

# 1. Scopo dell'esperienza.

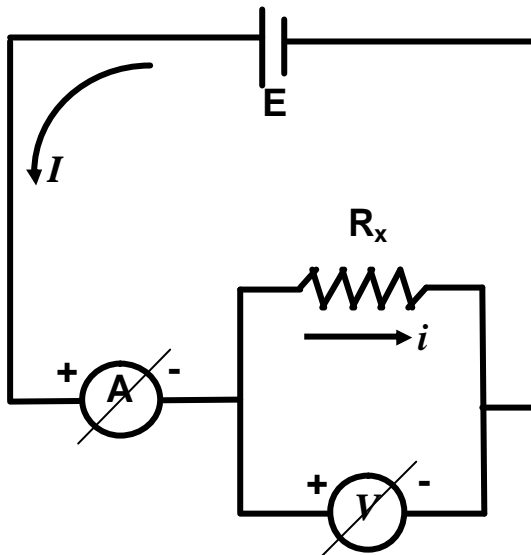
Lo scopo di questa esperienza è ricavare la misura di tre resistenze il cui ordine di grandezza varia tra i  $10^2$  e  $10^4$  Ohm utilizzando il metodo Volt-Amperometrico. Tale misura viene realizzata per mezzo di due circuiti.

Lo scopo dell'esperienza è altresì determinare, al variare della resistenza incognita, quale circuito rileva una misura della grandezza più accurata in base alla configurazione che fornisce il risultato più simile al valore rilevato dal tester (valore che tuttavia è del tutto indicativo se si tiene conto che anche il tester può essere soggetto ad errori di tipo sistematico e che considereremo utile solo al fine di dare una stima non troppo precisa del valore della resistenza) e in base all'errore di misura. Alla fine di ogni coppia di elaborazioni relative alla stessa resistenza intersecheremo i due range di misura trovati per ottenere un terzo risultato compatibile con i risultati di entrambi gli schemi.

Oltre a ciò il confronto dei dati sperimentali da noi ottenuti (reali), riportati in un grafico cartesiano, ci darà una stima qualitativa della validità delle leggi di Kirchoff (teoriche) applicate al nostro apparato sperimentale.

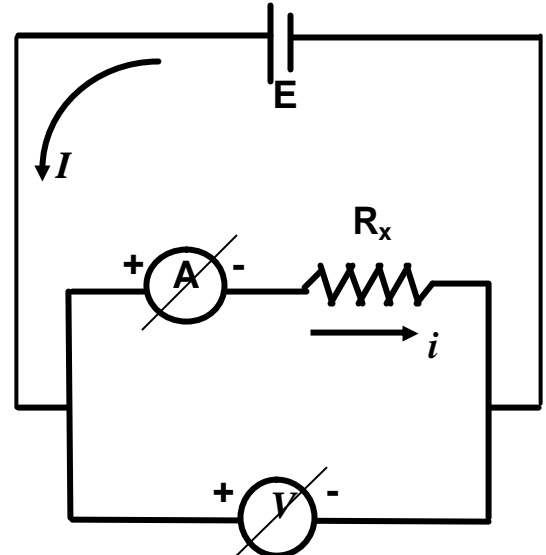
## 2. Descrizione dell'apparato sperimentale.

Per realizzare le nostre misure ci siamo avvalsi di due circuiti denominati nelle figure (fig. 1 e 2) come circuito A e circuito B. Nel circuito



**A**

*Fig. 1:* Circuito A

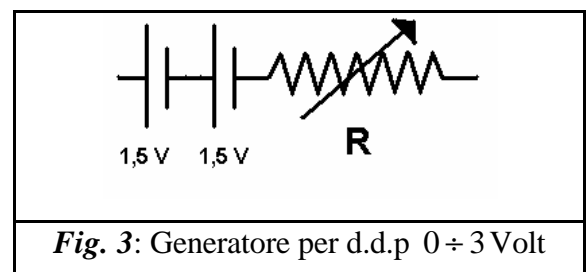


**B**

*Fig. 2:* Circuito B

A utilizziamo un generatore E mettendo in parallelo la resistenza incognita  $R_x$  con un voltmetro ad assorbimento, i quali sono a loro volta collegati in serie con un amperometro ad assorbimento (Fig. 1); nel circuito B utilizziamo gli stessi strumenti collegando però questa volta l'amperometro e la resistenza in serie e aggiungendo il voltmetro in parallelo (Fig. 2).

Per le resistenze più grandi abbiamo utilizzato un generatore alimentato a corrente alternata, che fornisce una d.d.p. in continua variabile da circa 0 a 30 Volt. Per la resistenza più piccola, dovendo applicare differenze di potenziale minori abbiamo utilizzato due pile da 1,5 Volt ciascuna, collegate in serie tra di loro insieme



*Fig. 3:* Generatore per d.d.p 0 ÷ 3 Volt

ad una resistenza variabile (fig. 3), per modificare il valore del potenziale da un massimo di  $3 \pm 0,02$  Volt, ad un minimo rilevato di  $0,02 \pm 0,02$  Volt.

### 3. Presupposti teorici

Dette  $R_x$ ,  $R_v$  e  $R_A$  rispettivamente la resistenza incognita, la resistenza interna del voltmetro ad assorbimento e la resistenza interna dell' amperometro ad assorbimento, con  $E$  la d.d.p. fornita dal generatore, con  $V$  la lettura del voltmetro, con  $I$  l'intensità di corrente erogata da  $E$  e con  $i$  quella che attraversa la resistenza  $R_x$ , analizziamo i due circuiti.

Applicando le leggi di Kirchoff al primo circuito si deduce che:

$$\begin{cases} R_x i = V \\ -R_x i + (I - i)R_v = 0 \end{cases}$$

sistema di cui è soluzione:

$$R_x = \frac{VR_v}{I(R_v - \frac{V}{I})} = \frac{\frac{V}{I}}{1 - \frac{V}{IR_v}} \quad (1)$$

Applicando le leggi di Kirchoff al circuito B si ottiene invece:

$$\begin{cases} (I - i)R_v = V \\ -R_A i - R_x i + (I - i)R_v = 0 \end{cases}$$

che ha come soluzione:

$$R_x = \frac{V}{i} - R_A \quad (2)$$

Al fine di ricavare la resistenza incognita sarà utile utilizzare le seguenti formule ricavate rispettivamente dalla (1) e dalla (2):

$$I = \left( \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_v} \right) V \quad (3)$$

$$i = \frac{1}{R_x + R_A} V \quad (4)$$

$$V = \frac{R_x R_v}{R_x + R_v} I \quad (5)$$

$$V = (R_x + R_A) i \quad (6)$$

Dalla (3) si ricava banalmente che, nell'ipotesi in cui  $R_v \gg R_x$  (cioè che il voltmetro abbia resistenza molto più grande rispetto alla resistenza incognita, e che quindi tutta la corrente passi attraverso  $R_x$ ), si ha  $R_x = \frac{V}{I}$ .

Risultato del tutto analogo si ottiene dal circuito B nel caso in cui si verifichi  $R_A \ll R_x$  (il che comporta che tutta la caduta di potenziale letta sul voltmetro sia dovuta a  $R_x$ ), infatti dalla (4) si ricava subito che  $R_x = \frac{V}{i}$ .

## 4. Misure e loro elaborazione

In ognuna delle nostre elaborazioni considereremo costanti tutte le misure relative alle caratteristiche degli strumenti. Per ogni set di dati sperimentali effettueremo il best-fit fissando come variabile indipendente la misura avente errore relativo in media minore, in quanto l'analisi dei dati sperimentali mostra che l'errore relativo di una grandezza (in genere l'intensità di corrente), si mantiene, nella maggior parte dei set di misura, stabilmente al di sopra rispetto a quello dell'altra.

Poiché però la differenza fra gli errori relativi delle due grandezze non è in genere elevata (differiscono meno di un ordine di grandezza), in fase di elaborazione si è scelto di eseguire il best-fit anche fissando come variabile indipendente la grandezza con errore relativo maggiore, ottenendo comunque risultati del tutto analoghi.

Nei paragrafi 4.1, 4.2 e 4.3 (che si riferiscono all'elaborazione della resistenza da 8520 Ohm) cercheremo di spiegare in modo esaustivo ogni passaggio effettuato, riservandoci una maggiore sintesi, qualora i passaggi siano analoghi ai precedenti, nei paragrafi relativi alle altre due resistenze.

## 4.1 Resistenza da 8520 Ohm – Circuito A

Per rilevare i nostri dati sperimentali, abbiamo utilizzato un voltmetro e un amperometro (entrambi ad assorbimento) dei quali le caratteristiche di fabbricazione sono riportate in Tab. 1 e Tab. 2

I	V
0,0036	29
0,00365	29,6
0,00345	28
0,00335	27,2
0,00315	25,6
0,003	24,4
0,0028	22,6
0,0026	20,8
0,00235	18,8
0,0025	19,8
0,00215	17
0,00225	17,6
0,002	16
0,0018	14,4
0,0016	12,6
0,0014	11
0,0011	8,8
0,001	7,8
0,0008	6,2
0,00065	5
0,0005	3,8
0,0003	2,2
0,0001	0,8

**Tab. 3:** Dati Sperimentali, resistenza da 8520 Ohm – Circuito A

Voltmetro	
fondo-scala	
30	V
Resist. int. (tester)	
149,5	K $\Omega$
tarato con tacche #	
150	
EAMAP	
0,2	V
Classe di precisione	
0,5	

**Tab. 1:** Caratteristiche del voltmetro

Amperometro	
fondo-scala	
0,005	A
Resist. int. (tester)	
138,7	$\Omega$
tarato con tacche #	
100	
EAMAP	
0,00005	A
Classe di precisione	
0,5	

**Tab. 2:** Caratteristiche dell'amperometro

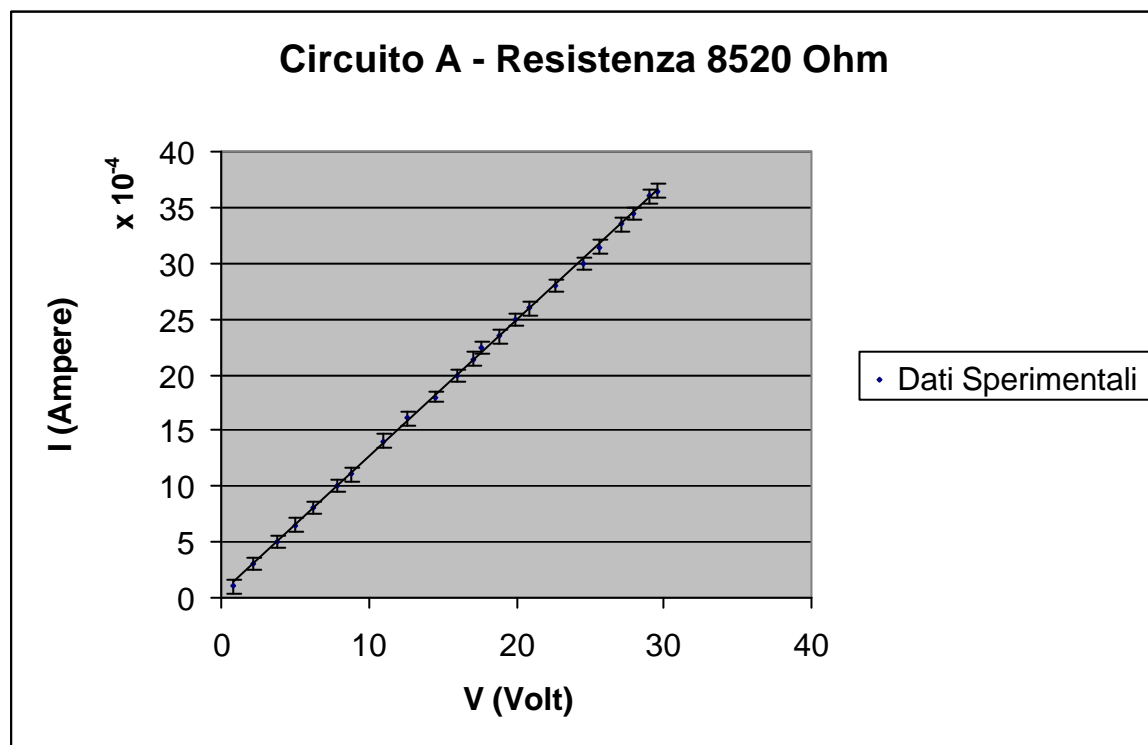
Con questa resistenza abbiamo utilizzato come generatore un alimentatore con differenza di potenziale variabile da 0 ÷ 30 Volt. Attraverso la variazione di quest'ultima abbiamo rilevato per mezzo del voltmetro e dell'amperometro i dati sperimentali riportati in Tabella 3.

L'analisi degli errori sperimentali rivela che l'errore relativo delle V è costantemente più piccolo, anche se non in modo del tutto apprezzabile, rispetto a quello delle I.

Applichiamo comunque il teorema della massima verosimiglianza ipotizzando che i nostri risultati seguano un andamento lineare (ipotesi supportata dalla (3) e dalla rappresentazione grafica dei dati sperimentali (fig.

4)) e che l'errore sulle V sia trascurabile rispetto a quello sulle I, riservandoci di eseguire poi un altro best-fit,  $V=f(I)$ , che ci dia un'idea della differenza fra i due risultati.

Sviluppando i calcoli si vede che risulta  $R_x = (8637 \pm 98)\Omega$ . Inoltre il calcolo delle costanti del best-fit rivela che il termine noto è pari a  $3,94942 \cdot 10^{-5} \pm 2,40174 \cdot 10^{-5}$  mentre il coefficiente angolare è pari a  $1,2247 \cdot 10^{-4} \pm 1,3089 \cdot 10^{-6}$ ; Il fatto che il termine noto sia circa uguale alla sensibilità di lettura dello strumento (amperometro) rivela che la (3) descrive abbastanza correttamente il fenomeno (nella (3) infatti il termine noto è assente).



**Fig. 4:** Dati Sperimentali – Resistenza 8520 Ohm – Circuito A

La retta ricavata dal best-fit descrive molto bene l'andamento dei dati sperimentali. Questo si deduce dal test del  $\chi^2$  dal quale si ricava  $\chi^2 = 1,42889E-05 \ll 23$ .

D'altro canto ciò è desumibile anche dal grafico  $I=f(V)$  (fig. 3) nel quale si vede che tutti i punti (con il loro errore) stanno nella retta del best-fit.

Si è effettuata quindi una misura dei coefficienti del best-fit e della resistenza incognita scegliendo come variabile indipendente l'intensità di corrente. Le elaborazioni effettuate mostrano che  $R_x = (8634 \pm 54)\Omega$ .

Il risultato è molto simile al best-fit precedente, fatta eccezione per l'errore di misura che è minore, verosimilmente, poiché l'errore di  $R_x$  tiene conto dell'errore sulla V (ora considerato dipendente) che è minore di quello sulla I (considerata dipendente nel primo best-fit).

La scelta della variabile indipendente del best-fit ha quindi influito non tanto sulla misura della resistenza, ma sull'errore ad essa associato. Intuitivamente la misura che si dovrebbe ottenere considerando gli errori su entrambi gli assi, dovrebbe essere simile a quella ottenuta nei due casi, ma con un errore maggiore all'errore del circuito A (cioè dell'errore più grande).

## 4.2 Resistenza da 8520 Ohm – Circuito B

Utilizzando i medesimi strumenti dell'esperimento 4.1 e sistemando il circuito secondo lo schema B abbiamo rilevato i dati riportati in tabella 4.

I	V
0,0034	29,6
0,0032	27,8
0,003	26
0,0028	24,2
0,00265	23
0,0025	21,4
0,0023	19,6
0,00215	18,4
0,00195	16,6
0,0018	15,4
0,0016	13,6
0,0015	12,8
0,00125	10,8
0,00105	8,8
0,0009	7,6
0,00075	6,4
0,0006	5,2
0,00045	3,6
0,0002	1,8
0,0001	1

**Tab. 4:** Dati Sperimentali, resistenza da 8520 Ohm – Circuito B

L'analisi degli errori sperimentali rivela che l'errore relativo delle V è più piccolo di quello delle I.

In maniera del tutto analogo al caso precedente applichiamo il teorema della massima verosimiglianza ipotizzando che i nostri risultati seguano un andamento lineare (ipotesi supportata dalla (4) e dalla rappresentazione grafica dei dati sperimentali (fig. 5)) e che l'errore sulle V sia trascurabile rispetto a quello sulle I.

Sviluppando i calcoli si vede che risulta:

$$R_x = (8545 \pm 109)\Omega$$

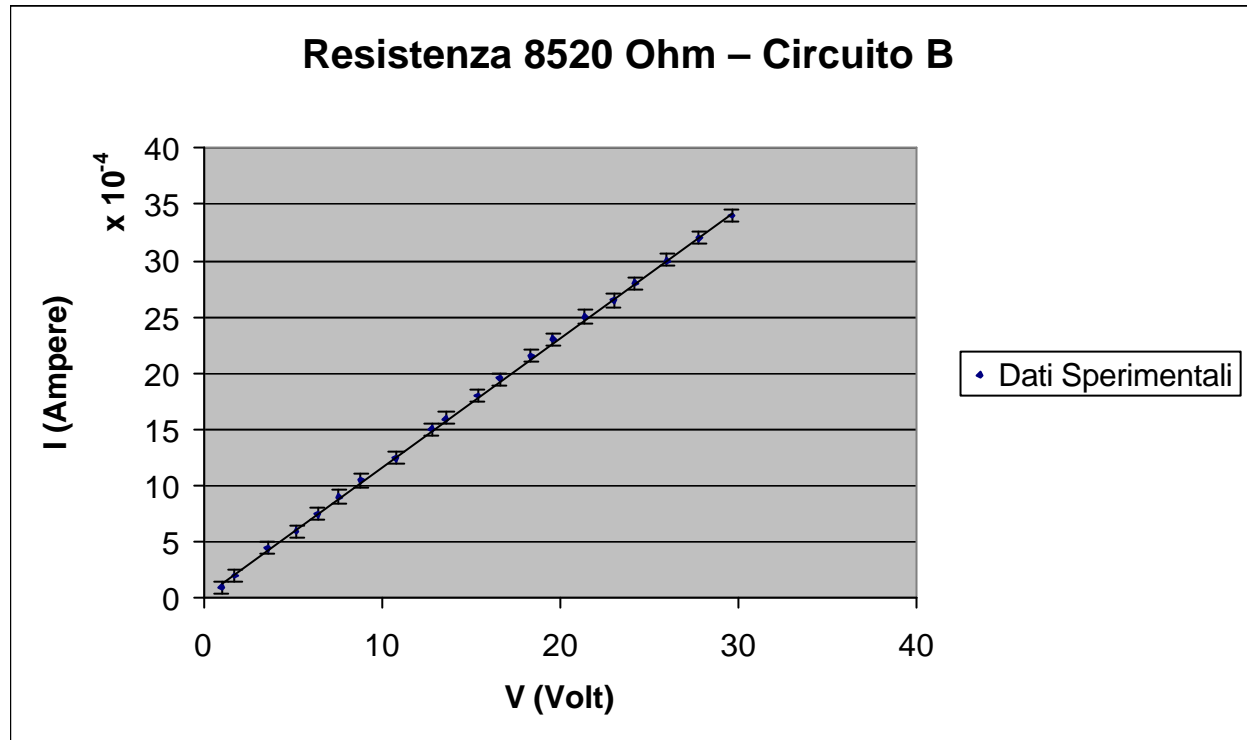
Inoltre il calcolo delle costanti del best-fit rivela che il termine noto è pari a  $1,69424 * 10^{-5} \pm 2,45476 * 10^{-5}$  mentre il coefficiente angolare è pari a  $1,15161 * 10^{-4} \pm 1,43915 * 10^{-6}$ ; poiché il termine noto è dell'ordine di grandezza della sensibilità dell'amperometro possiamo anche qui confermare il fatto che la (4), allo stesso modo di

quanto avveniva nel circuito A, descrive abbastanza bene il fenomeno (anche nella (4) infatti il termine noto è assente). Il test del  $\chi^2$ , rileva anche stavolta una DISPERSIONE bassissima dei dati rispetto alla retta ricavata con il metodo dei minimi quadrati:

$$\chi^2 = 1,36572 * 10^{-5} \ll 20$$

Questo risultato, come vedremo nelle successive elaborazioni, si verifica per ogni set di misure e mostra che i nostri dati, quantomeno, seguono fedelmente un andamento lineare.

Infine effettuiamo anche per questo circuito un best-fit ponendo  $V=f(I)$ , ottenendo  $R_x = (8542 \pm 56)\Omega$ , risultato che può essere giustificato con argomentazioni del tutto simili a quelle utilizzate nel paragrafo 4.1



*Fig. 5:* Dati Sperimentali – Resistenza 8520 Ohm – Circuito B

### 4.3 Resistenza da 8520 Ohm – Analisi complessiva

Dall'elaborazione dei dati è emerso che nel circuito A  $R_x = (8637 \pm 98)\Omega$ , mentre nel circuito B  $R_x = (8545 \pm 109)\Omega$  (risultati a cui si perviene considerando nel best-fit come variabile indipendente, la misura con minor errore relativo); i due range si intersecano in un terzo range tale che la resistenza varia da 8539 a 8654 Ohm. La stima, non variando sostanzialmente rispetto alla misura rilevata dal tester ed avendo una semiampiezza di 57,5 Ohm  $\ll$  8539 Ohm, si può considerare più che soddisfacente.

Notiamo in ogni caso che solo la misura data dal circuito B comprende la misura rilevata dal tester  $R_x = (8520 \pm 1)\Omega$ , sebbene la misura del circuito A (considerando il suo errore) non si discosta di molto.

Il risultato ottenuto può essere considerato buono considerando che comunque anche il tester, come gli altri strumenti utilizzati, può essere soggetto ad errore sistematico (anzi lo è quasi certamente, in quanto è stato rilevato in laboratorio che tester diversi misuranti la stessa resistenza, danno valori abbastanza diversi), e che quindi la sua misura ci da solo un indice, più o meno attendibile, della misura della resistenza incognita.

## 4.4 Resistenza da 2200 Ohm – Circuito A

I	V
0,0047	9,9
0,0042	8,8
0,0039	8,2
0,0035	7,4
0,0032	6,7
0,00325	6,9
0,0028	5,9
0,0025	5,3
0,00225	4,8
0,002	4,3
0,00185	3,9
0,0018	3,4
0,0014	3
0,00125	2,7
0,001	2,1
0,00075	1,7
0,00055	1,5
0,00045	1
0,0003	0,7

**Tab. 5:** Dati Sperimentali, resistenza da 2200 Ohm – Circuito A

<b>Voltmetro</b>
fondo-scala
15 V
Resist. int. (tester)
74800 $\Omega$
tarato con tacche #
150
EAMAP
0,1 V
Classe di precisione
0,5

**Tab. 6:** Caratteristiche del voltmetro

<b>Amperometro</b>
fondo-scala
0,005 A
Resist. int. (tester)
140,2 $\Omega$
tarato con tacche #
100
EAMAP
0,00005 A
Classe di precisione
0,5

**Tab. 7:** Caratteristiche dell'amperometro

Per questo set di misure abbiamo utilizzato come generatore un alimentatore con differenza di potenziale variabile da 0 ÷ 30 Volt.

Applicando il teorema di massima verosimiglianza, fissando come variabile indipendente la grandezza con errore relativo costantemente minore (la V)

otteniamo

$$I = (-3,90794 * 10^{-5} \pm 2,54712 * 10^{-5}) + (4,80641 * 10^{-4} \pm 4,74073 * 10^{-6})V$$

da cui in base alla (3) si ottiene  $R_x = (2140 \pm 22)\Omega$

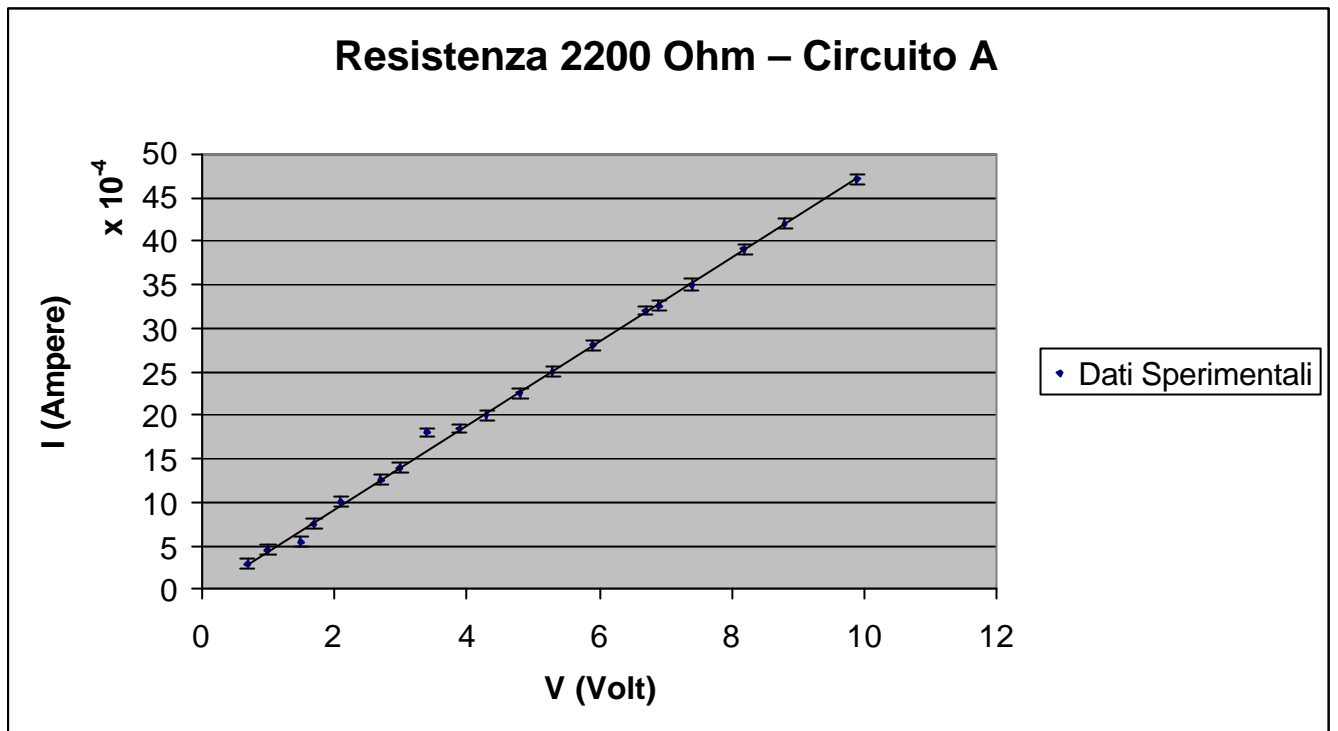
Rifacendo il best-fit ponendo  $V=f(I)$  si ottiene:

$$R_x = (2136 \pm 23)\Omega$$

Il grafico di seguito riportato (fig. 6) mostra la rappresentazione dei punti sperimentali con il loro errore e la retta, riferita al primo best-fit, ottenuta da essi con il metodo dei minimi quadrati.

Il test del  $\chi^2$  mostra la vicinanza di tali punti alla retta trovata:

$$\chi^2 = 5,5194 * 10^{-5} \ll 19$$



**Fig. 6:** Dati Sperimentali – Resistenza 2200 Ohm – Circuito A

## 4.5 Resistenza da 2200 Ohm – Circuito B

I	V
0,00485	11,3
0,00455	9,5
0,0043	10
0,00435	10,1
0,00405	9,4
0,00375	9,7
0,0035	8,1
0,00335	7,7
0,0031	7,2
0,00285	6,6
0,0025	5,8
0,0023	5,4
0,00205	4,8
0,0018	4,1
0,0015	3,5
0,00125	2,9
0,00095	2,2
0,0009	2,1
0,00075	1,8
0,0005	1,2
0,0004	1
0,00035	0,8

**Tab. 8:** Dati Sperimentali, resistenza da 2200 Ohm – Circuito B

<b>Voltmetro</b>		
fondo-scala		
15	V	
Resist. int. (tester)		
74800	$\Omega$	
tarato con tacche #		
150		
EAMAP		
0,1	V	
Classe di precisione		
0,5		

**Tab. 9:** Caratteristiche del voltmetro

<b>Amperometro</b>		
fondo-scala		
0,005	A	
Resist. int. (tester)		
140,2	$\Omega$	
tarato con tacche #		
100		
EAMAP		
0,00005	A	
Classe di precisione		
0,5		

**Tab. 10:** Caratteristiche dell'amperometro

Per questo set di misure abbiamo utilizzato come generatore un alimentatore con differenza di potenziale variabile da 0 ÷ 30 Volt.

Applicando il teorema di massima verosimiglianza, fissando come variabile indipendente la grandezza con errore relativo costantemente minore (la V) otteniamo

$$I = (-7,74675 * 10^{-6} \pm 2,34174 * 10^{-5}) + (4,31872 * 10^{-4} \pm 3,54207 * 10^{-6})V$$

da cui in base alla (4) si ottiene  $R_x = (2175 \pm 19)\Omega$

Rifacendo il best-fit ponendo  $V=f(I)$  si ottiene:

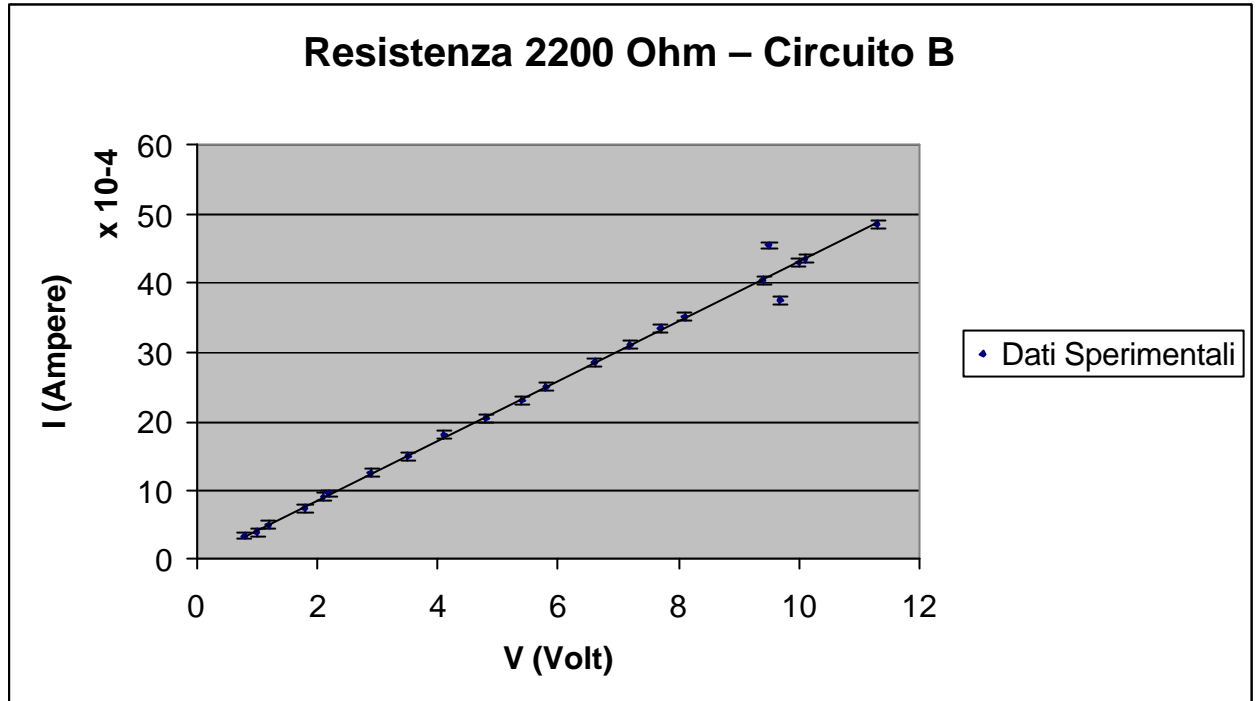
$$R_x = (2155 \pm 18)\Omega$$

Diversamente dalle altre elaborazioni, qui i due valori di resistenza trovati sono abbastanza diversi, mentre l'errore differisce per un solo Ohm. In ogni caso le due misure si intersecano nel range 2156 ÷ 2173.

Il grafico di seguito riportato (fig. 7) mostra la rappresentazione dei punti sperimentali con il loro errore e la retta ottenuta da essi con il metodo dei minimi quadrati, riferita al primo best-fit.

Il test del  $c^2$  mostra la vicinanza di tali punti alla retta trovata:

$$c^2 = 9,93328 * 10^{-5} \ll 22$$



*Fig. 7:* Dati Sperimentali – Resistenza 2200 Ohm – Circuito A

#### 4.6 Resistenza da 2200 Ohm – Analisi complessiva

I due range di misura ottenuti (quelli provenienti dall'analisi del circuito A e del circuito B ponendo nel best-fit come variabile indipendente la grandezza con minor errore relativo) si intersecano nell'insieme:  $2156 \div 2162$  Ohm e presentano come semiampiezza  $6 \ll 2156$  Ohm. Il valore rilevato dal tester è stato  $R_x = (2200 \pm 10)\Omega$ , del tutto confrontabile con il nostro risultato.

## 4.7 Resistenza da 364 Ohm – Circuito A

I	V
0,00495	1,74
0,0048	1,68
0,0046	1,6
0,00445	1,56
0,00425	1,48
0,00405	1,42
0,00385	1,36
0,00365	1,28
0,00345	1,22
0,0033	1,16
0,0031	1,1
0,00295	1,04
0,0028	1
0,00265	0,94
0,0025	0,88
0,00225	0,8
0,00215	0,76
0,00195	0,7
0,00175	0,62
0,00155	0,56
0,00135	0,48
0,0012	0,42
0,001	0,36
0,00075	0,28
0,0006	0,22
0,0005	0,18
0,00035	0,12
0,00005	0,04

**Tab. 11:** Dati Sperimentali, resistenza da 364 Ohm – Circuito A

<b>Voltmetro</b>		
fondo-scala		
3	V	
Resist. int. (tester)		
14980	$\Omega$	
tarato con tacche #		
150		
EAMAP		
0,02	V	
Classe di precisione		
0,5		

**Tab. 12:** Caratteristiche del voltmetro

<b>Amperometro</b>		
fondo-scala		
0,005	A	
Resist. int. (tester)		
138,7	$\Omega$	
tarato con tacche #		
100		
EAMAP		
0,00005	A	
Classe di precisione		
0,5		

**Tab. 13:** Caratteristiche dell'amperometro

Per questo set di misure abbiamo utilizzato come generatore due pile da 1,5 Volt ciascuna, collegate tra di loro in serie insieme ad un resistore a resistenza variabile; utilizzando tale generatore abbiamo potuto mantenere una differenza di potenziale stabile e costante per ogni misura effettuata.

Applicando il teorema di massima verosimiglianza, fissando come variabile indipendente la grandezza con errore relativo minore (la V) otteniamo

$$I = (-3,79063 * 10^{-5} \pm 2,14851 * 10^{-5}) + (2,874 * 10^{-3} \pm 2,1 * 10^{-5})V$$

da cui in base alla (3) si ottiene  $R_x = (356 \pm 2,6)\Omega$

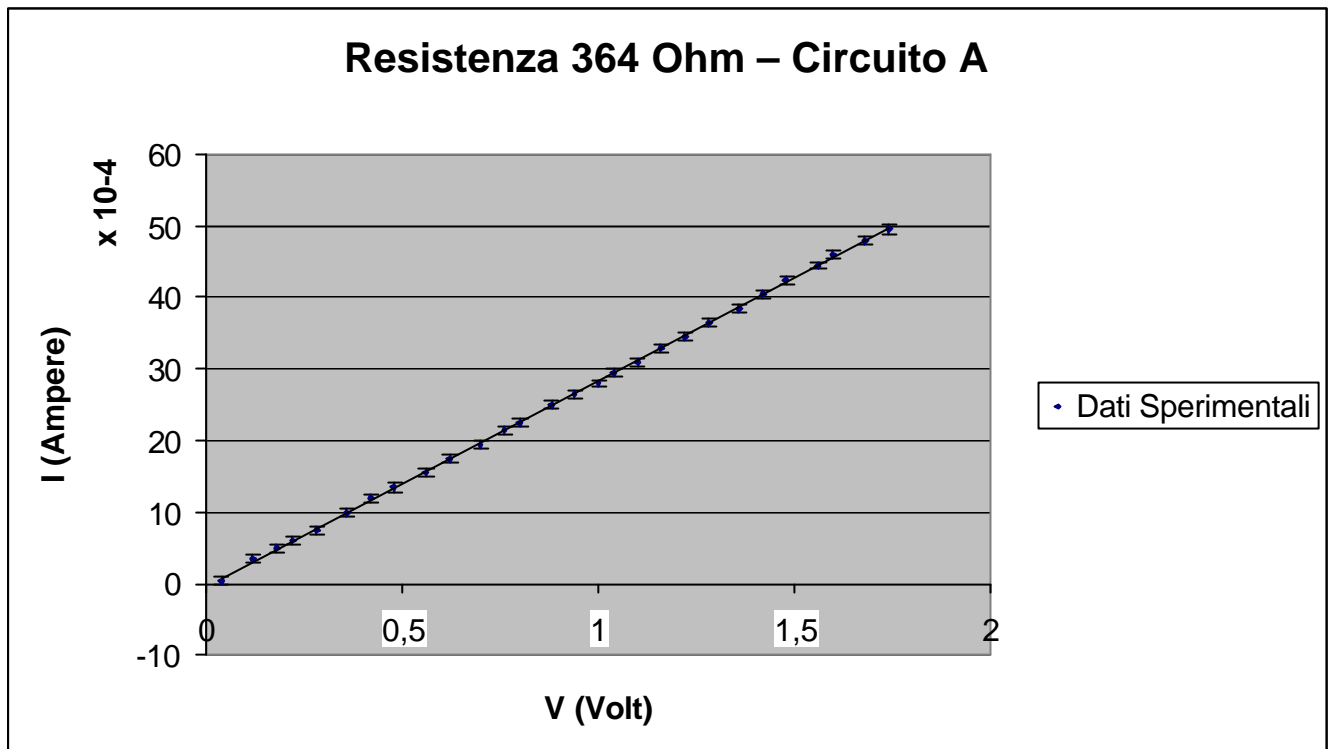
Rifacendo il best-fit ponendo  $V=f(I)$  si ottiene:

$$R_x = (356 \pm 3,4)\Omega$$

Il grafico di seguito riportato (fig. 8) mostra la rappresentazione dei punti sperimentali con il loro errore e la retta, riferita al primo best-fit, ottenuta da essi con il metodo dei minimi quadrati.

Il test del  $c^2$  mostra la vicinanza di tali punti alla retta trovata:

$$c^2 = 2,00404 * 10^{-5} \ll 28$$



**Fig. 8:** Dati Sperimentali – Resistenza 364 Ohm – Circuito A

## 4.8 Resistenza da 364 Ohm – Circuito B

I	V
0,00495	2,5
0,0048	2,42
0,00465	2,32
0,0045	2,26
0,0043	2,14
0,00405	2,04
0,00385	1,9
0,0037	1,82
0,0036	1,78
0,00335	1,68
0,00315	1,58
0,0029	1,44
0,00285	1,42
0,0026	1,28
0,0024	1,18
0,0022	1,1
0,00205	1,02
0,0019	0,96
0,0017	0,84
0,0015	0,76
0,0013	0,66
0,00115	0,58
0,00095	0,48
0,00085	0,42
0,0007	0,36
0,0006	0,32
0,00055	0,26
0,00045	0,22
0,00035	0,18
0,00015	0,08
0,00005	0,02

**Tab. 14:** Dati Sperimentali, resistenza da 364 Ohm – Circuito B

<b>Voltmetro</b>		
fondo-scala		
	3	V
Resist. int. (tester)		
	14980	$\Omega$
tarato con tacche #		
	150	
	EAMAP	
	0,02	V
Classe di precisione		
	0,5	

**Tab. 15:** Caratteristiche del voltmetro

<b>Amperometro</b>		
fondo-scala		
	0,005	A
Resist. int. (tester)		
	138,7	$\Omega$
tarato con tacche #		
	100	
	EAMAP	
	0,00005	A
Classe di precisione		
	0,5	

**Tab. 16:** Caratteristiche dell'amperometro

Al fine di avere una lettura più chiara delle misure alle basse differenze di potenziale, abbiamo utilizzato lo stesso generatore del caso precedente (2 pile da 1,5 Volt in serie con una resistore a resistenza variabile) che ci ha permesso di variare la d.d.p. tra circa 0 e 3 Volt e di mantenerla costante durante la lettura.

Applicando il teorema di massima verosimiglianza, fissando come variabile indipendente la grandezza con errore relativo costantemente minore (la V) otteniamo

$$I = (1,10548 * 10^{-6} \pm 1,82955 * 10^{-5}) + (2,000714 * 10^{-3} \pm 1,31629 * 10^{-5})V$$

da cui in base alla (4) si ottiene

$$R_x = (361 \pm 3,4)\Omega$$

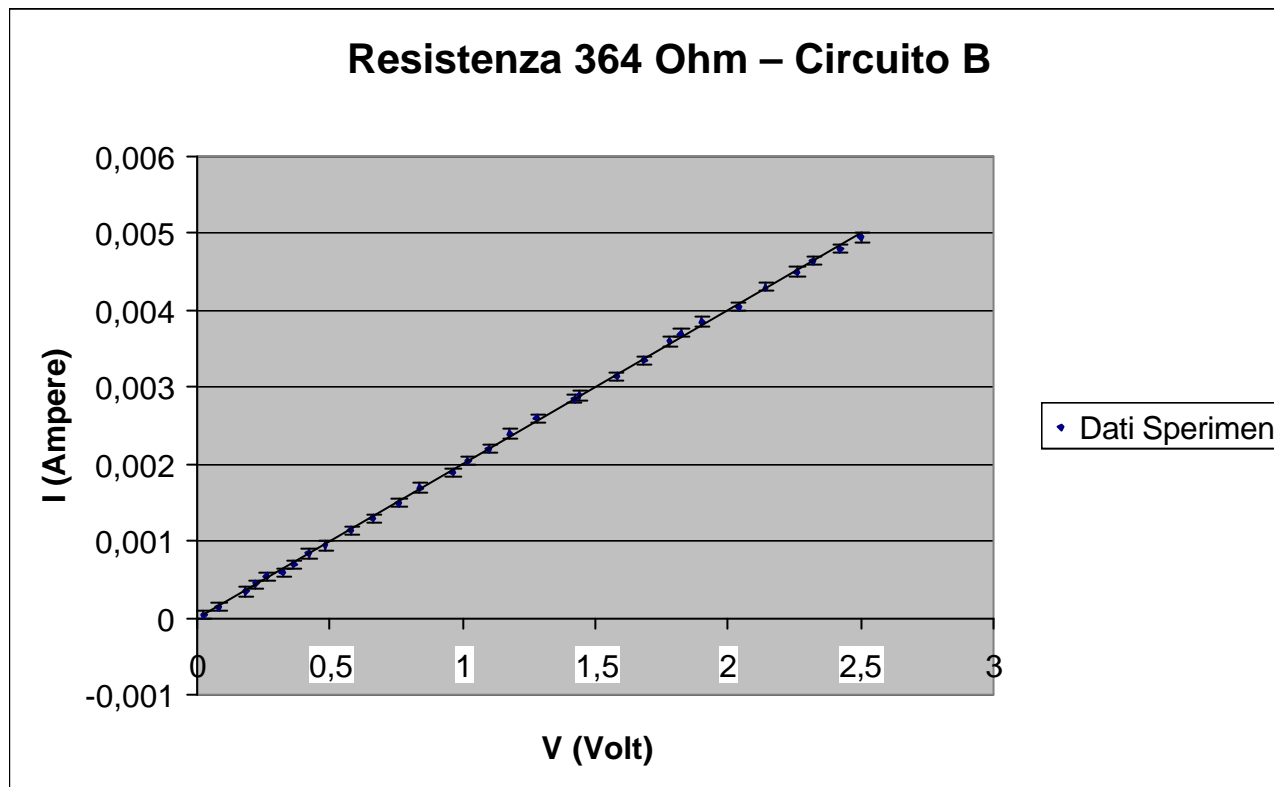
Rifacendo il best-fit ponendo  $V=f(I)$  si ottiene:

$$R_x = (361 \pm 3,0)\Omega$$

Il grafico di seguito riportato (fig. 9) mostra la rappresentazione dei punti sperimentali con il loro errore e la retta, riferita al primo best-fit, ottenuta da essi con il metodo dei minimi quadrati.

Il test del  $\chi^2$  mostra la vicinanza di tali punti alla retta trovata:

$$\chi^2 = 1,4267 * 10^{-5} \ll 31$$



*Fig. 9:* Dati Sperimentali – Resistenza 364 Ohm – Circuito B

#### 4.9 Resistenza da 364 Ohm – Analisi complessiva

I due range di misura ottenuti (quelli provenienti dall'analisi del circuito A e del circuito B ponendo nel best-fit come variabile indipendente la grandezza con minor errore relativo) si intersecano nell'insieme:  $358 \div 359 \text{ Ohm}$  e presentano come semiampiezza  $0,5 \ll 358 \text{ Ohm}$ . Il valore rilevato dal tester è stato  $R_x = (364 \pm 1) \Omega$ , pienamente confrontabile con il nostro risultato.

## 5. Conclusioni

Poiché un'analisi riguardante le tre resistenze e i loro errori è stata fatta nei paragrafi 4.x, vogliamo qui analizzare la validità del nostro apparato sperimentale in base all'errore relativo che esso produce al variare dell'ordine di grandezza della resistenza considerata.

Dalle elaborazioni emerge che:

Circuito A			Circuito B		
Resistenza	Errore ass.	Errore rel.	Resistenza	Errore ass.	Errore rel.
8637	98	1,13%	8545	109	1,28%
2140	22	1,03%	2175	19	0,87%
356	2,6	0,73%	361	3,4	0,94%

Come possiamo vedere dai dati riportati in tabella tutte le misure hanno un errore che si aggira sull'1%. Gli errori sono disposti in maniera eterogenea e non è possibile oggettivamente dire quale circuito sia realmente migliore al fine di misurare una resistenza nel range considerato.

La propagazione dell'errore su  $R_x$  secondo la configurazione A è piuttosto complessa e, in generale, dipende sia dall'errore che dal valore del coefficiente del best-fit. Riferendoci al circuito B, possiamo invece ricavare qualche semplice considerazione partendo dalla formula che ci permette di ricavare  $R_x$ :

$$R_x = \frac{1}{C} - R_A \quad (7)$$

Dalle formule sulla propagazione dell'errore si ha che:

$$\Delta R_x = \frac{\Delta C}{C^2} + \Delta R_A \quad (8)$$

Se la resistenza incognita è più piccola di  $R_A$  in modo tale che si ha che:

$$\frac{\Delta R_A}{R_x} > 1 \quad (9)$$

e quindi:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\frac{\Delta C}{C^2} + \Delta R_A}{R_x} > 1 \quad (10)$$

che significa avere un errore relativo superiore all'100% e quindi una misura praticamente inutile.

In realtà non bisogna avere ipotesi pesanti come la (9) per giungere a risultati simili alla (10) in quanto la parte di errore derivante da  $C$  in genere incide parecchio su quello di  $R_x$ . Con la (10) vogliamo semplicemente far notare come non sia possibile effettuare misure di resistenze piccole (ove per piccole si intende  $R_x \ll R_A$ ) quando si utilizza il circuito B.

## **6. Bibliografia**

**(1)**

**(2)**

**(3)**

**(4)**