pm 0,006) V$ ;

57  
49

**Tipo A:**  $(0,507353 \pm 0,000004) V$ ;  $(0,507349 < V_{out} < 0,507357) V$ ;

**Tipo B:**  $(0,507363 \pm 0,000020) V$ ;  $(0,507343 < V_{out} < 0,507383) V$ ;

**Misura indiretta:**  $(0,502 \pm 0,006) V$ ;  $(0,496 < V_{out} < 0,508) V$ ;

Tutte le coppie di misure sono tra loro compatibili.

