

**ESPERIENZA N.1: CASSETTE**

**SCOPO:** Misura della resistenza elettrica di un resistore tramite misura diretta con tester e tramite metodo volt-amperometrico.

**Descrizione della cassetta e degli strumenti di misura**

La cassetta a disposizione degli studenti contiene:

- Tre resistenze  $R_1, R_2, R_3$ , un condensatore  $C$ , un induttanza  $L$  ed altri componenti che non saranno utilizzati.
- Due potenziometri con una resistenza totale di  $500\Omega$  comandati da una manopola a 10 giri.
- Un generatore di tensione (pila) attivabile con un pulsante..
- Due connettori BNC per il collegamento al generatore di funzioni ed all'oscilloscopio.
- Un milliamperometro di classe 2 con fondo scala 50mA.
- Un tester analogico con strumento di classe 2, in grado lavorare come voltmetro, amperometro e ohmetro.

I componenti e gli strumenti sono accessibili attraverso delle boccole in cui possono essere inseriti i cavi in dotazione a ciascun banco.

Quando si effettua una misura, è essenziale valutarne l'errore. Le misure di tensione e di corrente effettuate con il tester o con il milliamperometro hanno un errore che si può stimare dalla seguente relazione:

$$\begin{aligned}\Delta V &= Classe \cdot 10^{-2} \cdot V_{FondoScala} \\ \Delta I &= Classe \cdot 10^{-2} \cdot I_{FondoScala}\end{aligned}\quad (1.1)$$

Per esempio, una misura di tensione su uno strumento di classe 1 utilizzato sul fondo scala di 2V avrà un errore di 20mV.

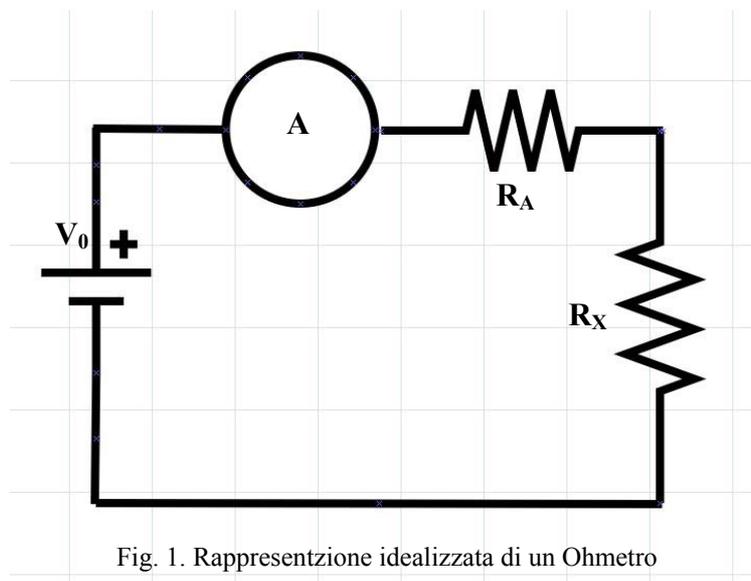
**Misura delle resistenze utilizzando l'ohmetro del tester**

Fig. 1. Rappresentazione idealizzata di un Ohmetro

Il tester può essere utilizzato in modo "ohmetro" per misurare direttamente resistenze. Poiché lo strumento di base è comunque un amperometro, lo si utilizza per misurare la corrente che attraversa la resistenza incognita quando ai suoi capi viene posta una differenza di potenziale nota, fornita da una pila interna al tester. Concettualmente il circuito può essere rappresentato come in fig. 1

La corrente misurata dall'amperometro è data da  $I = \frac{V_0}{R_x + R_A}$ . Noti gli altri

parametri esiste quindi una corrispondenza tra corrente e resistenza che può essere disegnata sulla scala dell'ampmetro. E' chiaro però che questa scala non è lineare (e cresce in verso opposto a quella delle correnti): infatti il valore massimo (infinito) della resistenza  $R_X$  corrisponde ad una corrente nulla, all'opposto il valore massimo (corrente di fondo scala  $I_{FS} = \frac{V_0}{R_A}$ ) della corrente corrisponderà ad una resistenza  $R_X = 0$  (corto circuito). Il fatto che la scala non sia lineare ha come conseguenza che l'errore di misura non è costante. Uno schema dell'errore percentuale  $\frac{\Delta R_X}{R_X}$  in funzione della posizione della lancetta del tester è riportato in fig. 2. L'errore è molto grande agli estremi della scala, conviene quindi lavorare in una regione centrale, approssimativamente tra il 25% ed il 75% della scala. Il valore dell'errore graficato è valido per un tester di classe 1, in caso diverso l'errore andrà moltiplicato per la classe dello strumento.

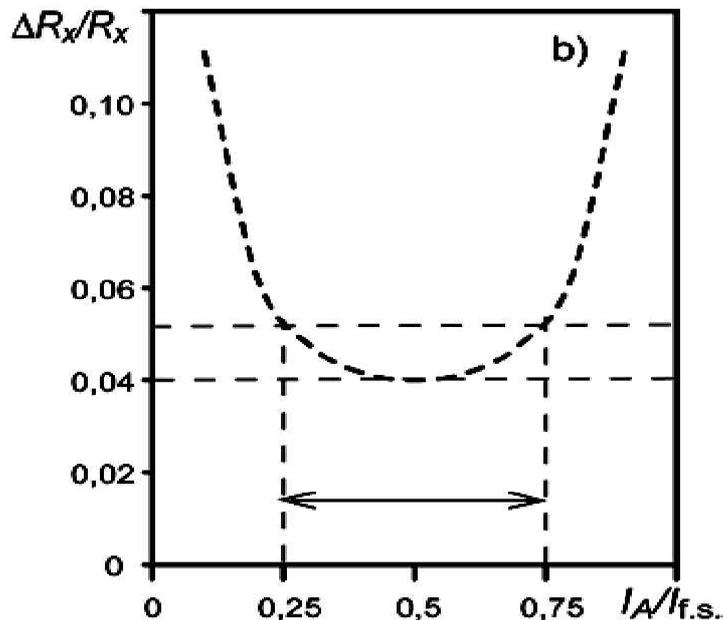


Fig. 2. Errore percentuale nella misura di resistenza con un Ohmetro di classe 1

Naturalmente il circuito interno al tester è più complicato di quello idealizzato sopra descritto. Oltre alla piccola resistenza interna dell'ampmetro, ci sono altre resistenze che permettono di adattarne la sensibilità a diversi valori della resistenza incognita. Inoltre esiste una resistenza variabile comandata da una manopola che permette di tarare il valore di  $I_{FS}$  (con resistenza esterna nulla) per le diverse sensibilità ed al variare dello stato di carica della pila interna. La procedura per la misura della resistenza con l'ohmetro sarà la seguente:

1. Scegliere la scala opportuna (nel nostro caso selezionando una delle boccole marcate  $\Omega \times 1 \dots \Omega \times 1000$ ) in modo che la lancetta stia nella regione di errore minimo (lontano da entrambi gli estremi della scala)
2. Cortocircuitare l'ingresso del tester e regolare la resistenza variabile fino a che la lancetta segna  $R=0$ . Questa operazione va fatta inizialmente ed ogni volta che si cambia scala. Se la

lancetta non riesce a raggiungere lo 0 nella scala più bassa significa che la pila è troppo scarica e va sostituita.

3. Togliere il corto circuito ed effettuare la misura. Il valore della resistenza è quello letto sulla scala superiore del tester, moltiplicato per la portata scelta.

Non dimenticare, quando si calcolano quantità ricavate da valori precedente stimati o misurati (per esempio il valore della serie di due resistenze) di calcolarne sempre l'errore, con le note formule di propagazione.

### Misura delle resistenze utilizzando il metodo Volt-Amperometrico

Per la misura di una resistenza  $R_X$ , usando un voltmetro ed un amperometro, si possono costruire due circuiti, con l'amperometro a monte (fig. 3) o a valle (fig. 4) del voltmetro. In entrambi i casi gli strumenti perturbano la misura introducendo un errore sistematico. Se le resistenze degli strumenti fossero trascurabili (nulla quella dell'amperometro e infinita quella del voltmetro), si avrebbe semplicemente che la resistenza misurata  $R_M = V/I_A$  coincide con quella incognita  $R_X$ .

Nel circuito di fig. 3 la tensione misurata dal voltmetro coincide con la differenza di potenziale ai

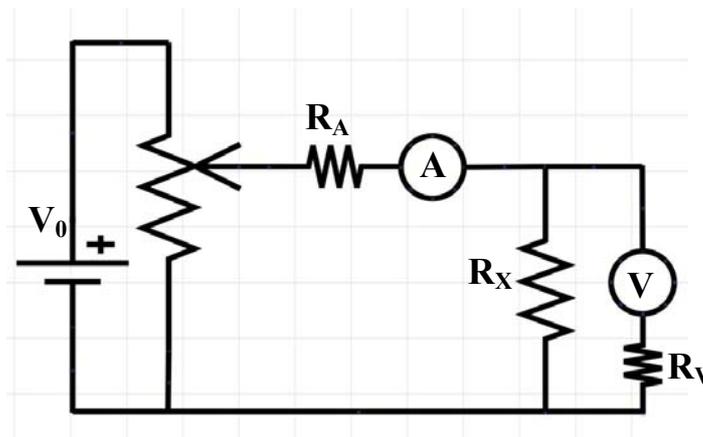


Fig. 3. Circuito con amperometro a monte del voltmetro

capi della resistenza ( $V = R_X I_X = R_V I_V$ ), ma la corrente misurata dal milliamperometro include anche quella che fluisce nel ramo del voltmetro:  $I_A = I_X + I_V$ . Pertanto:

$$R_M = \frac{V}{I_X + I_V} = \frac{R_X I_X}{I_X \left(1 + \frac{R_X}{R_V}\right)} = \frac{R_X R_V}{R_X + R_V} \quad (1.2)$$

L'errore sistematico sulla resistenza  $R_X$  è:

$$\Delta R_X = |R_M - R_X| = \frac{R_X R_V}{R_X + R_V} - R_X = -\frac{R_X^2}{R_V \left(1 + \frac{R_X}{R_V}\right)} \quad (1.3)$$

Poiché in generale si avrà  $R_X \ll R_V$  la (1.3) si potrà scrivere:

$$\Delta R_X = \frac{R_X^2}{R_V} \quad (1.4)$$

Nel circuito di fig. 4 invece la corrente misurata dall'amperometro è quella che circola nella resistenza  $R_X$  ma la differenza di potenziale misurata dal voltmetro include anche la caduta di tensione ai capi dell'amperometro:  $V = I_A (R_X + R_A)$ . La resistenza misurata sarà:

$$R_M = \frac{V}{I_A} = \frac{I_A (R_X + R_A)}{I_A} = R_X + R_A \quad (1.5)$$

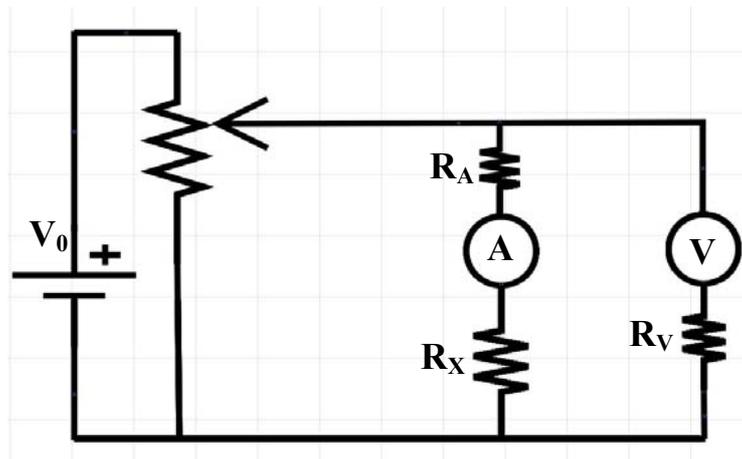


Fig. 4 Circuito con amperometro a valle del voltmetro

L'errore sistematico è in questo caso  $\Delta R_X = |R_M - R_X| = R_A$ . Gli errori sistematici delle due tipologie di circuito sono uguali quando  $R_V = \frac{R_X^2}{R_A} \rightarrow R_X = \sqrt{R_A R_V}$ . Pertanto:

- Nel caso  $R_X < \sqrt{R_A R_V}$  (resistenza incognita piccola) si sceglierà il circuito di fig. 3 (amperometro a monte del voltmetro).
- Se invece  $R_X > \sqrt{R_A R_V}$  (resistenza incognita grande) si dovrà scegliere il circuito di fig. 4 (amperometro a valle del voltmetro).

**RACCOLTA ED ANALISI DEI DATI: Noti:** tester di classe 2; milli-amperometro di classe 2.

**1. Misure dirette di resistenze con il tester**

- a. Misura mediante tester della resistenza elettrica dei resistori R1, R2, R3 e stima degli errori di misura.
- b. Misura diretta mediante tester della resistenza elettrica di due resistenze in serie e stima degli errori di misura.
  - i. Conviene scegliere due resistenze di valore vicino, altrimenti il risultato è dominato dalla resistenza più grande.
  - ii. I risultati vanno confrontati con il valore della serie calcolato a partire dalle misure fatte al punto a. (non dimenticare di calcolarne l'errore).
- c. Misura diretta mediante tester della resistenza elettrica di due resistenze in parallelo e calcolo degli errori di misura.
  - i. Conviene scegliere due resistenze di valore vicino, altrimenti il risultato è dominato dalla resistenza più piccola.
  - ii. I risultati vanno confrontati con il valore del parallelo calcolato a partire dalle misure fatte al punto a. (non dimenticare di calcolarne l'errore)

**2. Misure di resistenze con il metodo volt-amperometrico**

- a. Costruire il circuito relativo al metodo volt-amperometrico per la misura di una delle resistenze.
  - i. E' preferibile scegliere la resistenza che permetta di utilizzare tutta la scala del milliamperometro (50 mA)
  - ii. Una volta scelta la resistenza, valutare se è preferibile il circuito con il voltmetro a monte o a valle dell'amperometro.
- b. Registrare i valori di tensione e di corrente per almeno 10 posizioni del reostato, e riportarli su un grafico cartesiano (con i relativi errori di misura).
- c. Calcolare il valore resistenza e dell'errore ad essa relativo con la media pesata, e riportare la retta relativa sul grafico

Nota:

- Le pagine che seguono contengono uno schema della relazione, che può anche essere modificato secondo le necessità.
  - Oltre ai valori calcolati e misurati, riportare nella relazione anche le formule utilizzate, in particolare per il calcolo degli errori e delle medie pesate.
- Le relazioni vanno conservate e portate all'esame orale (una copia per studente, anche se fatte in gruppo).

- Data dell'esperienza: \_\_\_\_\_ Cassetta n. \_\_\_\_\_

Gruppo: \_\_\_\_\_

Cognome e Nome: \_\_\_\_\_

Matricola: \_\_\_\_\_

Cognome e Nome: \_\_\_\_\_

Matricola: \_\_\_\_\_

Cognome e Nome: \_\_\_\_\_

Matricola: \_\_\_\_\_

## CASSETTA

### 1) Misure con il tester

#### a. Misura diretta delle resistenze:

Risultati:     R1 =                                     ±  
                  R2 =                                     ±  
                  R3 =                                     ±

#### b. Misura di resistenze in serie:

Valore calcolato:      $R_S = R_{-} + R_{-} =$                                      ±

Formula per l'errore:  $\Delta R_S =$

Valore misurato:      $R_S = R_{-} + R_{-} =$                                      ±

#### c. Misura resistenze in parallelo:

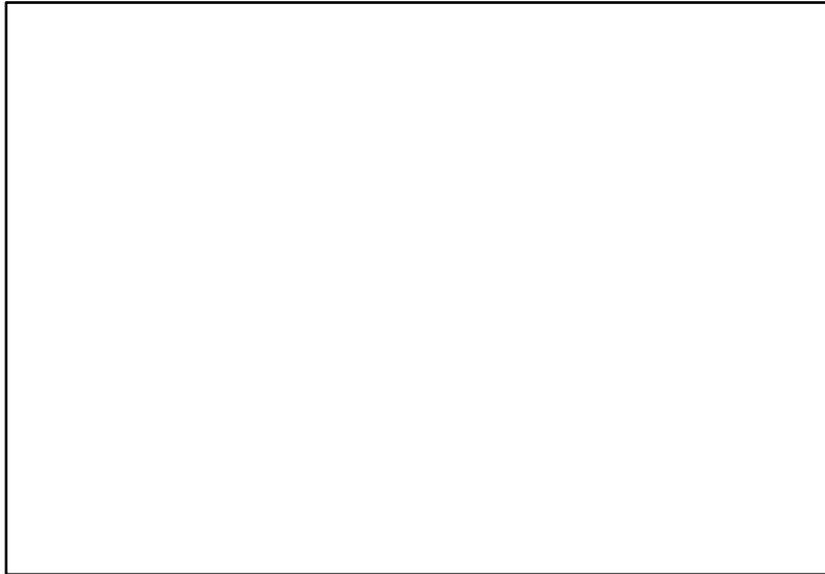
Valore calcolato:      $R_{||} = R_{-} || R_{-} =$                                      ±

Formula per l'errore:  $\Delta R_{||} =$

Valore misurato:      $R_{||} = R_{-} || R_{-} =$                                      ±

## 2) Misure con il metodo volt-amperometrico

a. Schema del circuito utilizzato:



b: Misure delle coppie corrente-tensione

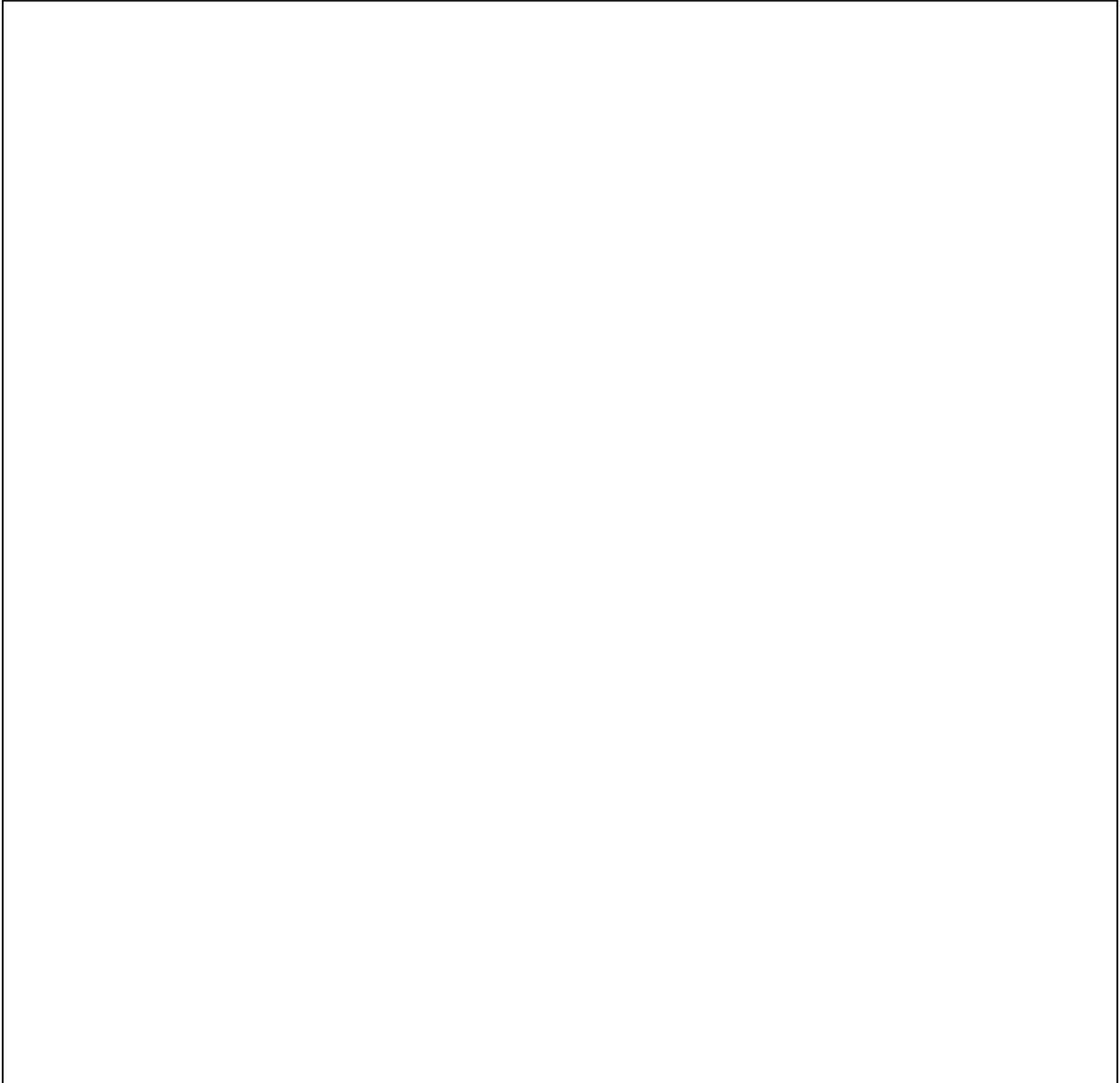
	I [mA]	I <sub>fs</sub> [mA]	ΔI [mA]	V [V]	V <sub>fs</sub> [V]	ΔV[V]	R [Ω]	ΔR [Ω]

Calcolo della media pesata:

R<sub>o</sub> =

ΔR =

d. Grafico delle misure e della retta corrispondente alla misure



Eventuali note