

LABORATORIO DI FISICA 2

Misure diretta di resistenze e capacità con un multimetro digitale.

DESCRIZIONE DEGLI STRUMENTI DI MISURA:

In Fig. 1 è mostrato lo schema del pannello frontale della *cassetta* utilizzata in laboratorio per alcune esperienze.

Nella cassetta troviamo assemblati i seguenti elementi:

- 1) **Milliamperometro** (ICE 840, corrente di fondo scala $I_{f.s.} = 50$ mA, classe 1.5). Viene inserito nei circuiti tramite le boccole B_{31} e B_{32} .
- 2) **Multimetro digitale** (serie 110): utilizzato, nelle esperienze da realizzare, per la misura diretta di differenze di potenziale, resistenze e capacità. Il multimetro viene inserito nei circuiti tramite la seconda e terza boccola poste nella parte bassa dello strumento e selezionando con la manopola centrale la funzione: V differenza di potenziale, Ω resistenza e $\text{--}(\text{--})$ capacità. La lettura del valore della grandezza è digitale con 4 cifre. La precisione con cui vengono determinati i valori delle diverse grandezze sono rispettivamente:

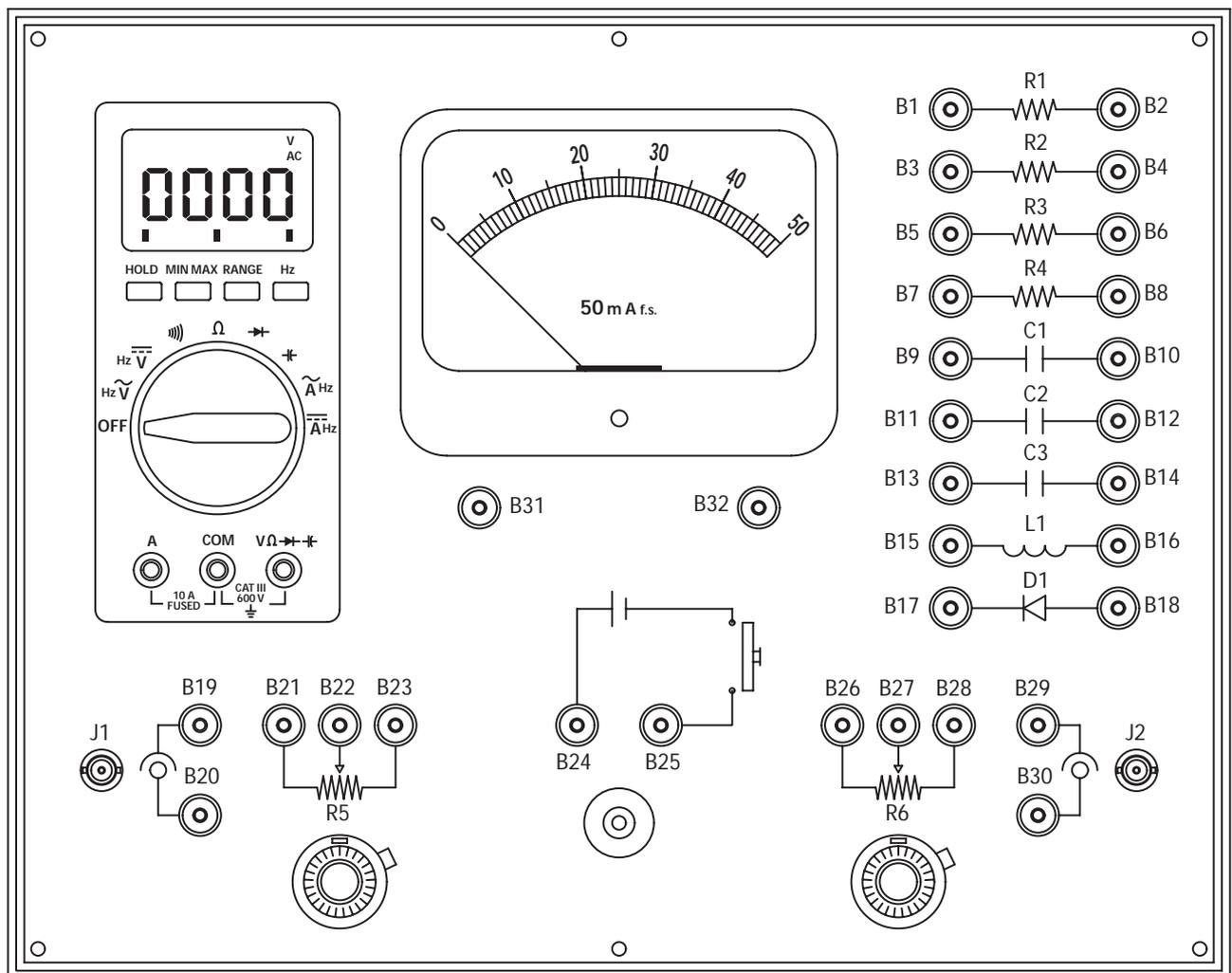


Figura 1: Schema del pannello frontale della cassetta utilizzata in laboratorio.

- differenze di potenziale $\Delta V = \pm 0.7 \cdot 10^{-2} V$,
 ➤ resistenze $\Delta R = \pm 0.9 \cdot 10^{-2} R$,
 ➤ capacità $\Delta C = \pm 1.9 \cdot 10^{-2} C$.
- (1)
- 3) **Resistori:** R_1, R_2, R_3, R_4 .
 - 4) **Condensatori:** C_1, C_2, C_3 .
 - 5) Induttanza: L_1 .
 - 6) Diodo: D_1 .
 - 7) **Reostati (Helipot):** R_5 e R_6 . Il valore della resistenza di ciascun reostato può essere variato tramite la rotazione del *cursor*, collegato rispettivamente alle boccole B_{22} e B_{27} . I valori della resistenza variano da 0Ω al valore massimo di 500Ω in 10 giri di 50 divisioni ciascuno (1Ω /divisione). La linearità della scala è data allo 0.25%.
 - 8) **Pila:** Viene inserita nel circuito tramite le boccole $B_{24}(+)$ e $B_{25}(-)$. Premendo il tasto posto al disotto delle boccole si inserisce la pila nel circuito.
 - 9) Connettori: J_1 e J_2 . Servono per la realizzazione di circuiti che richiedono l'oscilloscopio.

VALUTAZIONE DEGLI ERRORI DI MISURA SULLE RESISTENZE E SULLE CAPACITÀ⁽¹⁾:

Resistenze

- 1) L'errore ΔR sul valore R della resistenza misurata si calcola tramite l'Eq(1).
- 2) L'errore relativo è $\Delta R / R$.
- 3) L'errore percentuale è l'errore relativo moltiplicato per 100.
- 4) Errore da attribuire al *valore calcolato* della **resistenza equivalente della serie:**

$$R = R_2 + R_3 : \quad (2)$$

utilizzando l'espressione della propagazione degli errori in misure indirette e conoscendo gli errori (indipendenti) sulle singole resistenze R_2 e R_3 , si ottiene:

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial R_2}\right)^2 \Delta R_2^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial R_3}\right)^2 \Delta R_3^2} = \sqrt{\Delta R_2^2 + \Delta R_3^2} \quad (3)$$

- 5) Errore da attribuire al *valore calcolato* della **resistenza equivalente del parallelo:**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} : \quad (4)$$

conoscendo l'errore sulle singole resistenze, ΔR_2 e ΔR_3 , si ottiene:

¹ Le formule di propagazione degli errori in misure indirette utilizzate in seguito, sono date senza dimostrazione. Nel sito <http://www.fisica.unipd.it/didattica/ingegneria> si trovano le dispense "Elementi di teoria degli errori di misura" per il Laboratorio dei Corsi di Fisica in cui le formule vengono dedotte (paragrafo 5).

$$\begin{aligned}\Delta R &= \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial R_2}\right)^2 \Delta R_2^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial R_3}\right)^2 \Delta R_3^2} \\ &= R^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{R_2^2} \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \frac{1}{R_3^2} \left(\frac{\Delta R_3}{R_3}\right)^2}\end{aligned}\quad (5)$$

Capacità

1) Per la valutazione degli errori sulle misure delle singole capacità C_1, C_2, C_3 si procede come per le resistenze ancora utilizzando ancora la (1).

2) L'errore da attribuire alla **capacità equivalente della serie** C_2, C_3 :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} \quad (6)$$

è ovviamente:

$$\Delta C = C^2 \sqrt{\frac{1}{C_2^2} \left(\frac{\Delta C_2}{C_2}\right)^2 + \frac{1}{C_3^2} \left(\frac{\Delta C_3}{C_3}\right)^2} \quad (7)$$

3) L'errore da attribuire al valore calcolato della **capacità equivalente del parallelo** C_2, C_3

$$C = C_2 + C_3 \quad (8)$$

è ovviamente:

$$\Delta C = \sqrt{\Delta C_2^2 + \Delta C_3^2} \quad (9)$$

REALIZZAZIONE DELL'ESPERIENZA:

Misura di resistenze

- 1) Si predisporre il multimetro per misure di resistenze. Inserire i puntali del multimetro nelle boccole di ciascuna resistenza (es. le boccole B_1 e B_2 per R_1 , B_3 e B_4 per R_2 ,). **Misurare** il valore della resistenza dei resistori R_1 , R_2 e R_3 e valutare gli errori di misura tramite la (1).
- 2) **Calcolare** il valore della resistenza elettrica equivalente del sistema (Eq.(2)) di resistori R_2 e R_3 in **serie** e valutare l'errore su questa quantità (Eq.(3)).
- 3) **Misurare con il multimetro** il valore della resistenza elettrica equivalente del sistema di resistori R_2 e R_3 in serie e valutare l'errore di misura con l'Eq(1)
- 4) Confrontare fra di loro i risultati del punto 2) e del punto 3).
- 5) **Calcolare** il valore della resistenza elettrica equivalente del sistema di resistori R_2 e R_3 in **parallelo** (Eq. (4)) e valutare l'errore su questa quantità (Eq.(5)).
- 6) **Misurare con il multimetro** il valore della resistenza elettrica equivalente del sistema di resistori R_2 e R_3 in parallelo e valutare l'errore di misura tramite l'Eq(1).
- 7) Confrontare fra di loro i risultati del punto 5) e del punto 6).

Misura di capacità

- 1) Si predisporre il multimetro per misure di capacità. Inserire i puntali del multimetro nelle boccole di ciascuna capacità (es. le boccole B_9 e B_{10} per C_1 , B_{11} e B_{12} per C_2 , ...). **Misurare** il valore della capacità dei condensatori C_1 , C_2 e C_3 e valutare gli errori di misura tramite l'Eq(1).
- 2) **Calcolare** il valore della capacità equivalente del sistema (Eq.(6)) di condensatori C_2 e C_3 in **serie** e valutare l'errore su questa quantità (Eq. (7)).
- 3) **Misurare con il multimetro** il valore della capacità equivalente del sistema di condensatori C_2 , C_3 in serie e valutare l'errore di misura con l'Eq(1)
- 4) Confrontare fra di loro i risultati del punto 2) e del punto 3).
- 5) **Calcolare** il valore della capacità equivalente del sistema di condensatori C_2 , C_3 in **parallelo** (Eq.(8)) e valutare l'errore su questa quantità (Eq.(9)).
- 6) **Misurare con il multimetro** il valore della capacità equivalente del sistema di condensatori C_2 , C_3 in parallelo e valutare l'errore di misura tramite l'Eq(1).
- 7) Confrontare fra di loro i risultati del punto 5) e del punto 6).

➤ **Si ricordi che le relazioni vanno consegnate all'assistente di laboratorio tassativamente entro il turno di laboratorio successivo.**

Data dell'esperienza: _____ Cassetta n. _____ Gruppo: _____
 Cognome e Nome: _____ Matricola: _____
 Cognome e Nome: _____ Matricola: _____
 Cognome e Nome: _____ Matricola: _____
 Assistente: _____

MISURA DIRETTA DI RESISTENZE E CAPACITA' CON IL MULTIMETRO DIGITALE.

Misura di resistenze

1) Risultati della misura delle resistenze R_1 , R_2 e R_3 :

$R_1 =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

$R_2 =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

$R_3 =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

2) Misura della **resistenza equivalente R_{eq} della serie (R_2 , R_3):**

a) valore calcolato della resistenza R_{eq} tramite le formule (2), (3):

$R_{eq} =$ _____ $\Delta R_{eq} =$ _____

$R_{eq} =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

b) risultato della misura diretta di R_{eq} :

$R_{eq} =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

3) Misura della **resistenza equivalente R_{eq} del parallelo (R_2 , R_3):**

a) valore calcolato della resistenza R_{eq} tramite le formule (4), (5):

$R_{eq} =$ _____ $\Delta R_{eq} =$ _____

$R_{eq} =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

b) risultato della misura diretta di R_{eq} :

$R_{eq} =$ _____ \pm _____ errore percentuale: _____

Misura di capacità

1) Risultati delle misure delle capacità C_1 , C_2 e C_3 :

$$C_1 = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

$$C_2 = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

$$C_3 = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

2) Misura della **capacità equivalente C_{eq} della serie (C_2 , C_3)**:

a) valore calcolato della capacità C_{eq} tramite le formule (6), (7):

$$C_{eq} = \quad \Delta C_{eq} =$$

$$C_{eq} = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

b) risultato della misura diretta di C_{eq} :

$$C_{eq} = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

3) Misura della **capacità equivalente C_{eq} del parallelo (C_2 , C_3)**:

a) valore calcolato della capacità C_{eq} tramite le formule (8), (9):

$$C_{eq} = \quad \Delta C_{eq} =$$

$$R_{eq} = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$

b) risultato della misura diretta di C_{eq} :

$$C_{eq} = \quad \pm \quad \text{errore percentuale:}$$