

ESPERIENZA n° 1

Misure in corrente continua

Anno Accademico 2018/2019

Relatori:

Lorenzo Bartolozzi,

Luca Pacioselli,

Giuseppe Prudente.

Introduzione:

L'esperienza n° 1 di laboratorio si divide in quattro punti:

- I. Verificare che all'interno del multimetro ci sia un microamperometro di fondo scala 40 μA ;
- II. Determinare il rapporto delle correnti che circolano nei due rami dell'amperometro;
- III. Misura di resistenze elettriche con ohmmetro;
- IV. Misura di resistenze elettriche con metodo voltamperometrico.

Strumenti a disposizione:

Un alimentatore analogico, Alpha AL862 CC stabilizzato:

- stabilità della tensione in uscita migliore dello 0,1%;
- 2 modalità per la tensione in uscita: da 0V a 10V o da 0V a 30V, entrambi variabili con continuità;
- corrente in uscita da 0V a 3A.

Due multimetri analogici ICE 680:

- portata voltmetro in corrente continua: da 100mV a 1000V;
- portata amperometro in corrente continua: da 50 μA a 5A;
- fattori moltiplicativi ohmmetro: $\Omega\times 1$, $\Omega\times 10$, $\Omega\times 100$, $\Omega\times 1000$;

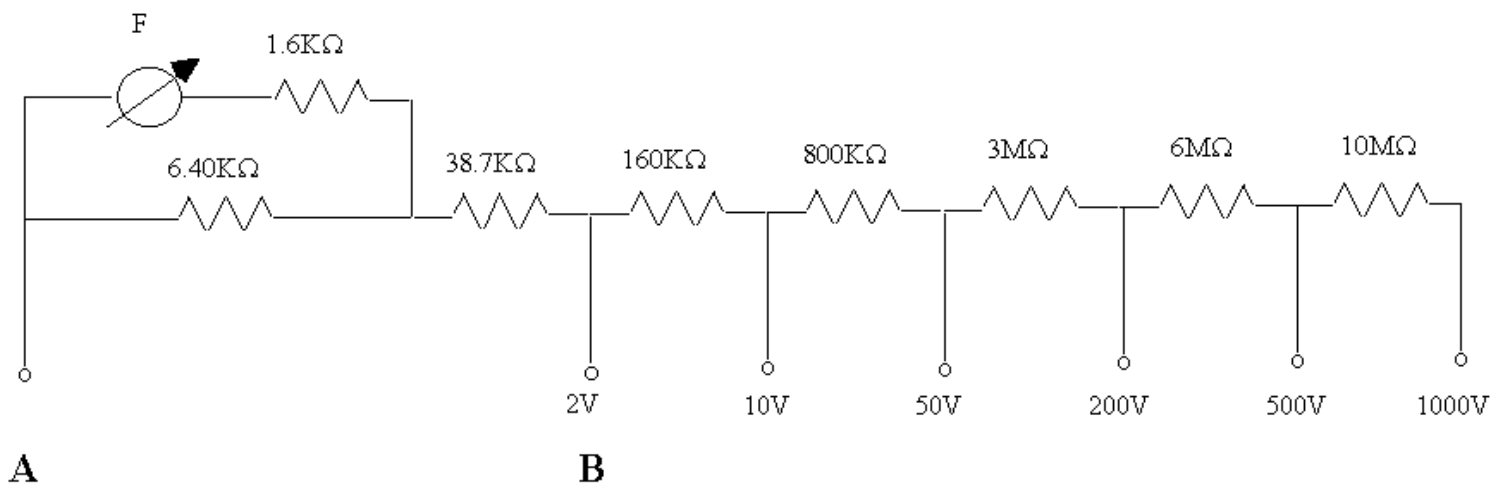
- sensibilità per voltmetro e amperometro in CC: 1% rispetto al fondo scala.

Due basette sperimentali.

Resistori vari.

Si noti che la resistenza interna dell'alimentatore è stata considerata trascurabile rispetto a quelle utilizzate durante l'esperienza.

Punto 1



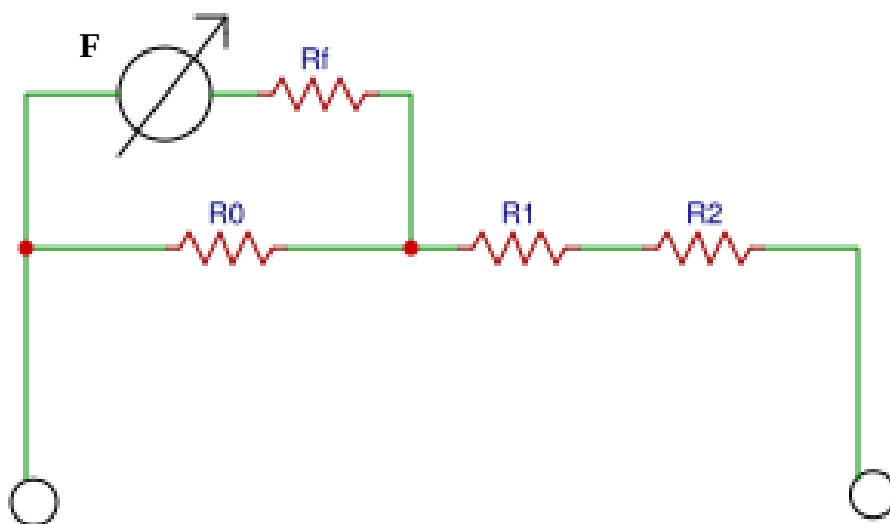
(schema elettrico voltmetro)

Obiettivo:

Verificare che F è un microamperometro con fondo scala (f.s.) $40 \mu\text{A}$.

Procedura:

Si collega il generatore di tensione direttamente al voltmetro, con fondo scala fissato a 10V, e si aumenta la tensione in uscita fino ad arrivare al fondo scala dello strumento di misura, in modo che anche il galvanometro interno arrivi a fondo scala. Infine si ottiene, tramite calcoli, la corrente, I , che fluisce nel galvanometro.



(schema elettrico voltmetro a f.s. 10V)

RESISTENZE	valori ed errori
R_f	$(1600 \pm 100) \, \Omega$
R_0	$(6400 \pm 10) \, \Omega$
R_1	$(38700 \pm 100) \, \Omega$
R_2	$(160000 \pm 1000) \, \Omega$

Gli errori sulle resistenze sono stati scelti pari all'unità sull'ultima cifra significativa.

Raccolta dati:

MISURE DI DDP

$(9,6 \pm 0,2) \, V$

$(9,6 \pm 0,2) \, V$

$(9,6 \pm 0,2) \, V$

$(9,6 \pm 0,2) \, V$

$(9,6 \pm 0,2) \, V$

Avendo ripetuto la misura della tensione più volte non riscontrando fluttuazioni statistiche, si deve presupporre che gli errori casuali siano già contenuti nell'errore di sensibilità di 0,2V dell'alimentatore; pertanto si assume come valore di tensione applicata al voltmetro, a fondo scala, quella di 9,6V, alla quale si attribuisce un errore dato dalla distribuzione piatta, cioè 0,2V diviso radice di dodici:

$$V=(9,60\pm0,06)V$$

Analisi dati:

Con un'analisi del circuito si ricava che la corrente che circola nel galvanometro è:

$$I=\frac{V\cdot R_0}{(R_f+R_0)\cdot(R_1+R_2)+(R_f\cdot R_0)}=38,4\mu A \quad ,$$

l'errore su tale misura è dato, tramite la propagazione degli errori, da:

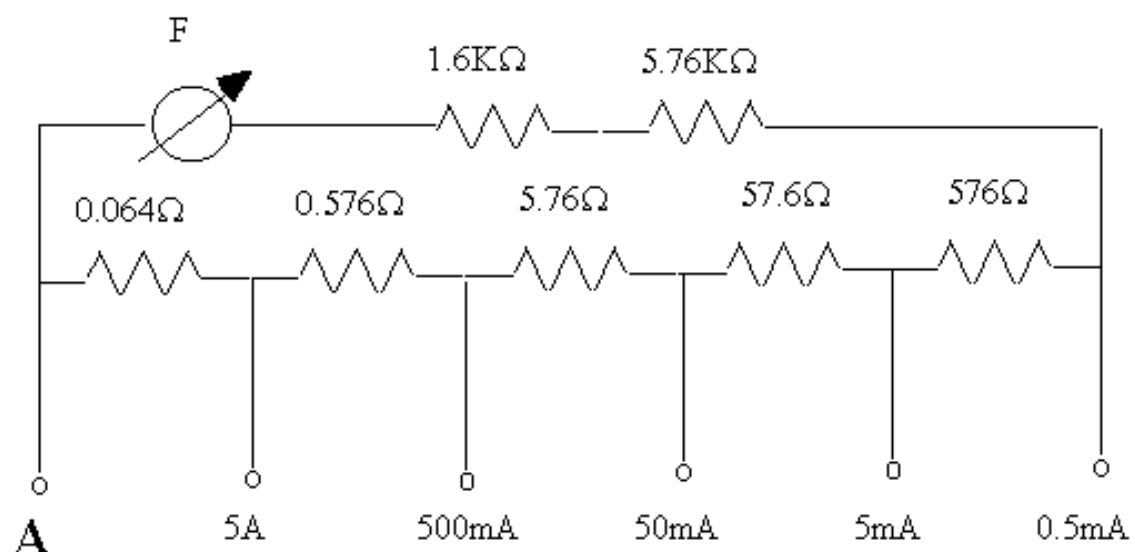
$$\delta I=\sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial V}\cdot\delta V\right)^2+\left(\frac{\partial I}{\partial R_0}\cdot\delta R_0\right)^2+\left(\frac{\partial I}{\partial R_1}\cdot\delta R_1\right)^2+\left(\frac{\partial I}{\partial R_2}\cdot\delta R_2\right)^2+\left(\frac{\partial I}{\partial R_f}\cdot\delta R_f\right)^2}=0,6\mu A \quad ,$$

poiché gli errori considerati sono tutti casuali ed indipendenti.

Considerando il valore atteso per il fondo scala del galvanometro pari a $(40\pm1)\mu A$, lo confrontiamo con il nostro valore misurato valutandone lo scarto.

Attribuendo al risultato un'incertezza pari alla somma in quadratura degli errori dei singoli dati, otteniamo uno scostamento di $(1,6\pm1,2)\mu A$ che si discosta dallo zero di 1,33 deviazioni standard ($\sigma=1,2\mu A$). La probabilità di ottenere un tale risultato è tabulata e risulta pari al 18,35%.

Punto 2



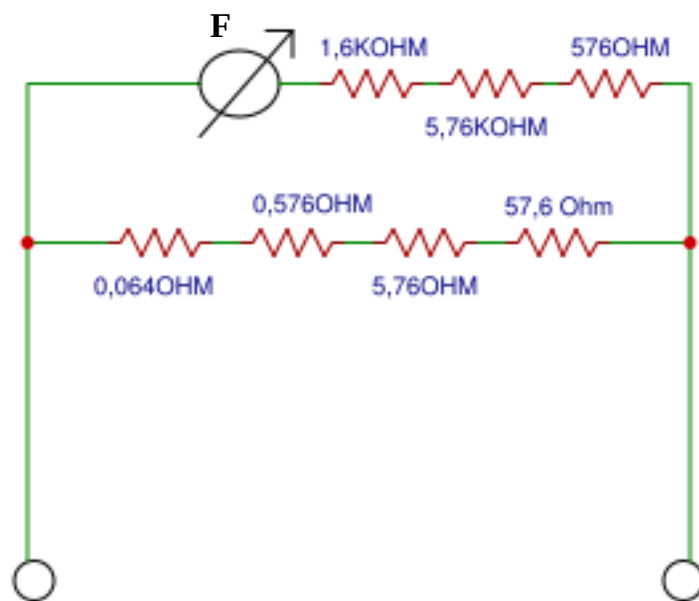
(schema elettrico amperometro)

Obiettivo:

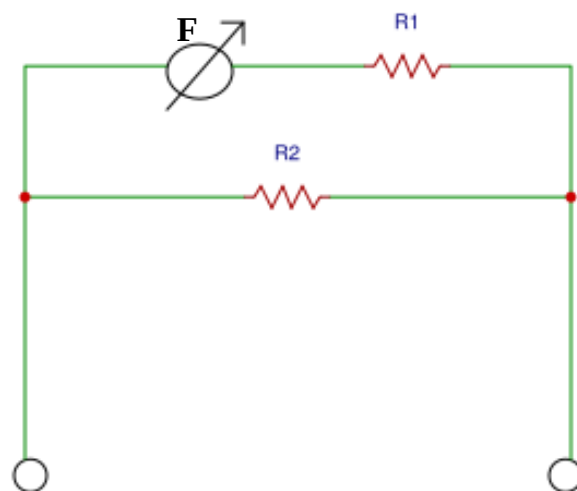
Si determini il rapporto tra la corrente che attraversa F e quella che fluisce nel ramo ad esso in parallelo, quando lo strumento è inserito in un circuito con f.s. a 5mA.

Procedura:

Una volta scelto come fondo scala 5mA, lo schema elettrico dell'amperometro si traduce nel seguente circuito:



che è equivalente al seguente:



(dove $R_1=7,9 \text{ K}\Omega$ e $R_2=64,0 \Omega$)

Con un'analisi del circuito, il rapporto fra la corrente che passa nel microamperometro, I_1 , e quella che passa nel ramo ad esso in parallelo, I_2 , risulta essere:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{(64,0 \pm 0,1) \Omega}{(7,9 \pm 0,1) \text{ K}\Omega} = (8,1 \pm 0,1) 10^{-3}$$

dove nel fare questi calcoli si è tenuto conto delle regole base di propagazione degli errori.

Punto 3

Obiettivo:

Misura di resistenze elettriche con ohmmetro.

Procedura:

Dopo aver scelto 5 resistenze elettriche, con l'unica attenzione di prenderne il più possibile con valore nominale inferiore a 50Ω ($\times 1$, $\times 10$, $\times 100$, $\times 1000$) al fine di poter utilizzare la scala graduata dell'ohmmetro con risoluzione più alta, le abbiamo misurate con l'ohmmetro stesso.

VALORI NOMINALI

$(47 \pm 5\%) \text{ K}\Omega$

$(39 \pm 5\%) \text{ K}\Omega$

$(22 \pm 5\%) \Omega$

$(270 \pm 5\%) \Omega$

$(10 \pm 5\%) \Omega$

Raccolta dati:

VALORI MISURATI

$(45 \pm 5) \text{ K}\Omega$

$(35 \pm 5) \text{ K}\Omega$

$(22 \pm 1) \Omega$

$(260 \pm 10) \Omega$

$(11 \pm 1) \Omega$

Analisi dati:

Lo scostamento tra i due valori è stato ottenuto tramite modulo della differenza, al quale, è stato attribuito un errore dato, per la propagazione degli errori, dalla radice della somma dei quadrati degli errori del valore nominale e misurato.

SCOSTAMENTO

$$(2 \pm 6) \text{ K}\Omega$$

$$(4 \pm 5) \text{ K}\Omega$$

$$(0 \pm 2) \Omega$$

$$(10 \pm 17) \Omega$$

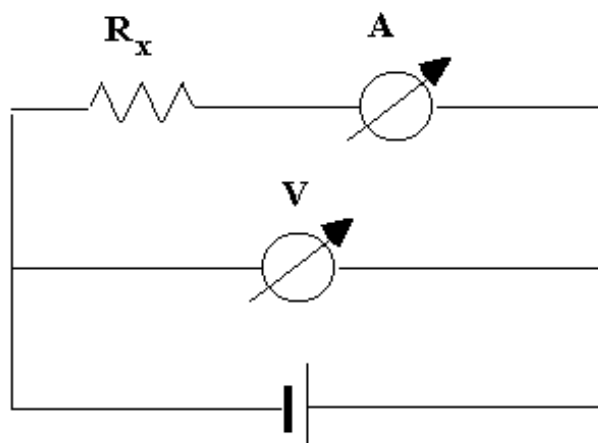
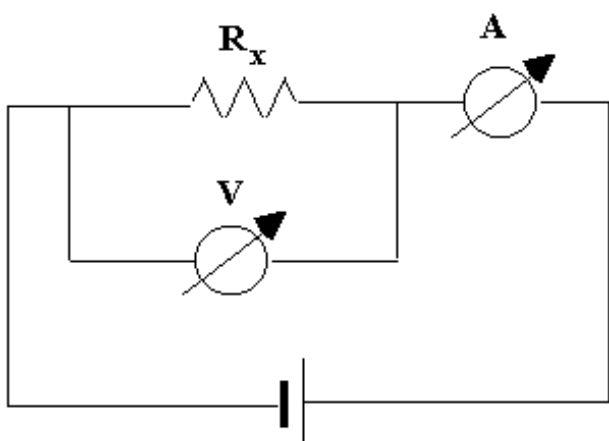
$$(1 \pm 1) \Omega$$

Tutti i valori misurati con l'ohmmetro risultano quindi consistenti con i valori nominali letti sui resistori.

Punto 4

Obiettivo:

Fissare un certo valore per il fondo scala di voltmetro e amperometro, e scegliere un resistore, di valore nominale R_x , tale che uno fra voltmetro e amperometro non possa essere considerato ideale. Realizzando i seguenti schemi elettrici dei circuiti:



(Circuito A a sinistra; Circuito B a destra)

valutare le stime di R_x per entrambi i circuiti realizzati ed i relativi errori utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Misurare la stessa resistenza con l'ohmmetro; confrontare i vari risultati ottenuti fra loro e con il valore nominale; discutere i risultati e correggere per gli eventuali errori sistematici.

Procedura:

Valore nominale scelto per $R_x = (33 \pm 5\%) \text{ K}\Omega$.

F.s. voltmetro: $2\text{V} \rightarrow R_{\text{intV}} = (40,0 \pm 0,2) \text{ K}\Omega$.

F.s. amperometro: $500\mu\text{A} \rightarrow R_{\text{intA}} = (0,59 \pm 0,02) \text{ K}\Omega$.

Nel caso venutosi a creare con le nostre scelte, lo strumento da non potersi considerare ideale è il voltmetro, in quanto $R_x \gg R_{\text{intA}}$, ma è confrontabile con R_{intV} . Il valore misurato con l'ohmmetro della resistenza R_x è $(30 \pm 5) \text{ K}\Omega$, il quale risulta consistente con il valore nominale in quanto lo scostamento, ottenuto come quelli del punto 3, vale: $(3 \pm 5) \text{ K}\Omega$.

CIRCUITO A

Raccolta dati:

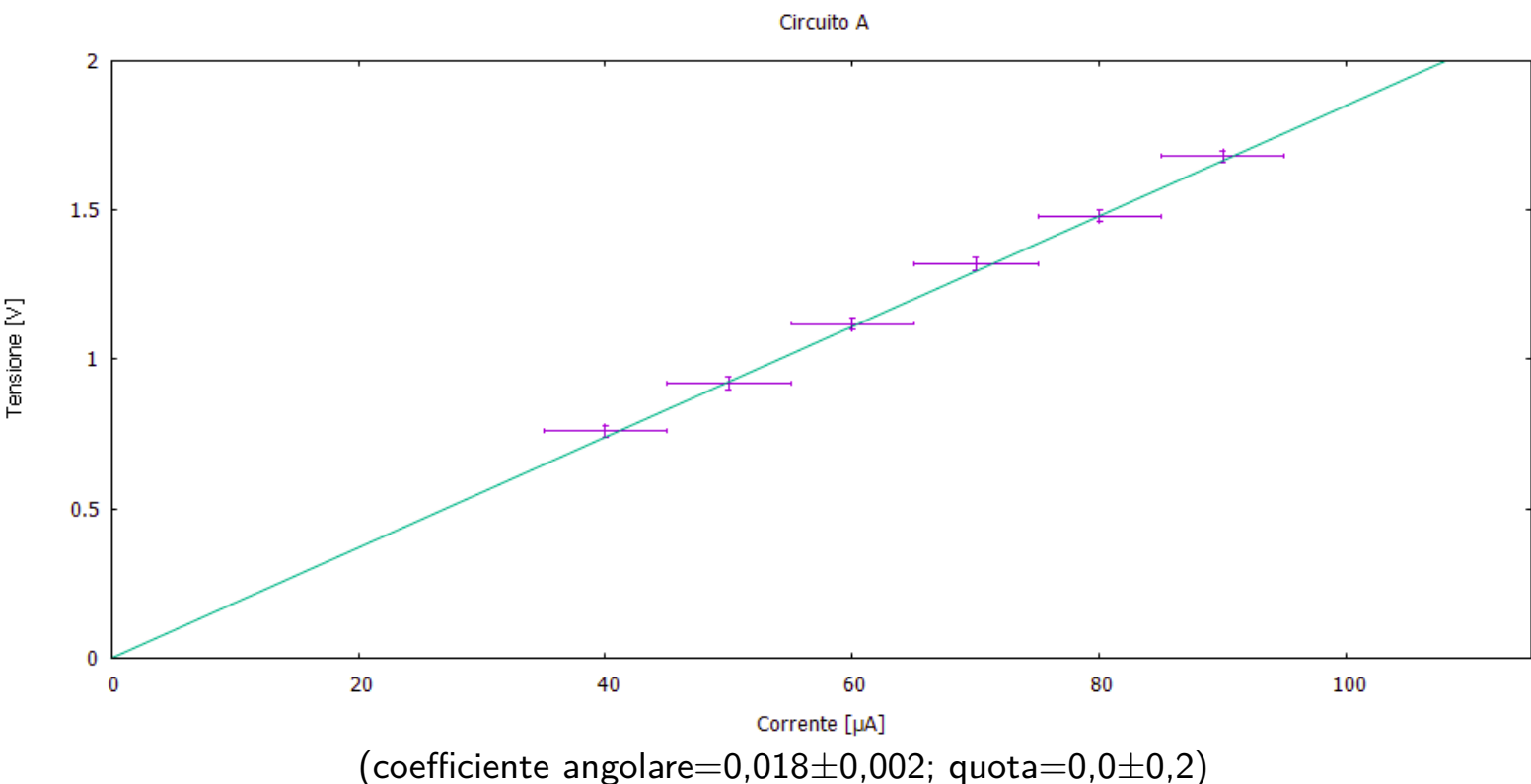
Tramite delle misure preliminari si è verificata una certa relazione di linearità fra voltaggi ed amperaggi.

TENSIONE	CORRENTE
$(0,76 \pm 0,02)$ V	(40 ± 5) μ A
$(0,92 \pm 0,02)$ V	(50 ± 5) μ A
$(1,12 \pm 0,02)$ V	(60 ± 5) μ A
$(1,32 \pm 0,02)$ V	(70 ± 5) μ A
$(1,48 \pm 0,02)$ V	(80 ± 5) μ A
$(1,68 \pm 0,02)$ V	(90 ± 5) μ A

Si noti che gli errori relativi dei valori di corrente non possono essere trascurati rispetto a quelli delle tensioni, perciò utilizziamo il metodo dei minimi quadrati per valori di y e di x con entrambi errori non trascurabili. Inoltre è stato fatto il test del χ^2 per il secondo punto della retta, facendo 16 misurazioni della tensione, trovando un valore medio $X=0,92$ V e una deviazione standard $\sigma=0,03$ V, perciò abbiamo considerato 4 intervalli ($x < X - \sigma$; $X - \sigma < x < X$; $X < x < X + \sigma$; $X + \sigma < x$). Il valore del χ^2 così ottenuto è 1,73, che essendo minore del numero di intervalli scelto, indica che le misure sulla tensione sono distribuite con buona probabilità su di una gaussiana.

Analisi dati:

Con il metodo dei minimi quadrati, dunque, si ottiene la retta:



Il coefficiente di correlazione risulta essere $r=0,999442$, cioè molto prossimo ad uno e perciò è verificata la relazione di linearità fra voltaggio ed amperaggio. Il

valore di resistenza che abbiamo scelto è dato dal rapporto fra la tensione più vicina al fondo scala e corrente relativa, perché così si ha il minor errore relativo possibile ad influenzarne il valore; l'errore della resistenza è stato ricavato dalla propagazione degli errori:

$$R_x = \frac{V}{I} = \frac{1,68 \text{ V}}{90 \mu\text{A}} = 19 \text{ K}\Omega$$

$$\delta R_x = R_x \cdot \left(\frac{\delta I}{I} + \frac{\delta V}{V} \right) = 1 \text{ K}\Omega$$

Lo scostamento fra valore misurato e ricavato col metodo voltamperometrico (circuito A) è: $(11 \pm 5) \text{ K}\Omega$, quindi non risultano consistenti fra loro come ci aspettavamo.

Lo scostamento fra valore nominale e ricavato col metodo voltamperometrico (circuito A) è: $(14 \pm 2) \text{ K}\Omega$, quindi non risultano consistenti fra loro come ci aspettavamo.

CIRCUITO B

Raccolta dati:

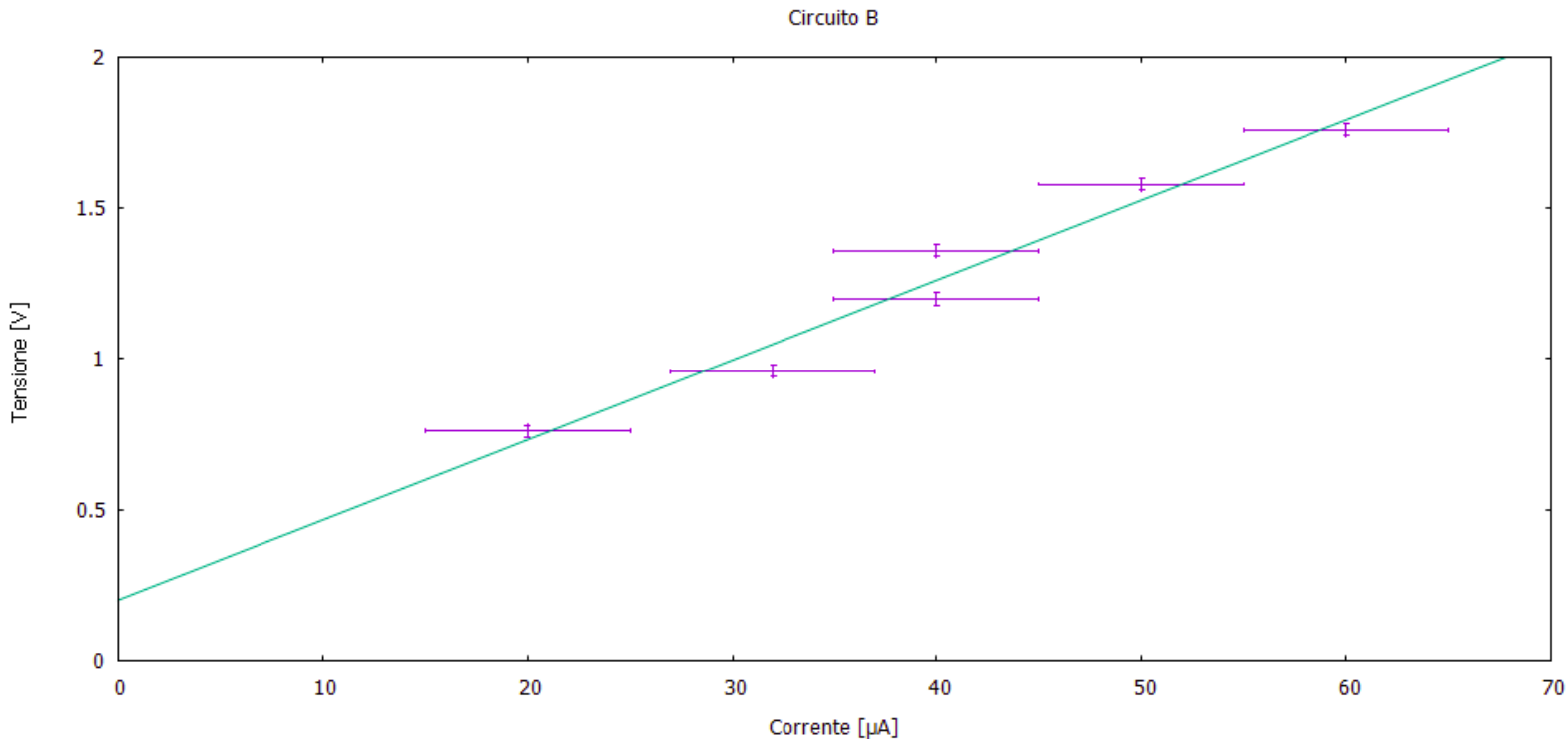
Tramite delle misure preliminari si è verificata una certa relazione di linearità fra voltaggi ed amperaggi.

TENSIONE	CORRENTE
$(0,76 \pm 0,02) \text{ V}$	$(20 \pm 5) \mu\text{A}$
$(0,96 \pm 0,02) \text{ V}$	$(30 \pm 5) \mu\text{A}$
$(1,20 \pm 0,02) \text{ V}$	$(40 \pm 5) \mu\text{A}$
$(1,36 \pm 0,02) \text{ V}$	$(40 \pm 5) \mu\text{A}$
$(1,52 \pm 0,02) \text{ V}$	$(50 \pm 5) \mu\text{A}$
$(1,76 \pm 0,02) \text{ V}$	$(60 \pm 5) \mu\text{A}$

Si noti che gli errori relativi dei valori di corrente non possono essere trascurati rispetto a quelli delle tensioni, perciò utilizziamo il metodo dei minimi quadrati per valori di y e di x con entrambi errori non trascurabili.

Analisi dati:

Con il metodo dei minimi quadrati, dunque, si ottiene la retta:



Il coefficiente di correlazione risulta essere $r=0,981284$, cioè molto prossimo ad uno e perciò è verificata la relazione di linearità fra voltaggio ed amperaggio. Il valore di resistenza che abbiamo scelto è dato dal rapporto fra la tensione più vicina al fondo scala e corrente relativa, perché così si ha il minor errore relativo possibile ad influenzarne il valore; l'errore della resistenza è stato ricavato dalla propagazione degli errori:

$$R_x = \frac{V}{I} = \frac{1,76 \text{ V}}{60 \mu\text{A}} = 29 \text{ K}\Omega$$

$$\delta R_x = R_x \cdot \left(\frac{\delta I}{I} + \frac{\delta V}{V} \right) = 3 \text{ K}\Omega$$

Lo scostamento fra valore misurato e ricavato col metodo voltamperometrico (circuito B) è: $(1 \pm 6) \text{ K}\Omega$, quindi risultano consistenti fra loro come ci aspettavamo.

Lo scostamento fra valore misurato e ricavato col metodo voltamperometrico (circuito B) è: $(4 \pm 4) \text{ K}\Omega$, quindi risultano consistenti fra loro come ci aspettavamo.

Conclusioni:

Mentre il circuito B misura un valore per la resistenza consistente con il valore nominale e quello misurato, il circuito A no, dato che l'amperometro non misura il valore della resistenza R_x , bensì quello della resistenza equivalente R_p data dalla non idealità del voltmetro:

$$R_p = \frac{R_x \cdot R_{intV}}{R_x + R_{intV}} = 17 \text{ K}\Omega$$

$$\delta R_p = \sqrt{\left(\frac{\partial R_p}{\partial R_x} \cdot \delta R_x\right)^2 + \left(\frac{\partial R_p}{\partial R_{intV}} \cdot \delta R_{intV}\right)^2} = 2 \text{ K}\Omega$$

che risulta quindi consistente con il valore trovato con il metodo voltamperometrico con il circuito A, in quanto lo scostamento fra i due valori è: $(2 \pm 2) \text{ K}\Omega$. Un metodo per evitare che l'amperometro misuri R_p è mettere in serie alle resistenze interne del voltmetro dei resistori che rendano la resistenza equivalente nel ramo col voltmetro $R_{eq.V} \gg R_x$, cosicché il valore della resistenza visto dall'amperometro sia circa R_x .