



## Laboratorio di Elettrotecnica

Data: \_\_\_\_\_ Ora: \_\_\_\_\_

Gruppo : \_\_\_\_\_ Tavolo: \_\_\_\_\_ LED: \_\_\_\_\_

Allievi: \_\_\_\_\_

### PRIMA ESERCITAZIONE

Strumenti utilizzati	Materiale necessario
Multimetro da banco Multimetro palmare Alimentatore DC da banco Bread-board	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 $R_N=10\text{ k}\Omega$ $P_N > 1\text{ W}$ N. 1 resistore $R_N=180\ \Omega$ $P_N=0.25\text{ W}$

#### ATTENZIONE

**PRIMA DELL'ESPERIENZA VISIONARE IL PRIMO VIDEO DELLA SEZIONE  
e-learning Laboratorio di Misure Elettroniche - Ladispe del PORTALE (esercitazione\_0)**

#### ATTENZIONE

**A FINE ESERCITAZIONE OGNI GRUPPO DOVRÀ CONSEGNARE UNA COPIA COMPILATA DELLA  
RELAZIONE**

#### 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-ampometrico 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 stabilizzato

L'alimentatore stabilizzato è una delle apparecchiature più diffuse 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 e di un limitatore 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).

*Il circuito stabilizzatore posto all'interno dell'alimentatore assicura che la tensione generata dall'alimentatore si mantenga costante nel tempo ed entro una stretta tolleranza rispetto al valore richiesto, al variare della tensione della rete elettrica e del carico applicato.*

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

**N.B.** Il limitatore di corrente limita la massima I erogabile. L'alimentatore non eroga corrente se la manopola del limitatore di corrente è ruotata completamente in senso antiorario.



**Fig** – 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.



Fig – Alimentatore Agilent E3631A.

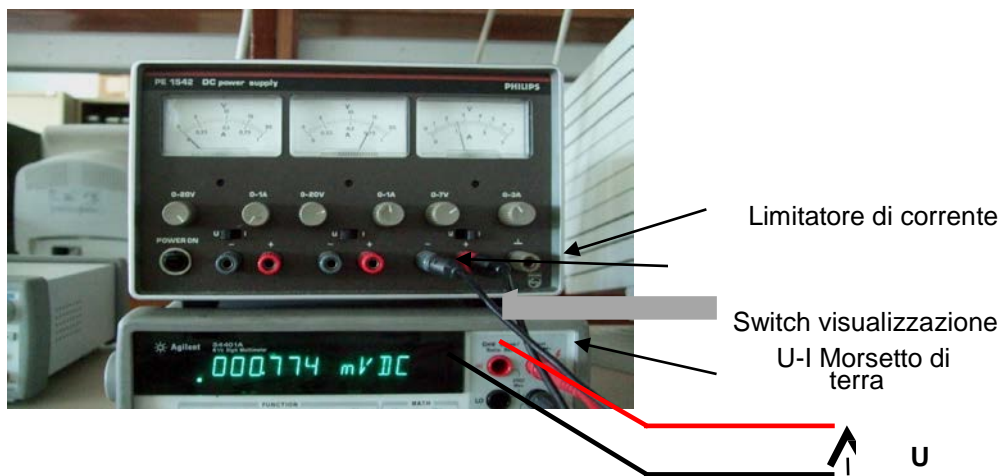


Fig – Alimentatore Philips PE 1542. A differenza dell'alimentatore precedente, i canali sono presenti in numero maggiore (3), ciascuno con sensibilità e portata diversa. Per visualizzare alternativamente il livello di tensione o corrente è necessario agire sull'apposito switch.



Fig – Alimentatore Topward Electric Instruments



Fig – Alimentatore Aplab modello ZT3203.

### Multimetro da banco

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

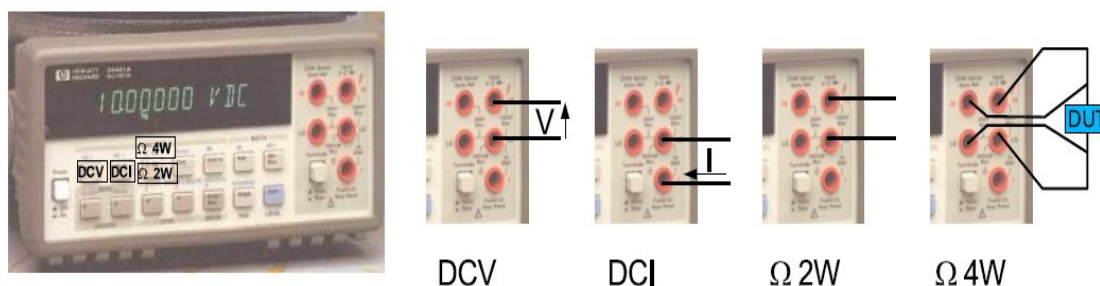


Fig – Multimetro da banco Hewlett Packard. A destra sono esemplificate le configurazioni per la misurazione di tensioni, correnti e resistenze rispettivamente. Per passare da misurazione di tensione/corrente DC ad AC è sufficiente agire sulla pulsantiera come indicato.

Per ottenere, ad esempio, una misura di tensione continua occorre collegare i due puntali forniti in dotazione con il multimetro in corrispondenza dei morsetti HI and LO in alto a destra (configurazione DCV) e selezionare sulla pulsantiera il tasto DCV. Come conferma sul display l'unità di misura sarà V (in quanto tensione) e DC (in quanto continua).

Per convenzione il puntale di colore rosso è associato con il morsetto HI e va posto in contatto, per ottenere un valore positivo, con la parte di circuito a potenziale maggiore (es la boccola 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 ACV (la configurazione del collegamento dei cavi rimane invariata).

**Ulteriori precauzioni** E' 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

Lo strumento può danneggiarsi qualora accidentalmente si utilizzi il multimetro, dopo aver selezionato l'opzione amperometro DCI, per misurare una tensione. Infatti, siccome l'amperometro ha una resistenza interna bassa e la misura di tensione viene fatta in parallelo al bipolo, una corrente elevata fluirebbe all'interno dello strumento surriscaldandolo. Il circuito di protezione è realizzato con fusibile e pertanto potrebbe bruciarsi dopo un certo tempo.

Si ricorda che le misure di corrente sono effettuate ponendo il multimetro in serie al circuito.

Bisogna inoltre evitare misure di corrente per lunghi periodi per non far surriscaldare lo strumento.

Per sicurezza, tenere il multimetro in assetto amperometro solo per il minimo tempo necessario.

### ATTENZIONE

Durante il cablaggio del circuito accendere gli strumenti fin dall'inizio per mandarli a regime termico; in caso di difficoltà non esitare a chiedere aiuto.

### MISURAZIONE DI UNA TENSIONE CONTINUA:

- Accendere l'alimentatore ed agire sulla manopola che regola la tensione del canale prescelto ed impostarlo su di un valore di 8 V.
- Assicurarsi che la corrente limite sia impostata su di un valore intermedio (se il limite fosse prossimo allo zero, l'alimentatore non sarebbe in grado di fornire la tensione richiesta): Imporre una  $I_{DCmax}$  di 50mA  
Per eseguire questa operazione è necessario cortocircuitare i morsetti + e - dell'alimentatore con un cavo banana-banana
- Utilizzando i puntali 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= .....

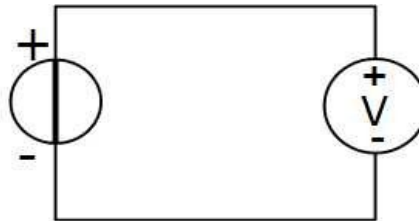


Fig – Schema di principio del circuito di misurazione. La resistenza interna del generatore di tensione non è qui rappresentata, si considera trascurabile.

### 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").

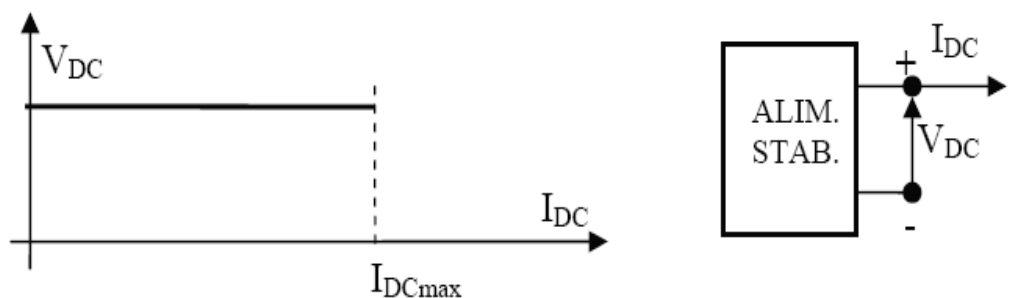


Fig – Caratteristica di un alimentatore stabilizzato. E' evidenziato il valore della corrente limite.

E' 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 nulla, eroga quindi, a parità di tensione impostata, la massima corrente.

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



Connettori a banana

- Verificare l'accensione della spia 'CC' che informa che l'alimentatore è andato in protezione di corrente. [alcuni strumenti non riportano la spia CC]
- Imporre 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.

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

- Utilizzare il multimetro da banco in assetto da amperometro per corrente continua (configurazione DCI).
- Quanto vale la  $I_{DCmax}$  rilevata dall'amperometro? \_\_\_\_\_

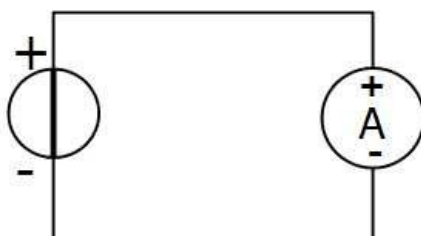


Fig – Schema di principio del circuito di misurazione della corrente limite

**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.

- collegamento seriale

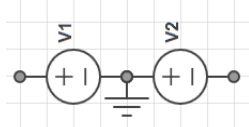


Fig –collegamento seriale di due generatori di tensione

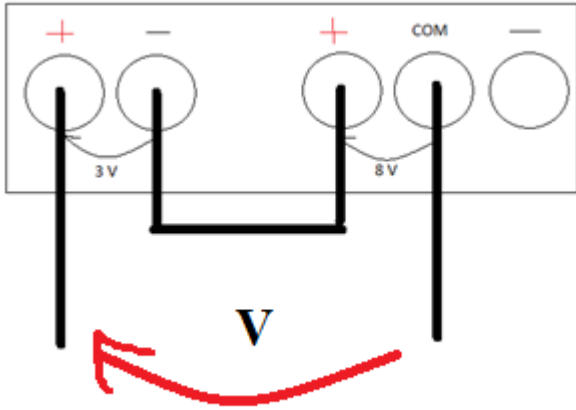


Fig – Rappresentazione grafica e schema di principio del collegamento seriale di due canali di un alimentatore stabilizzato

Dove prevista l'uscita COM l'alimentatore può realizzare una alimentazione duale (track)

**RICHIESTE**

- Dopo aver verificato di essere in modalità independent (ove presente l'apposito comando, ad esempio con l'alimentatore Philips queste è l'unica possibilità), impostare la tensione  $V_1 = 8\text{ V}$  e  $V_2 = 3\text{ V}$ .
- Verificare tramite multimetro i valori impostati

$V_1 = \dots\dots\dots$      $V_2 = \dots\dots\dots$

- Calcolare il valore di  $V$  \_\_\_\_\_

- Misurare, tramite multimetro in assetto da voltmetro, il valore sperimentale di  $V$

$V = \dots\dots\dots$

- Che cosa succede attivando (se presente) la modalità tracking? Quale valore assume il canale classificato come slave (per Alimentatore Agilent E3631A lo slave è il “-” vicino a COM del gruppo di canali  $\pm 25\text{V}$ )? Alcuni alimentatori non prevedono un canale master e slave ma concatenano i valori di tensione. Spiegare il comportamento descrivendo cosa accade nel vostro alimentatore.

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

**Altri collegamenti**

Che cosa accade invece quando sono i due morsetti negativi ad essere cortocircuitati (Figura in alto come riferimento)? Quanto vale  $V$ ? ( $V$ , in questo caso, misurato a cavallo dei due morsetti positivi)

$V = \dots\dots\dots$

- Motiva il risultato
- .....  
 .....  
 .....

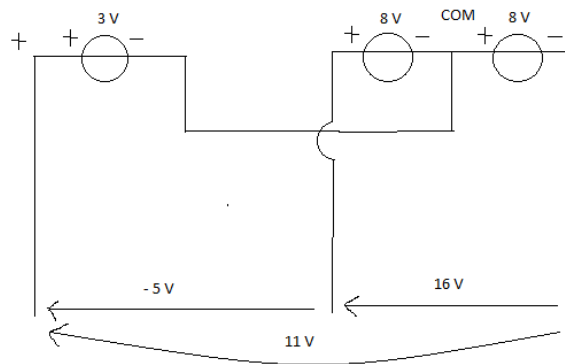


Figura - Esempio aggiuntivo con uso del canale slave per generare -8V

**RICHIESTE**

Verificare le tensioni visualizzate nell'esempio come riportate in figura e disegnare i 3 schemi di generatori combinati (circuito con componenti) che realizzano le tensioni di -5V, 16V e 11V

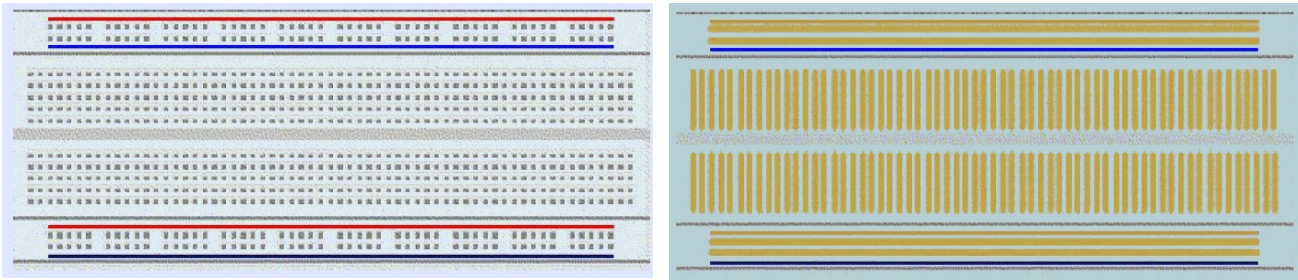
Valori misurati

\_\_\_\_\_



## USO DELLA BREAD-BOARD

La bread-board è uno strumento molto utile e comodo nella prototipizzazione di piccoli circuiti elettronici. Le dimensioni dei fori sono adatte all'inserimento dei reofori 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, di solito una delle file superiori, costituisce il conduttore di alimentazione, mentre una delle file inferiori il conduttore di massa. La parte centrale della breadboard è invece utilizzata per la realizzazione della parte restante del circuito.



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

Dalla figura si possono notare le connessioni dei vari buchi della bread-board; **sono connessi insieme formando un unico nodo:**

- I fori posizionati in alto e in basso orizzontalmente (le prime 2 e le ultime 2 righe, che talvolta sono spezzate in due parti uguali);
- i fori posizionati in file verticali, precisamente a gruppi di 5 fori

### **PRIMA ESPERIENZA:** **DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CARATTERISTICA DI UN ALIMENTATORE STABILIZZATO**

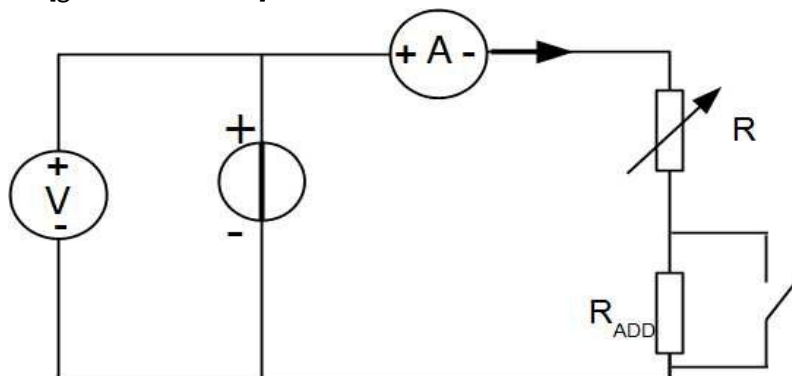
(lo stabilizzatore è un circuito elettronico, costituito da un diodo zener o da un circuito integrato, che assicura la costanza nel tempo della tensione generata dall'alimentatore entro una stretta tolleranza rispetto al valore richiesto. La tensione erogata può variare infatti al variare della tensione della rete elettrica e del carico applicato)

Imporre una tensione di 10 V e una limitazione in corrente di 100mA come precedentemente indicato.

- Disegnare la caratteristica ideale dell'alimentatore in queste condizioni.



- Realizzare il circuito in figura dove R è una resistenza variabile (costituita da un resistore variabile da 10kΩ) e R<sub>add</sub> vale 4.7kΩ [giallo-viola-rosso].



Se necessario utilizzare anche il multimetro digitale palmare fornito in dotazione. E' 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<sub>add</sub> e R in serie e facendo variare il valore di R, verificare che la corrente varia. Prendere circa 5 punti ( tensione e corrente) e riportarli sulla caratteristica ideale disegnata nella pagina precedente.
  - *Seconda fase:* mettere un filo che cortocircuita la resistenza Radd in questo modo è possibile determinare la seconda parte della caratteristica. Facendo variare il valore di R (agendo sul cursore del potenziometro) registrare circa 5 valori di tensione e corrente, concentrando la proprio attenzione per quei valori che più si avvicinano al valore limite di corrente (cioe' R e' molto piccola).
- Riportare i punti su di un piano U x I. (digramma da compilare nel riquadro posto a pagina precedente sovrapposto alla caratteristica ideale dell'alimentatore stabilizzato).
  - Confrontare i risultati ottenuti con la caratteristica ideale dell'alimentatore. Dove quest'ultima si discosta maggiormente dai dati rilevati sperimentalmente?

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

- Se disponibile provare a ripetere l'esperienza con una resistenza aggiuntiva di 180Ω anziche' 4.7kΩ. Cosa accade? quale e' la resistenza migliore per campionare accuratamente la caratteristica?

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

## E 1.2 CARATTERISTICA ELETTRICA 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 .

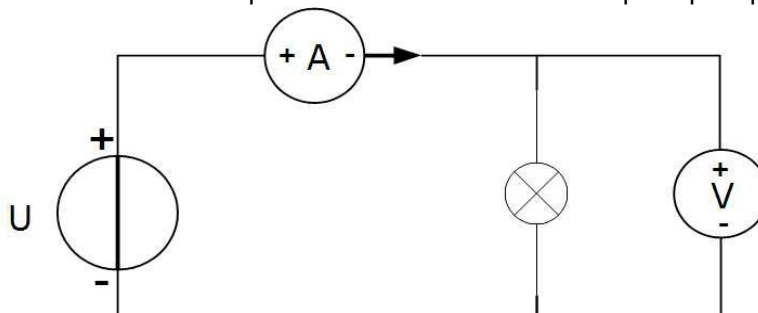


Fig – Schema di principio del circuito di misurazione

### Note sul MONTAGGIO

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

*Attenzione alla posizione del voltmetro (a valle)*

Durante il cablaggio del circuito **accendere gli strumenti fin dall'inizio per mandarli a regime termico**; in caso di difficoltà non esitare a chiedere aiuto.

**RICHIESTE**

a) Acquisire circa 10 punti della caratteristica volt-amperometrica tramite misure partendo da una tensione di alimentazione di 0 [V] fino a 15 [V], infittendo gli intervalli di misurazione ove opportuno (infittire per valori tra 0 e 1 V comunque prima dell'accensione della lampadina).

Riportare i valori numerici in tabella

	<b>i</b>	<b>v</b>
<b>1</b>		
<b>2</b>		
<b>3</b>		
<b>4</b>		
<b>5</b>		
<b>6</b>		
<b>7</b>		
<b>8</b>		
<b>9</b>		
<b>10</b>		

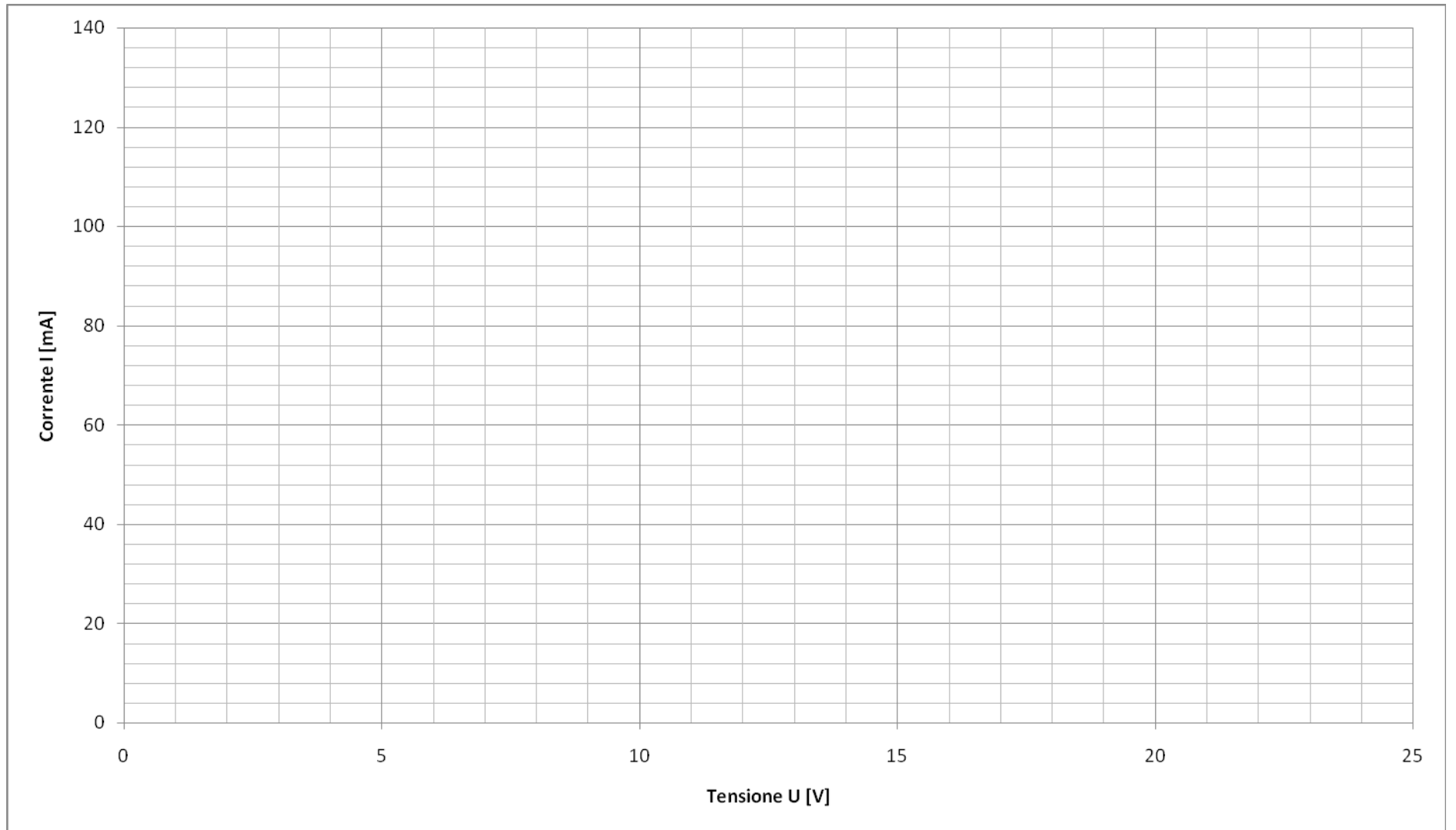
b) Riportare i punti sul grafico [pagina successiva]: per visualizzare il grafico e' possibile usare anche tool come MS Excel

c) Descrivere se il comportamento e' lineare o non lineare ed in quale zona di funzionamento

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

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

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



## E 1.3 VERIFICA DEL TEOREMA DI THÈVENIN

### SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di verificare sperimentalmente il teorema di Thévenin. E' 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 descritto dallo schema di principio riportato in figura.

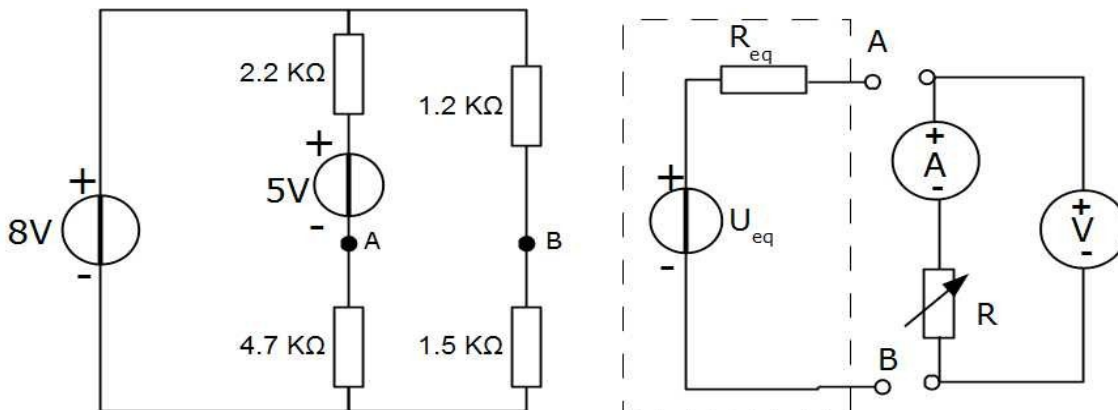


Fig – Schema di principio del circuito, e del suo equivalente di Thévenin

### SCHEMA DI MONTAGGIO

E' di seguito riportato un possibile schema di montaggio, dove è omissa il collegamento di R, resistenza variabile. **Accendere gli strumenti fin dall'inizio per mandarli a regime termico**

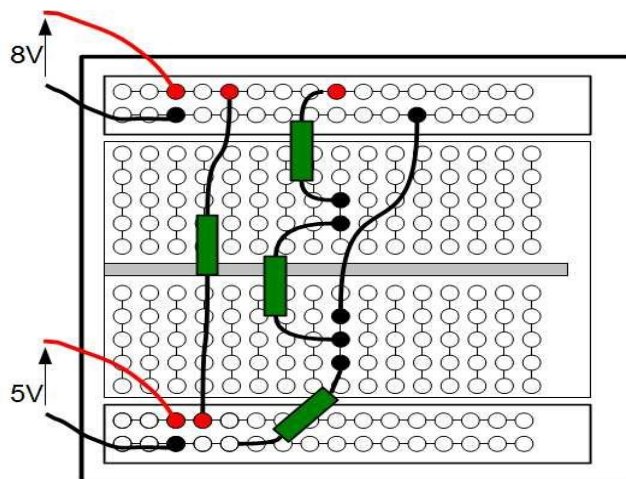


Fig - Schema di montaggio E 1.3

- 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:

- a) Con riferimento allo schema circuitale, applicare il teorema di Thèvenin ai punti A e B. Riportare i calcoli nello spazio sottostante.

- b) Riportare i valori analitici della tensione a vuoto e della resistenza del bipolo equivalente di Thèvenin.

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

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

- c) Impiegando il multimetro palmare digitale (o quello da banco) rilevare sperimentalmente le grandezze del punto b) confrontare con quelle in precedenza calcolate. Si ricorda che per la rilevazione della  $R_{eq}$  è necessario cortocircuitare i generatori (per realizzare il cortocircuito non è sufficiente spegnere l'alimentatore, occorre bensì staccare l'estremità dei cavi banana collegati all'alimentatore e collegare il positivo con il negativo).

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

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

- d) E' ora possibile tracciare la retta di carico (sul piano  $U \times I$ ) utilizzando i dati ricavati sperimentalmente al punto c).

- Quanto valgono i punti di intersezione della retta con gli assi? Commentare i risultati.
- Scrivere l'equazione della retta di carico (cioè  $V$  in funzione di  $I$  del bipolo Thevenin).

Quanto vale la pendenza?

e) Completare il circuito con il potenziometro (resistenza variabile) e, servendosi del multimetro palmare e di quello da banco rilevare  $U_{AB}$  e la corrente che scorre nel potenziometro per diversi valori di resistenza.

- Riportare i punti sul grafico precedentemente realizzato e commentare i risultati. I punti così ottenuti rispettano una particolare tendenza? Il teorema di Thevenin si può dire verificato? Motivare la risposta.

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

	I	$U_{AB}$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		