

Circuiti 1

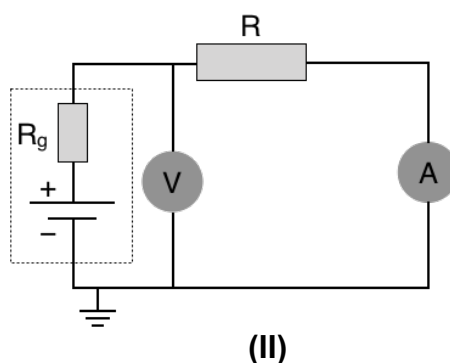
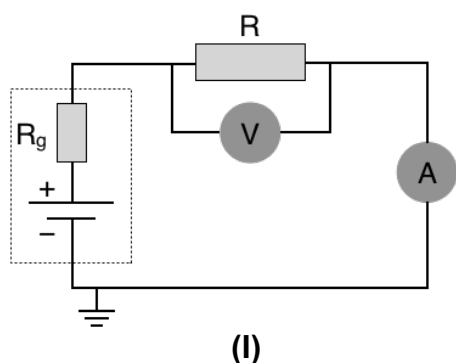
Obiettivi generali

- Configurare opportunamente gli strumenti per effettuare misure di resistenze
- Verificare la legge di Ohm
- Caratterizzazione corrente-tensione di un dispositivo non lineare

PARTE PRIMA: misura della caratteristica corrente-tensione di un resistore

Obiettivi specifici

- Valutazione della migliore configurazione degli strumenti
- Verifica della legge di Ohm



Valutazione della migliore configurazione degli strumenti

I due circuiti (I) e (II) vanno utilizzati in relazione al valore della resistenza di carico R e al valore delle resistenze parassite degli strumenti. La configurazione (I) va usata per resistenze R "piccole" rispetto alla resistenza interna del Voltmetro, mentre la configurazione (II) va utilizzata per resistenze R "grandi" rispetto alla resistenza interna dell'Amperometro.

Si consideri prima la configurazione (I). Per individuare il valore della resistenza interna del Voltmetro, R_v , è sufficiente applicare la legge di Ohm al parallelo delle resistenze R ed R_v (con R nota). Utilizzare valori di R dell'ordine di qualche centinaio di kilo Ohm, o Mega Ohm.

Si consideri ora la configurazione (II). Per individuare il valore della resistenza interna dell'Amperometro, R_A , è sufficiente applicare la legge di Ohm alla serie delle resistenze R ed R_A (con R nota). Utilizzare valori di R dell'ordine di qualche Ohm

DOMANDE e considerazioni guida per la relazione sull'esperienza di laboratorio

1. Giustificare quale dei due circuiti è più idoneo per la misura di resistenze "piccole" e quale per la misura di resistenze "grandi" in base all'ordine di grandezza delle resistenze interne del Voltmetro e dell'Amperometro

Verifica della legge di Ohm

Scelta la configurazione degli strumenti di misura si vari la tensione di alimentazione del circuito e si misuri la differenza di potenziale ai capi di un resistore e la corrente che lo attraversa (si raccolgano almeno una ventina di misure). Si costruisca il grafico $V(I)$:

- si stimino gli errori sui singoli punti V_i , I_i (l'indice i identifica la misura i -esima)
- si verifichi la validità della legge di Ohm (in modo quantitativo)
- si determini il valore della resistenza e la relativa incertezza

Misura di resistenze composite

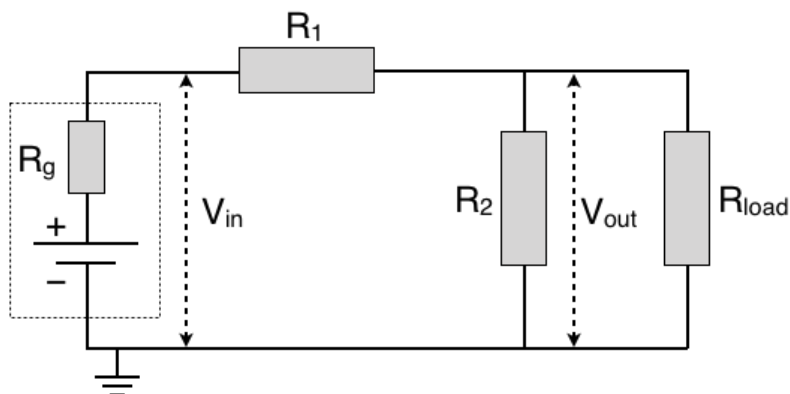
Si realizzi il parallelo di due resistori (scelti in maniera tale che abbiano lo stesso ordine di grandezza della resistenza) e se ne misuri il valore dalla caratteristica corrente-tensione (si esegua nuovamente la misura mettendo i due resistori in serie). Si confrontino, in fine, i valori ottenuti con quelli previsti

Note

- 1) La convenzione è di usare cavetti neri per la connessione verso il polo negativo, rossi per il polo positivo
- 2) Un generatore reale di tensione ben progettato ha la caratteristica di avere una resistenza parassita in serie "piccola"
- 3) Un generatore reale di corrente ben progettato ha la caratteristica di avere una resistenza parassita in parallelo "grande"
- 4) Un "lettore di tensione" reale (Voltmetro) ben progettato ha la caratteristica di avere una resistenza parassita in parallelo "grande"
- 5) Un "lettore di corrente" reale (Amperometro) ben progettato ha la caratteristica di avere una resistenza parassita in serie "piccola"

PARTE SECONDA: partitore resistivo

Si consideri un circuito come in figura. Si consideri inoltre che il carico R_{load} possa variare per esempio nell'intervallo da 10 kOhm a 1 MOhm. Si dimensionino R_1 ed R_2 in maniera tale che la tensione V_{out} sia $\sim 0.5 V_{in}$ (senza R_{load}) e tale che la caduta di tensione su R_{load} non dipenda dal suo valore



Approfondimento

Si immagini ora di avere il medesimo circuito, ma senza R_2 . Conoscendo R_1 , si dimensioni un ipotetico carico R_{load} al fine di avere il trasferimento massimo di potenza sul carico

Questo è un problema comune in elettronica di potenza e si presenta quando la resistenza (R_1) della linea che porta la corrente è un parametro esterno, non modificabile. Si vuole di conseguenza adattare il carico (R_{load}) per massimizzare il trasferimento di potenza. La potenza assorbita, P_{load} , dal carico risulta (trascurando R_g):

$$P_{load} = I \cdot V_{load} = \frac{V_g}{R_{load} + R_1} \frac{V_g}{R_{load} + R_1} R_{load} = \frac{V_g^2}{R_{load} + R_1} \frac{R_{load}}{R_{load} + R_1} = P_g \frac{R_{load}}{R_{load} + R_1}$$

Si osserva inoltre che l'efficienza del trasferimento di potenza, P_{load}/P_g , dipende dal valore relativo di R_1 e R_{load} . Ponendosi ora in un regime di *corrente alternata* e facendo uso di un *trasformatore* prima del carico che riduce la tensione di un fattore a (> 1), e quindi moltiplica la corrente per lo stesso fattore a , l'equazione precedente diventa:

$$P_{load} = P_g \frac{a^2 R_{load}}{a^2 R_{load} + R_1}$$

In altre parole, trasferire la potenza dal generatore, P_g , al carico tramite alte tensioni, consente una perdita inferiore di potenza per effetto Joule lungo la linea di trasmissione. Ecco perché la tensione lungo i tralicci dell'ENEL è molto maggiore (400 kV) dei 220 V disponibili in casa

PARTE TERZA: misura della caratteristica corrente-tensione di un diodo

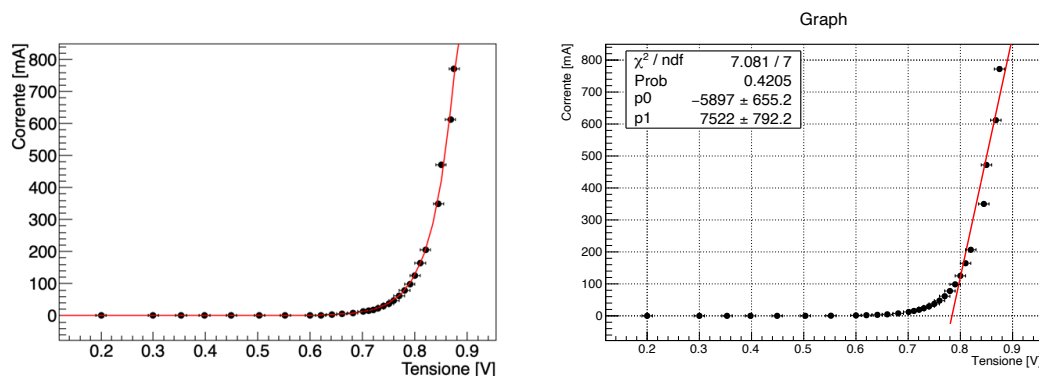
Obiettivi specifici

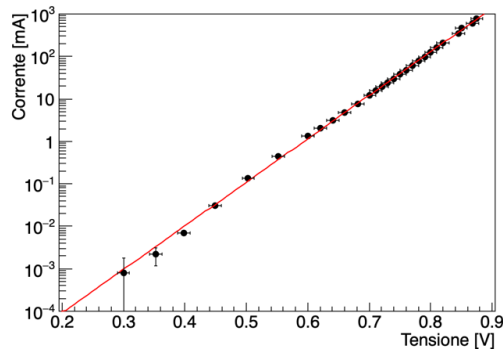
- Verificare la legge di Shockley $I = I_0 (e^{(qV/gkT)} - 1)$ che lega la corrente alla tensione in un diodo
 q è la carica elettrone (1.6×10^{-19} Coulomb)
 k è la costante di Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)
 g è una costante dipendente dal tipo di diodo (adimensionale e dell'ordine dell'unità)
 T è la temperatura del diodo in Kelvin (a temperatura ambiente (300 K) il prodotto $q/kT \sim 38.6$ V⁻¹)
- Valutare la tensione oltre la quale il diodo inizia a condurre (tensione di soglia, V_{soglia})

Si sostituisca un diodo alla resistenza nel circuito riportato nella *Parte Prima* della scheda. Si scelga opportunamente la configurazione degli strumenti di misura e si vari la tensione di alimentazione del circuito misurando la differenza di potenziale ai capi del diodo e la corrente che lo attraversa.

Nonostante la caratteristica corrente-tensione di un diodo sia un esponenziale, per applicazioni pratiche si usa definire una tensione di soglia, oltre la quale il diodo viene considerato “in conduzione”, in quanto inizia a condurre una corrente “significativa” (circa 10 mA). La tensione di soglia è valutabile rappresentando graficamente i dati corrente-tensione in un intervallo indicativo di corrente tra 0 e 500 mA, e fittando i dati fissando l'estremo superiore del *range* di tensioni in corrispondenza dell'ultimo punto misurato, e aggiungendo punti verso le basse tensioni finché il χ^2 normalizzato non inizia a crescere oltre ~ 1 . In questo modo si identifica un *range* di tensioni in cui il diodo conduce e in cui la sua caratteristica è approssimabile con una legge tensione-corrente lineare. La V_{soglia} risulta essere l'intercetta della retta con l'asse x (tensione).

Si provi poi a fittare le misure con la relazione di Shockley, o con la sua approssimazione per tensioni sufficientemente alte (i.e. passando ai logaritmi, ed ottenendo una relazione lineare), ottenendo così una stima della costante del diodo e della corrente di saturazione inversa





Note

- 1) **ATTENZIONE:** il diodo deve essere polarizzato in modo corretto, cioè in maniera tale che risulti polarizzato direttamente (la polarizzazione diretta avviene collegando l'anodo al polo positivo dell'alimentatore)
- 2) **ATTENZIONE:** per raggiungere correnti superiori a 500 mA è necessario usare la boccia con la scritta **A** (Ampere), e non **mA** (milliAmpere), sull'Amperometro
- 3) In un diodo i due reofori hanno forma differente per distinguere catodo da anodo (e quindi poterli polarizzare in modo corretto). In alternativa i Multimetri palmari hanno una modalità di "test diodo" che vi consente di individuare anodo (polo positivo) e catodo (polo negativo)
- 4) Si abbia cura di scegliere la configurazione Amperometro/Voltmetro più adatta alla misura, tenendo conto che la resistenza è variabile (in alternativa si faccia la misura sempre nella stessa configurazione ma si tenga conto della resistenza interna dei Multimetri, come ricavata nella *Parte Prima* della scheda)
- 5) Come varia la definizione di V_{soglia} al variare dell'intervallo di fit?

DOMANDE e considerazioni guida per la relazione sull'esperienza di laboratorio

- 1) Come mai nella misura della resistenza interna degli strumenti nella *Parte Prima* è necessario usare resistenze "grandi" per la configurazione (I) e resistenze "piccole" per la configurazione (II)?
- 2) Per definire in maniera quantitativa in che misura il modello descrive i dati è necessario effettuare un test d'ipotesi. Quale?
- 3) Una volta note le resistenze interne dei Multimetri è possibile valutare quantitativamente la loro influenza sulle misure effettuate (si determini se l'averne trascurato l'effetto sia compatibile con l'errore assunto sulle grandezze misurate)

RIFERIMENTI per la comprensione

- Dispense delle lezioni introduttive disponibili sul sito e-learning
- Libro: "Fisica. Volume II", Mazzoldi, Nigro, Voci (capitolo 6)
- Libro: "Electricity and Magnetism", Purcell, Morin (paragrafi da 4.7 a 4.12)