



Laboratorio di Elettrotecnica

Data: _____

Gruppo: _____

Allievi: _____

PRIMA ESERCITAZIONE

Strumenti utilizzati	Materiale necessario
<ul style="list-style-type: none">• Multimetro da banco• Multimetro palmare• Alimentatore DC da banco• Breadboard	<ul style="list-style-type: none">• N. 1 lampada $U_N=12\text{ V}$ $P_N=0.5\text{ W}$• N. 1 resistore $R_N=1.2\text{ k}\Omega$ $P_N=0.25\text{ W}$• N. 1 resistore $R_N=2.2\text{ k}\Omega$ $P_N=0.25\text{ W}$• N. 1 resistore $R_N=4.7\text{ k}\Omega$ $P_N=0.25\text{ W}$• N. 1 resistore $R_N=1.5\text{ k}\Omega$ $P_N=0.25\text{ W}$• N. 1 potenziometro lineare $P_N > 1\text{ W}$

ATTENZIONE

A FINE ESERCITAZIONE OGNI GRUPPO DOVRÀ CONSEGNARE AI RESPONSABILI DEL LABORATORIO TUTTO IL MATERIALE UTILIZZATO NELLE CONDIZIONI IN CUI È STATO RICEVUTO E LASCIARE I BANCHI IN ORDINE

E 1.1 ANALISI DELLA STRUMENTAZIONE

OBIETTIVI

L'esperienza 1.1 si propone di approfondire le conoscenze teoriche acquisite in aula sui circuiti in regime stazionario, cioè in corrente continua, e di arricchirle con competenze pratiche (utilizzo di strumenti, composizione di circuiti etc). In particolare sarà misurata la caratteristica tensione-corrente di un alimentatore stabilizzato e sarà utilizzato il metodo volt-amperometrico per tracciare la caratteristica sperimentale di un alimentatore.

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di eseguire rilevazioni di tensione e corrente tramite l'utilizzo combinato di un alimentatore stabilizzato e di un multimetro da banco. Successivamente si realizzeranno alcuni semplici collegamenti tra canali diversi dello stesso alimentatore.

Alimentatore DC stabilizzato

L'alimentatore stabilizzato è uno degli strumenti più diffusi in laboratorio, poiché genera la tensione continua normalmente usata per alimentare i circuiti elettronici in prova.

Per rendere flessibile lo strumento, è generalmente prevista la possibilità di regolare con continuità, più o meno finemente, la tensione di uscita da 0 V al valore massimo di specifica.

Esso è dotato di più canali, almeno due, capaci di fornire contemporaneamente diversi livelli di tensione. I canali, indicati con il simbolo CH, sono costituiti dalla presenza di due morsetti, uno positivo ed uno negativo.

Ciascun canale è dotato di un regolatore di ampiezza per la tensione e di un limitatore¹ di corrente. Quest'ultimo è una precauzione che evita il danneggiamento dello strumento in caso di cortocircuito tra morsetto positivo e negativo (resistenza bassa → elevata corrente scorre nel circuito).

A titolo di esempio sono di seguito riportati alcune tipologie di alimentatori in uso in laboratorio.



Fig. 1 – Alimentatore Topward TPS 4000. Sono indicate le caratteristiche salienti utili all'esecuzione dell'esperienza. Notare la spia, posizionata sopra la manopola per la limitazione della corrente, la cui accensione indica la condizione di cortocircuito tra morsetto positivo e negativo.

¹ Non si può decidere la corrente da erogare perché dipende dalla tensione applicata e dalla configurazione del circuito. Vedendo l'alimentatore come un componente del circuito, il limitatore di corrente limita la massima corrente che vi può scorrere. Notare che l'alimentatore non eroga corrente se la manopola del limitatore è ruotata completamente in senso antiorario.

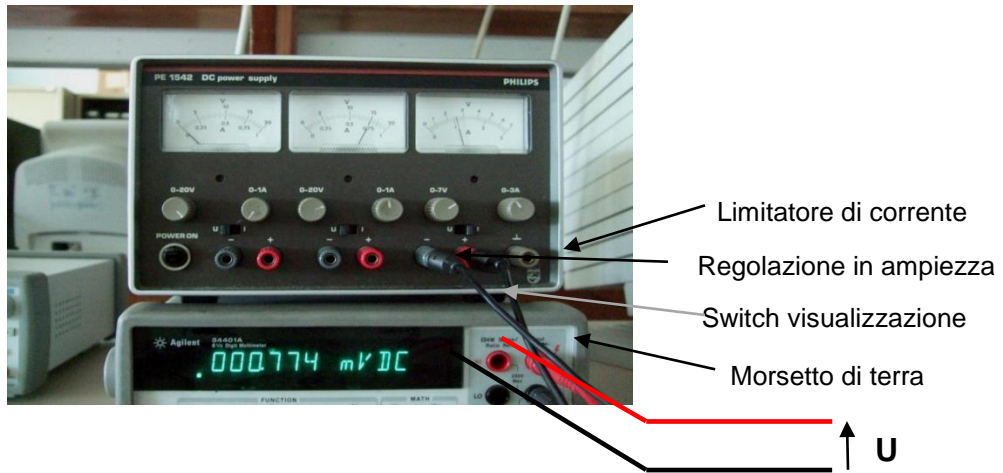


Fig. 2 – Alimentatore Philips PE 1542. A differenza dell'alimentatore precedente, i canali sono presenti in numero maggiore (tre), ciascuno con sensibilità e portata diversa. Per visualizzare alternativamente il livello di tensione o corrente è necessario agire sull'apposito switch.

Multimetro da banco

Per misurare la tensione fornita dall'alimentatore stabilizzato, ci serviremo di un multimetro in assetto da voltmetro.

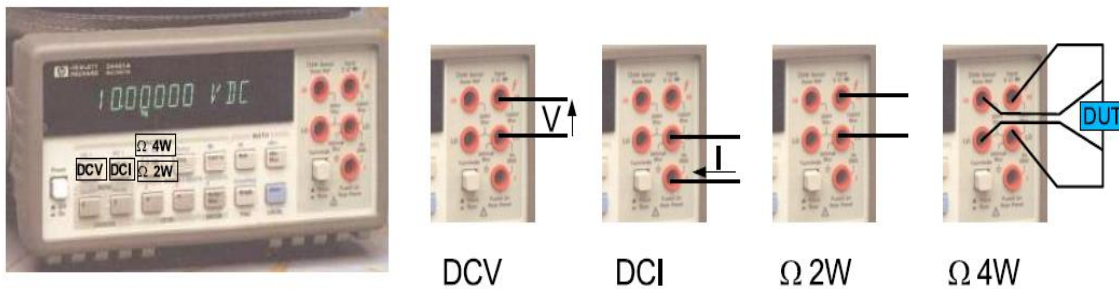


Fig. 3 – Multimetro da banco Hewlett Packard. A destra sono esemplificate le configurazioni per la misurazione di tensioni, correnti e resistenze rispettivamente. Per passare da misurazione di tensione/corrente DC ad AC è sufficiente agire sulla pulsantiera come indicato.

Per ottenere, ad esempio, una misura di tensione continua occorre collegare i due puntali forniti in dotazione con il multimetro in corrispondenza dei morsetti dedicati. Rispettivamente, il puntale positivo (di colore convenzionalmente rosso) andrà inserito dove vi sia l'indicazione per l'ingresso della tensione (Input V), mentre il puntale negativo (convenzionalmente nero) va collegato a massa, riconoscibile dal simbolo seguente: \perp

Successivamente bisogna selezionare sulla pulsantiera il tasto che imposti il multimetro in voltmetro in corrente continua: per far ciò basta premere il pulsante "DC V". Come conferma, sul display l'unità di misura sarà V (in quanto tensione) e DC (in quanto continua). È possibile che spunti anche "mVDC" (millivolt).

Da notare che il multimetro da banco presenta morsetti sia sulla faccia anteriore che su quella posteriore. Ciò è importante da ricordare in quanto causa di disguidi con le misure. Per accertarsi che i morsetti attivi siano quelli anteriori premere il pulsante rialzato "Terminals" in opzione "Front". Per verificare che sia giusto, basti guardare il display del multimetro: se fossero attivi i morsetti posteriori spunterebbe la scritta "Rear" in basso a destra.

Per i collegamenti con il circuito, si ricordi che per convenzione il puntale di colore rosso è associato con il morsetto HI e va posto in contatto, per ottenere un valore positivo, con il nodo a potenziale maggiore dell'elemento circuitale in esame (es. la boccia positiva del canale prescelto sull'alimentatore), mentre il nero con il morsetto LO.

Quando in futuro si dovranno misurare grandezze alternate sarà sufficiente agire sulla pulsantiera per selezionare l'opzione desiderata (la configurazione del collegamento dei cavi rimane invariata).

Ulteriori precauzioni: È molto importante non dimenticare di modificare l'assetto dei cavi nel multimetro, a seconda del tipo di misurazione che si desidera eseguire.

Per misure di tensione, il multimetro, collegato in parallelo all'elemento in questione, fornirà una resistenza interna di valore molto elevato.

Per misure di corrente un amperometro, in serie sugli elementi del circuito, offrirà una resistenza interna trascurabile.

ATTENZIONE

Se accidentalmente si dovesse utilizzare il multimetro per misurare una corrente, lasciandolo però collegato come un voltmetro (resistenza interna bassa e in parallelo al circuito oggetto di misurazione), la corrente potrebbe fluire nello strumento danneggiandolo.

Le misure di corrente vanno effettuate ponendo il multimetro in serie al circuito, per i motivi precedentemente esposti. Collegandolo in modo errato si andrebbe in contro al danneggiamento dello strumento.

MISURAZIONE DI UNA TENSIONE CONTINUA

1. **IMPORTANTE:** Impostare le manopole sull'alimentatore di ampiezza di tensione e limitazione di corrente a zero (manopole completamente ruotate in senso antiorario). Negli alimentatori che lo prevedono, disattivare le opzioni "Tracking" o "Parallel" tramite appositi pulsanti (i vari canali degli alimentatori devono risultare indipendenti).
2. Accendere l'alimentatore e ruotare il limitatore di corrente su di un valore intermedio (se il limite fosse prossimo allo zero, l'alimentatore non sarebbe in grado di fornire la tensione richiesta). Accertarsi che la spia relativa al cortocircuito (C.C.) si spenga.
3. Agire sulla manopola che regola la tensione del canale prescelto ed impostarlo al valore di 8 V.
4. Utilizzando i puntali precedentemente collegati al multimetro comporre il parallelo con i morsetti del canale prescelto e verificare che il valore fornito dal multimetro sia congruente con quello impostato.

V=

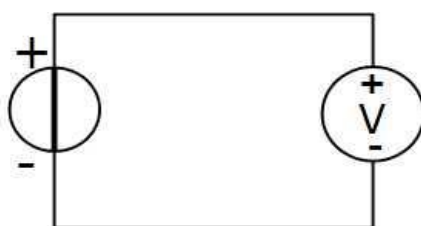


Fig. 4 – Schema di principio del circuito di misurazione. La resistenza interna del generatore di tensione non è qui rappresentata, si considera trascurabile

MISURAZIONE DI UNA CORRENTE CONTINUA

La tensione di uscita dell'alimentatore deve essere costante per qualsiasi valore di corrente continua erogata minore della corrente massima di specifica (caratteristica indicata anche come "load regulation").

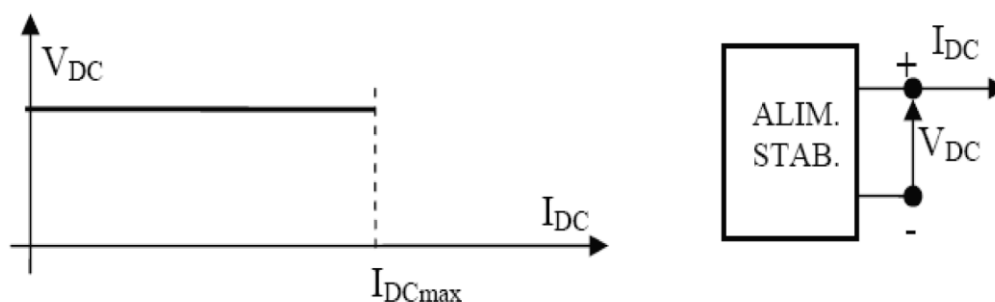


Fig. 5 – Caratteristica di un alimentatore stabilizzato. È evidenziato il valore della corrente limite.

È possibile **regolare il valore della corrente massima** specifica tramite l'apposita manopola associata a ciascun canale: per poter agire sulla suddetta manopola, però, è prima necessario **porre in cortocircuito** i morsetti positivo e negativo del canale prescelto. In quel caso, infatti, la resistenza vista dall'alimentatore è pressoché nulla ed erogherà, a parità di tensione impostata, la massima corrente.

1. Collegare i morsetti positivi e negativi con un apposito cavo con connettore a banana, in modo da generare un CC.



Connettori a banana

2. Partendo con le manopole di tensione e corrente impostate a zero, ruotare di circa un quarto di giro la manopola per l'ampiezza della tensione (non ci interessa un valore in particolare).
3. Verificare l'accensione della spia 'CC' che informa che l'alimentatore è andato in protezione di corrente.
4. Ruotare la manopola per limitare la corrente imponendo una I_{DCmax} di 100mA.
Scollegare il filo in precedenza utilizzato (la spia si spegnerà), cosa segna in quel caso la corrente sull'alimentatore? Motivare il valore assunto.

.....
.....
.....

5. Impostare adesso il multimetro da banco in assetto da amperometro per corrente continua (configurazione A DC) .
6. Quanto vale la I_{DCmax} rilevata dall'amperometro?

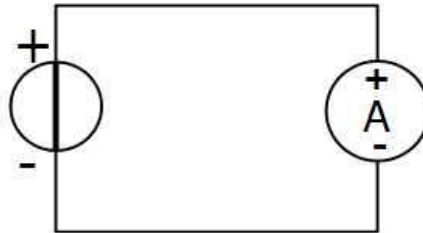


Fig. 6 – Schema di principio del circuito di misurazione della corrente limite

COLLEGAMENTO DI GENERATORI

Gli alimentatori stabilizzati sono dotati di più canali (2 o più) che possono essere opportunamente collegati tra loro. Ad esempio possono essere utilizzati per generare un'alimentazione duale utile a particolari tipi di circuiti.

Sono qui di seguito riportati alcuni schemi circuitali che andranno riprodotti con l'utilizzo dell'alimentatore stabilizzato e dei cavi con connettore a banana in dotazione in laboratorio.

- Alimentazione duale (collegamento seriale)

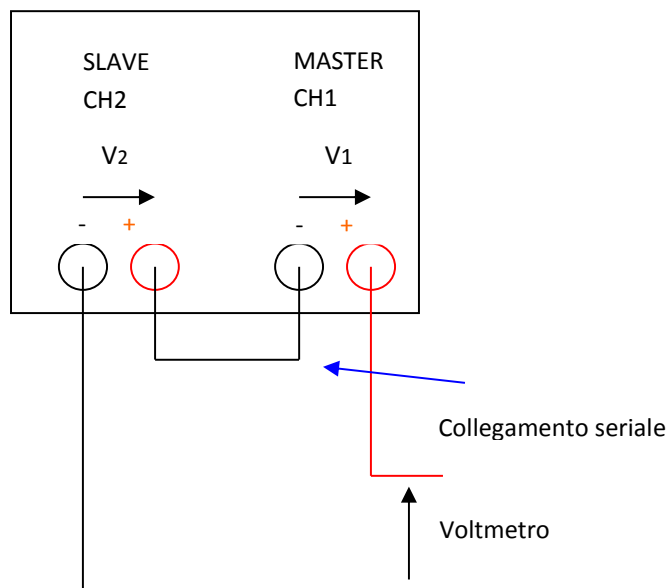


Fig. 7 – Rappresentazione grafica e schema di principio del collegamento seriale di due canali di un alimentatore stabilizzato

RICHIESTE

7. Dopo aver verificato di essere in modalità "Independent" (ove presente l'apposito comando, mentre con l'alimentatore Philips questa è l'unica possibilità), impostare le tensioni $V_1 = 8\text{ V}$ e $V_2 = 3\text{ V}$.
8. Verificare tramite multimetro i valori impostati:

$V_1 = \dots\dots\dots$

$V_2 = \dots\dots\dots$

9. Calcolare il valore totale di V :

.....

10. Misurare, tramite multimetro in assetto da voltmetro, il valore sperimentale di V :

$V = \dots\dots\dots$

11. Che cosa succede attivando (se presente) la modalità tracking? Quale valore assume il canale classificato come slave? Quanto vale V?

.....
.....

Altri collegamenti

Riconfigurare l'alimentatore in modalità "Independent". Che cosa accade se sono i due morsetti negativi ad essere cortocircuitati?

12. Quanto vale V? (V, in questo caso, misurato a cavallo dei due morsetti positivi)

V=.....

13. Motiva il risultato:

.....
.....
.....

USO DELLA BREADBOARD

La breadboard è uno strumento molto utile e comodo nella prototipizzazione di piccoli circuiti elettronici. Le dimensioni dei fori sono adatte all'inserimento dei componenti più comuni e di filo rigido di diametro 0,5 mm circa (sono ad esempio adatti i fili AWG 24 e 26, in dotazione in laboratorio).

Lungo i due lati maggiori della basetta sono disposte due file di fori. Solitamente una delle file superiori si utilizza come conduttore di alimentazione, mentre una delle file inferiori come conduttore di massa.

La parte centrale della breadboard è invece utilizzata per la realizzazione della parte restante del circuito.

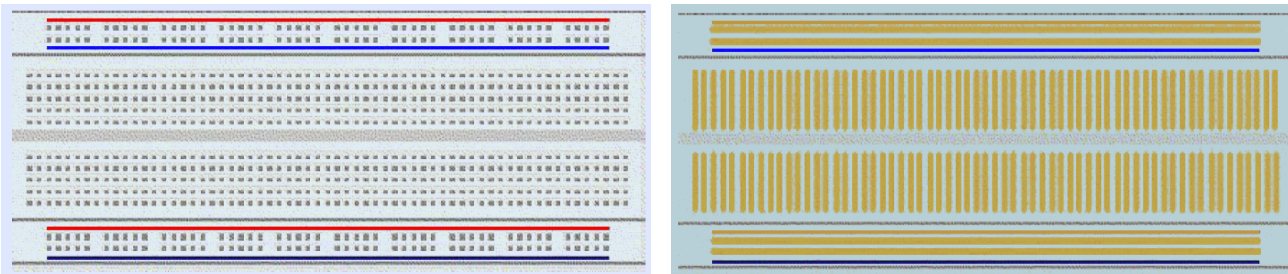


Fig. 8 - A sinistra un esempio di breadboard, a destra sono mostrate le sue connessioni interne.

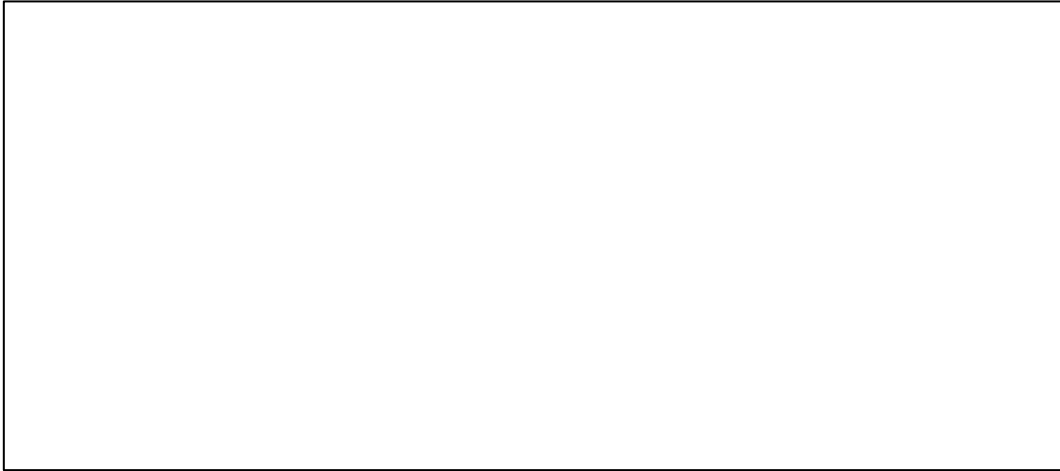
Dalla figura 8 si possono notare le connessioni dei vari buchi della breadboard.

Sono connessi insieme formando un unico nodo:

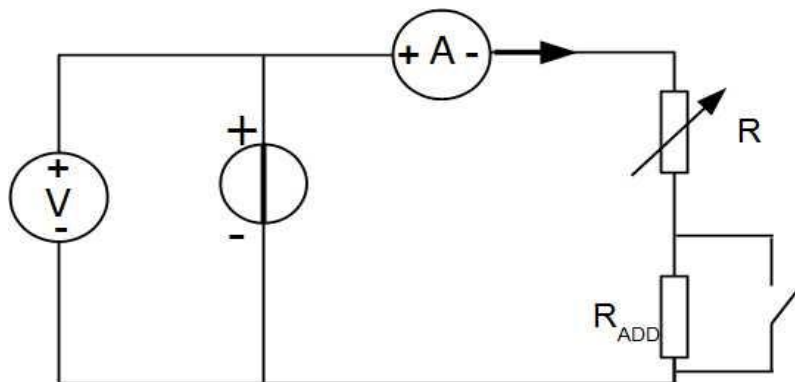
- I fori posizionati in alto e in basso orizzontalmente (le prime 2 e le ultime 2 righe; **ATTENZIONE:** in alcuni modelli di breadboard queste sono suddivise ulteriormente a metà in due parti uguali);
- I fori posizionati in file verticali, a gruppi di 5 fori.

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CARATTERISTICA DI UN ALIMENTATORE STABILIZZATO

1. Imporre una tensione di 10 V e una limitazione in corrente di 100mA come precedentemente indicato.
2. Disegnare la caratteristica ideale dell'alimentatore in queste condizioni.



3. Realizzare il circuito in figura dove R è una resistenza variabile (costituita da un resistore variabile). **Nota:** verificare con il multimetro se si è in possesso del modello da 470 Ω nominali o da 500 Ω , portando il potenziometro al valore massimo ruotando l'asse completamente in senso orario) e per la R_{add} usare il resistore da 1.2k Ω .



Se necessario utilizzare anche il multimetro digitale palmare fornito in dotazione. È possibile, se lo si preferisce, avvalersi della breadboard per la realizzazione del circuito. Esso fornisce un carico variabile con il quale è possibile studiare la caratteristica dell'alimentatore.

L'esercitazione si realizza in 2 fasi :

- *Prima fase:* collegare R_{add} e R in serie, e facendo variare il valore di R (agendo sul cursore del potenziometro) verificare che la corrente vari. Prendere le coordinate di circa 5 punti o più (tensione e corrente ai capi di R) e riportarli sulla caratteristica.
- *Seconda fase:* mettere un filo che cortocircuiti la resistenza R_{add} : in questo modo è possibile determinare la seconda parte della caratteristica. Facendo variare il valore di R registrare circa 10 valori di tensione e corrente, concentrando la propria attenzione su quei valori che più si avvicinano al valore limite di corrente.

Successivamente:

- Riportare i punti su di un piano $U \times I$ (utilizzare un foglio di calcolo su Excel oppure il diagramma realizzato sopra).
- Confrontare i risultati ottenuti con la caratteristica ideale dell'alimentatore. Dove quest'ultima si discosta di più dai dati rilevati sperimentalmente?

.....
.....
.....

E 1.2 CARATTERISTICA DI UN BIPOLO NON LINEARE

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di rilevare attraverso una misura volt-amperometrica la caratteristica elettrica esterna di un bipolo non lineare, in regime stazionario.

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello descritto dallo schema di principio riportato in figura 9.

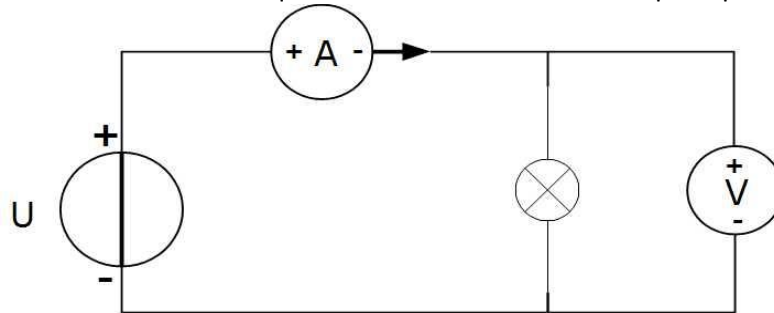


Fig. 9 – Schema di principio del circuito di misurazione

SCHEMA DI MONTAGGIO

È qui di seguito riportato un esempio di schema di montaggio (figura 10). È possibile vedere:

- l'amperometro e generatore di tensione collegati in serie;
- voltmetro e lampada collegati in parallelo.

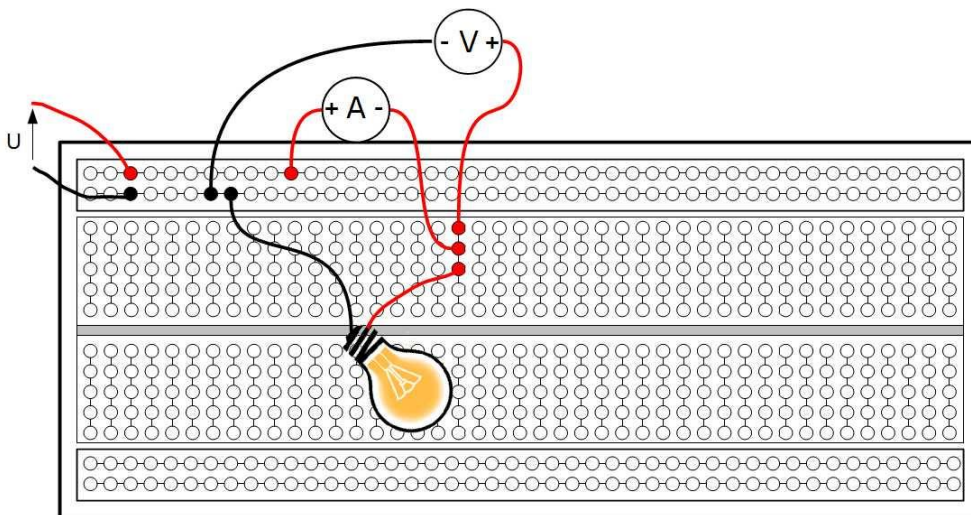


Fig. 10 – Esempio di schema di montaggio.

Durante il cablaggio del circuito **mantenere spenti gli strumenti**; in caso di difficoltà non esitare a chiedere aiuto.

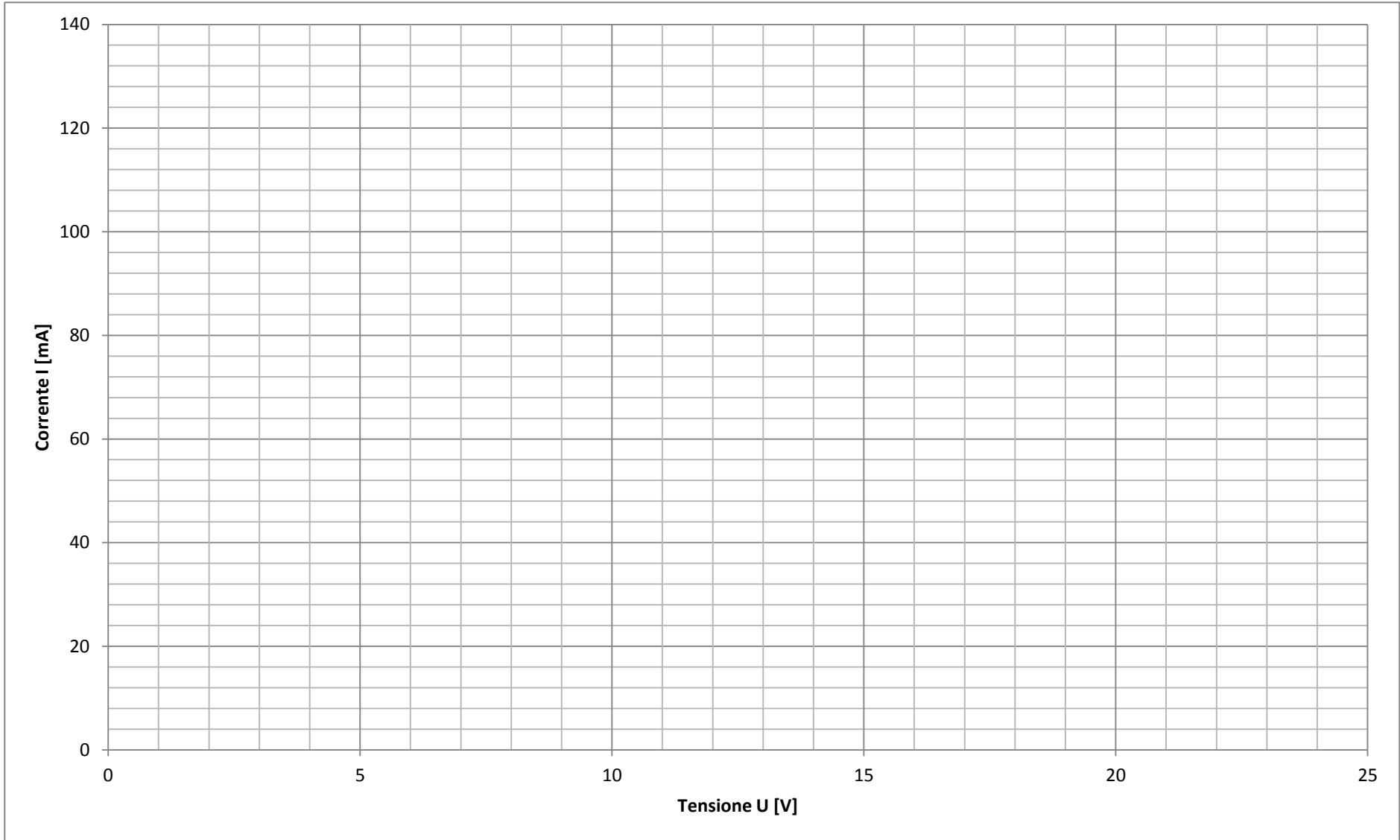
RICHIESTE

1. Acquisire circa 10 punti della caratteristica volt-amperometrica del misurando partendo da una tensione di alimentazione di 0 [V] fino a 15 [V], infittendo gli intervalli di misurazione ove opportuno.
2. Attraverso l'impiego di un foglio di calcolo (Excel) rappresentare graficamente la caratteristica rilevata sul piano elettrico (U, I). Riportare i punti sul grafico alla pagina seguente.
3. Tracciare una linea di tendenza per i punti della caratteristica e scrivere l'equazione del polinomio.



4. Dall'analisi della caratteristica, il bipolo risulta passivo? Motivare la risposta.

.....
.....
.....



E 1.3 VERIFICA DEL TEOREMA DI THÉVENIN

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di verificare sperimentalmente il teorema di Thévenin. È inoltre richiesto di tracciare la retta di carico che descrive il comportamento del circuito per diversi valori della resistenza R .

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello riportato in figura 11.

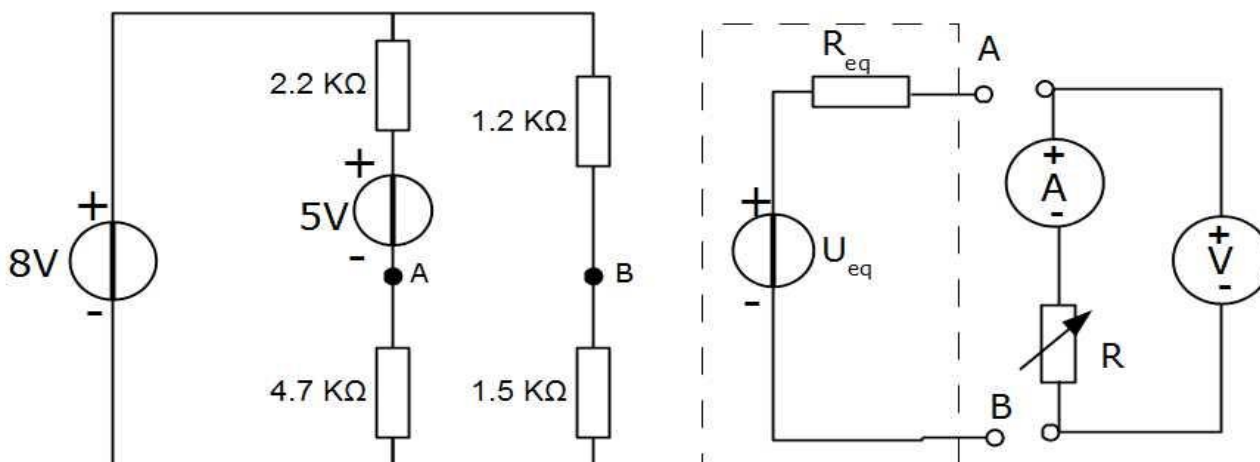


Fig. 11 – Schema di principio del circuito e del suo equivalente di Thévenin

SCHEMA DI MONTAGGIO

È di seguito riportato un possibile schema di montaggio, dove è omissa il collegamento di R , resistenza variabile. Durante il cablaggio del circuito **mantenere spenti gli strumenti**; in caso di difficoltà non esitare a chiedere aiuto.

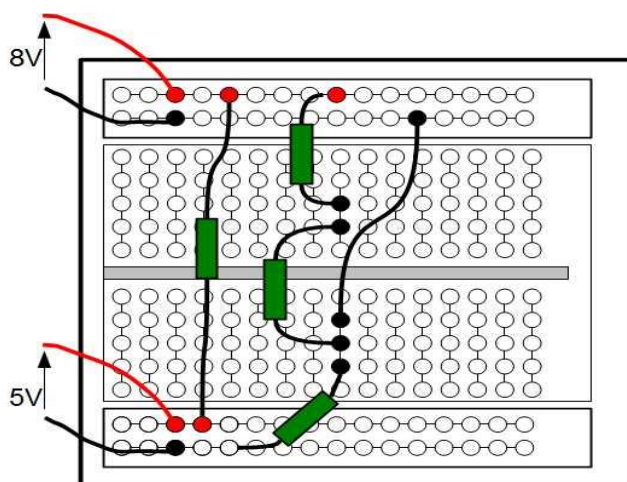


Fig. 12 - Schema di montaggio E 1.3

- Tenendo conto dello schema di principio, indicare sul disegno il valore di ciascuno dei componenti.
- Indicare inoltre la posizione dei nodi A e B.

RICHIESTE

Si richiede di:

1. Con riferimento allo schema in figura 11, applicare il teorema di Thévenin ai punti A e B. Riportare i calcoli nello spazio sottostante.

2. Calcolare analiticamente la tensione a vuoto e la resistenza del bipolo equivalente di Thévenin:

$$U_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Impiegando il multimetro palmare digitale (o quello da banco) rilevare sperimentalmente le grandezze del punto 2) e confrontarle con quelle in precedenza calcolate. Si ricorda che per la rilevazione della R_{eq} è necessario realizzare il circuito esattamente come lo si è riprodotto nella fase analitica.

$$U_{eq}^* = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{eq}^* = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. È ora possibile tracciare la retta di carico (sul piano $U \times I$) utilizzando i dati ricavati sperimentalmente al punto 3).

- Quanto valgono i punti di intersezione della retta con gli assi? Commentare i risultati.
- Scrivere l'equazione della retta di carico. Quanto vale la pendenza?



5. Completare il circuito inserendo il potenziometro (resistenza variabile) tra A e B; successivamente, servendosi del multimetro palmare e di quello da banco, rilevare U_{AB} e la corrente che scorre nel potenziometro per diversi valori di resistenza.
6. Riportare i punti sul grafico precedentemente realizzato e commentare i risultati (se lo si desidera servirsi di un foglio di Excel per la realizzazione dei punti 4) ed 5)). I punti così ottenuti rispettano una particolare tendenza? Il teorema di Thévenin si può dire verificato? Motivare la risposta.

