

Fisica 2 (Teoria dei Circuiti)

Esperienza 1

Studenti: Angelo Perotti, Mattia Zagatti, Mattia Dolci

1 Introduzione

Lo scopo di questa esperienza di laboratorio è stato mettere in pratica le nozioni apprese durante le lezioni teoriche, osservando concretamente il comportamento dei circuiti studiati e delle strumentazioni. In particolare, abbiamo verificato la legge di Ohm, le leggi di Kirchhoff e il teorema di Millman. Durante l'esperienza abbiamo anche acquisito familiarità con l'utilizzo della strumentazione di base, come l'alimentatore e il multimetro, necessarie per eseguire misurazioni accurate e analizzare i circuiti.

2 Materiale Utilizzato

Di seguito è riportato il materiale necessario per l'esperimento:

- **Componenti elettronici:** resistori (1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω , 10 M Ω), breadboard.
- **Strumenti di misura:** multimetro digitale, alimentatore da banco.
- **Cavi:** cavi banana-banana, cavi jumper.

3 Cenni Teorici

- **Legge di Ohm:** $V = R \cdot I$, che rappresenta la relazione caratteristica dei resistori.
- **Prima legge di Kirchhoff delle correnti:** $\sum_{e=1}^n i_e = \sum_{u=1}^m i_u$, ovvero la somma delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti.
- **Legge di Kirchhoff delle tensioni:** $\sum_{k=1}^n V_k = 0$, ossia la somma algebrica delle tensioni in una maglia è nulla.
- **Teorema di Millman:** $V_0 = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{V_k}{R_k}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$, ovvero la tensione ai terminali di un nodo comune a n rami è il rapporto tra la somma delle tensioni divise per le rispettive resistenze e la somma dei reciproci delle resistenze.

4 Esperimento 1: misura di tensione

4.1 Procedura Sperimentale

È stato realizzato un partitore di tensione su breadboard (Figura 1), con un generatore da 6 V, due resistori in serie e un multimetro in parallelo al secondo resistore. Impostati i limiti di corrente e tensione del generatore a 6 mA e 6 V, si è attivato il generatore e misurata la tensione ai capi del secondo resistore. Successivamente, si è variata la coppia di resistori per ogni misurazione.

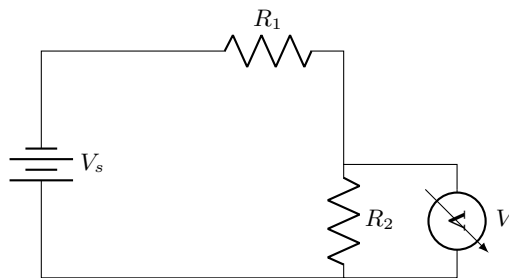


Figure 1: Circuito partitore di tensione.

4.2 Risultati

La tabella seguente riporta i valori di tensione misurati e il confronto con i valori teorici per diverse configurazioni di R_1 e R_2 :

Test	R_1	R_2	V_{R_2} (misurato)	$V_{expected}$
1	1 k Ω	1 k Ω	2.99 V	3V
2	1 k Ω	500 Ω	1.99 V	2V
3	10 k Ω	10 k Ω	2.99 V	3V
4	100 k Ω	100 k Ω	2.98 V	3V
5	1 M Ω	1 M Ω	2.84 V	3V
6	10 M Ω	10 M Ω	1.84 V	3V

4.3 Analisi e Discussione

I risultati delle misurazioni mostrano una buona corrispondenza con i valori teorici per configurazioni di resistenze con valori bassi e medi. Tuttavia, quando vengono utilizzate resistenze elevate (nell'ordine dei megaohm), si osserva che la tensione misurata è inferiore rispetto al valore previsto teoricamente.

Questa discrepanza è attribuibile alla resistenza interna del multimetro, che si comporta come un carico addizionale nel circuito. La resistenza interna del multimetro è infatti confrontabile con i valori elevati dei resistori utilizzati in questi casi, introducendo un effetto di divisione di tensione non trascurabile.

Considerando una resistenza interna stimata nell'ordine di diversi megaohm, è possibile spiegare la diminuzione della tensione misurata ai capi del secondo resistore. Questo fenomeno evidenzia l'importanza di considerare le specifiche tecniche degli strumenti di misura, in particolare per configurazioni con elevati valori resistivi.

4.4 Conclusione

La verifica del partitore di tensione ha confermato la validità della teoria, mostrando una corrispondenza tra i valori teorici e quelli misurati per resistenze basse e medie. Tuttavia, per valori resistivi elevati (nell'ordine dei megaohm), la tensione misurata ha mostrato una deviazione dai valori teorici. Ciò è stato attribuito alla resistenza interna del multimetro, che ha introdotto un carico addizionale sul circuito.

5 Esperimento 2: teorema di Millman

5.1 Procedura Sperimentale

Nella seconda parte di questa esperienza di laboratorio è stato illustrato il teorema di Millman, derivato dalle leggi di Kirchhoff, che permette di calcolare la tensione ai capi di un nodo comune ad n rami con generatori di tensione e resistenze in parallelo. Il teorema è stato poi verificato sperimentalmente costruendo il circuito mostrato in Figure 2.

Il circuito è stato realizzato con tre generatori di tensione connessi ciascuno in serie a un resistore da 1 k Ω , e una resistenza da 10 k Ω collegata in parallelo ai tre rami. Il multimetro, configurato come amperometro, è stato usato per misurare la corrente nei rami con i generatori, e successivamente è stata misurata la tensione ai capi della resistenza da 10 k Ω . I risultati delle misurazioni sono riportati nella seguente tabella.

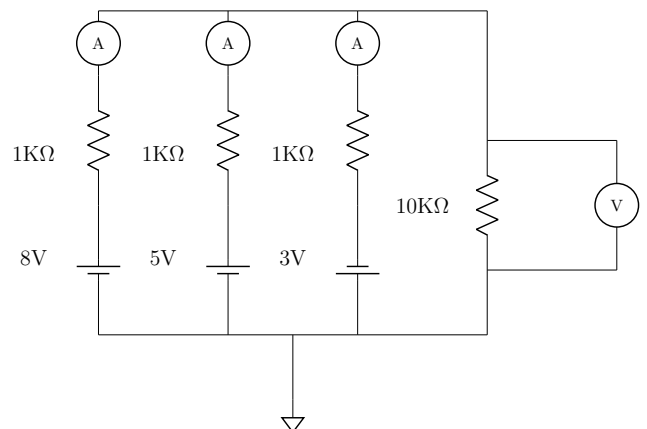


Figure 2: Circuito utilizzato per l'esperimento.

5.2 Risultati

Ramo misurato	Tensione	Corrente
1 Ramo	+8V	+1,7mA
2 Ramo	+5V	+4,7mA
3 Ramo	-3V	-6,05mA

5.3 Analisi e Discussione

Applichiamo Millman utilizzando i risultati ottenuti sperimentalmente:

$$V_0 = \frac{\sum_i \frac{V_c}{R_c}}{\sum_i \frac{1}{R_i}} = \frac{\frac{8V}{1K\Omega} + \frac{5V}{1K\Omega} - \frac{3V}{1K\Omega}}{\frac{1}{1K\Omega} + \frac{1}{1K\Omega} + \frac{1}{1K\Omega} + \frac{1}{10K\Omega}} = \frac{\frac{10V}{1K\Omega}}{\frac{31}{10K\Omega}} = \frac{10V \cdot 10K\Omega}{1K\Omega \cdot 31} = 3,22V$$

È possibile notare che la tensione misurata ai capi del resistore da 10 kΩ risulta vicina al valore teorico calcolato con il teorema di Millman, confermandone la validità.

Possiamo ora stimare la corrente di lato sul resistore da 10 kΩ applicando la legge di Kirchhoff ai nodi:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_{10k\Omega} = 0$$

Con I_1 , I_2 e I_3 le correnti misurate rispettivamente nei tre rami e $I_{10k\Omega}$ la corrente di lato nel resistore da 10 kΩ, da cui:

$$I_{10k\Omega} = -(1.7 \text{ mA} + 4.7 \text{ mA} - 6.05 \text{ mA}) \longrightarrow I_{10k\Omega} = -0.35 \text{ mA}$$

Pertanto, la corrente di lato attraverso il resistore da 10 kΩ è: $I_{10k\Omega} = 0.35 \text{ mA}$

Questa corrente conferma il bilancio delle correnti nel nodo e rispetta la legge di Kirchhoff.

5.4 Conclusione

L'esperimento ha dimostrato la validità del Teorema di Millman, con la tensione calcolata teoricamente corrispondente ai valori sperimentali misurati. L'applicazione delle leggi di Kirchhoff ha inoltre confermato il bilancio delle correnti nel nodo, validando ulteriormente i principi teorici. La capacità di calcolare tensioni e correnti nei circuiti complessi è stata consolidata attraverso la verifica pratica del teorema.

6 Esperimento 3: Legge di Ohm

6.1 Procedura Sperimentale

Lo scopo dell'esercizio è quello di misurare il rapporto corrente/tensione riguardo al circuito in Figura 3, composto da un resistore da 500Ω e da una tensione di Vs che assume valori diversi, i risultati delle misurazioni sono riportati in tabella.

La tensione Vs viene generata da un alimentatore, mentre la corrente viene misurata mediante un multimetro configurato come amperometro, posizionato in serie al resistore.

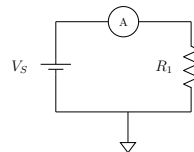


Figure 3

6.2 Risultati

V_s [V]	I_s [mA]	I_t [mA]	I_s/V_s	I_t/V
1	2.02	2	2.02	2
2	4.04	4	2.02	2
3	6.07	6	2.02	2
4	8.08	8	2.02	2
5	10.1	10	2.02	2
6	12.1	12	2.02	2
7	14.1	14	2.02	2
8	16.2	16	2.02	2

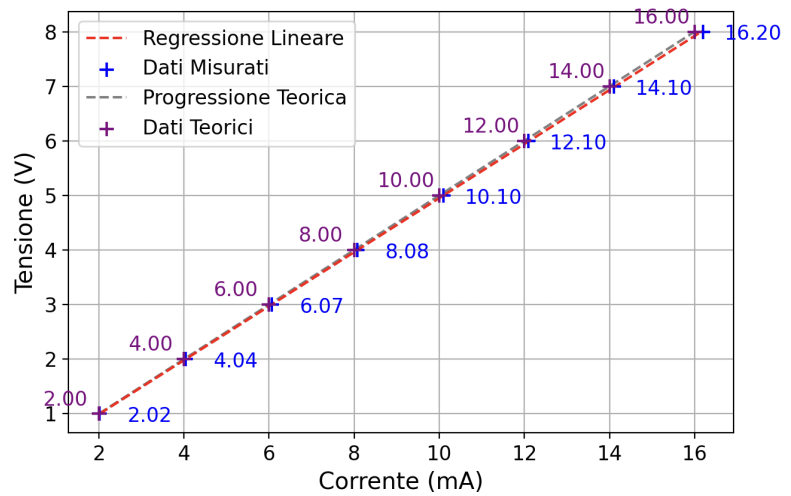


Figure 4: Grafico corrente-tensione con regressione lineare sui dati

6.3 Analisi e Discussione

L'esperimento si è basato sull'applicazione della Legge di Ohm, che stabilisce che la corrente I che attraversa un resistore è direttamente proporzionale alla tensione V applicata ai suoi capi e inversamente proporzionale alla resistenza R del componente: $I = \frac{V}{R}$

Questa relazione implica che, in un circuito lineare, il rapporto $\frac{V}{I}$ rimane costante ed è pari alla resistenza del resistore, mentre il reciproco di tale valore è noto come conduttanza (G), misurata in Siemens.

Durante l'esperimento, sono stati raccolti valori di corrente misurati (I_s) e teorici (I_t), confrontando questi ultimi con i valori calcolati dalla relazione $I_t = \frac{V_s}{R}$. I risultati dimostrano che il rapporto tra tensione e corrente si mantiene costante, con lievi discrepanze tra i valori misurati e teorici, ottenuti applicando la legge di Ohm. Vediamo come, applicando la legge in questione, il rapporto tra corrente e tensione risulta sempre circa uguale a 2, questo perché esse sono legate da un rapporto di proporzionalità diretta. Il valore ricavato è chiamato conduttanza, si misura in siemens ed esprime l'attitudine di un conduttore ad essere percorso da corrente elettrica.

6.4 Conclusione

L'analisi del circuito resistivo ha confermato che il rapporto tra corrente e tensione è costante, come previsto dalla Legge di Ohm. Il valore sperimentale della conduttanza è risultato prossimo a quello teorico, con leggere discrepanze attribuibili alla tolleranza del resistore utilizzato. La relazione lineare tra tensione e corrente, evidenziata anche graficamente, ha fornito un riscontro chiaro della proporzionalità diretta descritta dalla legge.