

Misura della resistenza interna di un alimentatore

Cercate di passare abbastanza rapidamente sul punto 1 (Resistenza dell'alimentatore singolo), e di concentrarvi di più sul punto 2 (Resistenza dell'alimentatore triplo). Svolgete il punto 3 (misura di resistenza in commutazione) nel tempo che resta, solo se siete stati svelti nei precedenti punti.

Suggerimenti pratici

Accendete subito gli alimentatori e gli altri strumenti che vi servono, e lasciate funzionare gli alimentatori a vuoto mentre decidete il da farsi. Questo perché gli alimentatori devono andare a regime termico, altrimenti potete confondere le variazioni di tensione di origine termica con la caduta dovuta al carico. Per la stessa ragione, quando misurate la caduta di tensione sotto carico cercate di agire rapidamente, collegando il carico all'alimentatore per qualche secondo.

Molti voltmetri hanno il tasto *null* che consente di memorizzare una tensione e visualizzare le *variazioni* rispetto al valore in memoria.

Cautele da adottare

Gli esperimenti proposti comportano di dover maneggiare potenze fino a 10-20 W, che presentano rischi di danno agli strumenti. In particolare:

- i multimetri usati come **amperometri**, si rompono con facilità se sovraccaricati,
- i resistori di carico si bruciano se sovraccaricati,

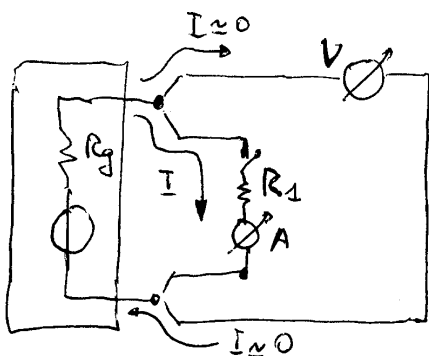


Figure 1: Schema a 4 fili per eliminare l'effetto delle resistenze parassite.

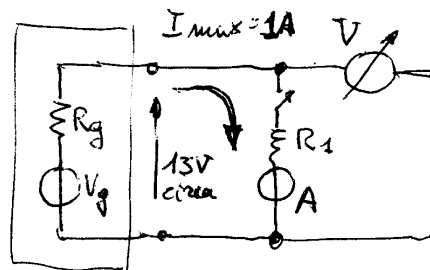


Figure 2: Schema semplificato.

1 Resistenza interna dell'alimentatore singolo

Sui vostri banchi avete un alimentatore a uscita singola¹ (Roland PS 1325 o Vega BIG 2030), del quale dovete misurare la resistenza interna R_g .

Misurate R_g con lo schema di figura 1. Ricavate R_g con due misure di tensione e corrente, V_1 e I_1 a vuoto, e V_2 e I_2 sotto carico

$$R_g = -\frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1};$$

commutando tra R_1 e circuito aperto, avete $I_1 = 0$. Ricordatevi di tenere un margine rispetto alla massima corrente erogabile.

Risoluzione. Con le usuali formule, calcolate l'incertezza $\delta R_g/R_g$ partendo dalle incertezze del voltmetro e dell'ampmetro. E' chiaro che V_1 e V_2 sono molto vicine, e quindi il meccanismo della differenza amplifica l'incertezza relativa di $(V_1 - V_2)$. Malgrado questo, nelle vostre condizioni (un buon voltmetro e un alimentatore con R_g un po' alta) la misurazione è ancora possibile?

Che effetto ha l'incertezza della resistenza di carico R_1 sull'incertezza $\delta R_g/R_g$?

2 Resistenza interna dell'alimentatore triplo

Dovete ora misurare la resistenza interna R_g dell'alimentatore triplo. In laboratorio vi sono due tipi di alimentatore triplo, per i quali cambiano alcuni dettagli degli esperimenti suggeriti. In entrambi i casi però dovete porre molta attenzione al metodo perché R_g è dello stesso ordine di grandezza delle resistenze di cavi e contatti, se non inferiore.

¹Si tratta di alimentatori modificati appositamente per queste esercitazioni.

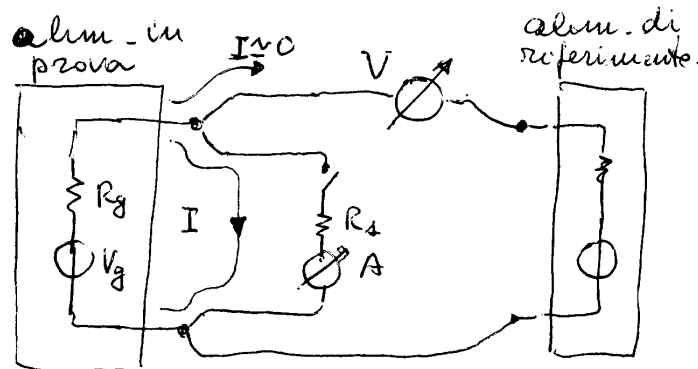


Figure 3: Oltre allo schema a 4 fili, viene usato un alimentatore di riferimento per migliorare la risoluzione del voltmetro.

Alimentatore Philips PE 1542. Usate una delle sezioni a tensione regolabile come alimentatore in prova, l'altra come alimentatore di riferimento. Regolate l'alimentatore in prova per una tensione di 14–15 V e per la massima corrente erogabile. Utilizzate come carico $R_1 = 16.5 \Omega$.

Alimentatore Topward TPS 4000. Usate la sezione a tensione fissa (5 V) come alimentatore in prova e una delle sezioni a tensione variabile come alimentatore di riferimento. Utilizzate come carico $R_1 = 6.8 \Omega$.

Alimentatore Labornetzgerät LPS 3303A. ...

Per tutti gli alimentatori. Dei due multimetri disponibili, quello analogico deve essere usato come amperometro mentre quello digitale, che è più preciso, come voltmetro. Perché?

Nello schema di figura 3 viene utilizzato un alimentatore di riferimento. A cosa serve e a quali ipotesi deve soddisfare per svolgere la sua funzione?

Tracciate la caratteristica dell'alimentatore sul piano VI indicando i punti di lavoro e le grandezze misurate.

2.1 Incertezza e risoluzione

Valutate l'incertezza della misura di resistenza assumendo come ipotesi semplificativa che le uniche cause siano il voltmetro e l'amperometro.

Calcolate la risoluzione della misura di resistenza procedendo in modo analogo. Per l'amperometro analogico, in mancanza di specifiche potete ammettere che la risoluzione sia metà dell'incertezza. Per il voltmetro digitale, nell'esperimento in questione probabilmente non è corretto usare direttamente la risoluzione dello strumento perché la misura è limitata dalle fluttuazioni del sistema. Ci si deve pertanto riferire al valore della fluttuazione.

Solo se ve la sentite: tentate una stima dell'incertezza considerando il sistema nella sua globalità, quindi includendo la stabilità delle letture e altre considerazioni.

2.2 Quesiti

Se non si conoscesse il trucco di separare il circuito voltmetrico da quello amperometrico, ammettendo che la resistenza di ogni contatto sia di $10\text{ m}\Omega$ e che le resistenze dei cavi siano trascurabili, quale errore si commetterebbe nella valutazione della resistenza interna dell'alimentatore? Nella realtà, si tratta di errori sistematici, di incertezze di tipo A (casuali) o di incertezze di tipo B (sistematiche)?

Disponendo solo di un voltmetro con resistenza interna di $10\ \Omega$ (strumenti simili probabilmente esistono solo nella fantasia) quale sarebbe l'errore sistematico di misura di R_g dovuto al consumo del voltmetro? Come si può rendere minimo tale errore di consumo?

2.3 Morsetti voltmetrici e amperometrici

Provate a modificare il circuito della misura precedente in modo da sbagliare (appositamente!) i collegamenti voltmetrici e amperometrici, introducendo così su almeno un morsetto dell'alimentatore in prova l'errore dovuti alle resistenze di contatto.

Confrontate la misura con quella ottenuta con il circuito montato correttamente.

2.4 Resistenza dei contatti

Con il materiale a disposizione per l'esercitazione, misurate la resistenza di contatto tra una boccia dell'alimentatore e una banana. Potete sfruttare il limitatore di corrente e l'amperometro dell'alimentatore semplicemente mettendo l'alimentatore in cortocircuito.

In casi particolari — specialmente per basse tensioni e alte correnti — si usano alimentatori a 4 morsetti, due di *potenza* e due detti di *sensing*, questi ultimi usati per misurare la tensione realmente presente ai capi del carico. Con quello che avete imparato, giustificate questa soluzione di progetto.

3 Misura di resistenza in commutazione

Negli esperimenti precedenti dovrete aver osservato che la stabilità dell'alimentatore è un punto critico, e che il surriscaldamento dovuto alla corrente di carico fa derivare la tensione. Può quindi essere vantaggioso un metodo a commutazione, nel quale il carico venga inserito e disinserto periodicamente. E' però necessario che il *periodo* sia sufficientemente *lungo* da consentire la misura della resistenza (esaurito il trasitorio elettrico), ma *breve* rispetto alla costante di tempo termica dell'alimentatore.

Misurate la resistenza interna R_g dell'alimentatore singolo (Roland PS 1325 o Vega BIG 2030) seguendo lo schema di figura 4 e usando una frequenza di commutazione dell'ordine di 100-200 Hz (onda quadra).

Attenzione. Il transistor deve lavorare in commutazione (saturato o interdetto), in modo che l'intera potenza sia dissipata da R_1 , altrimenti si surriscalda. Regolate il generatore di

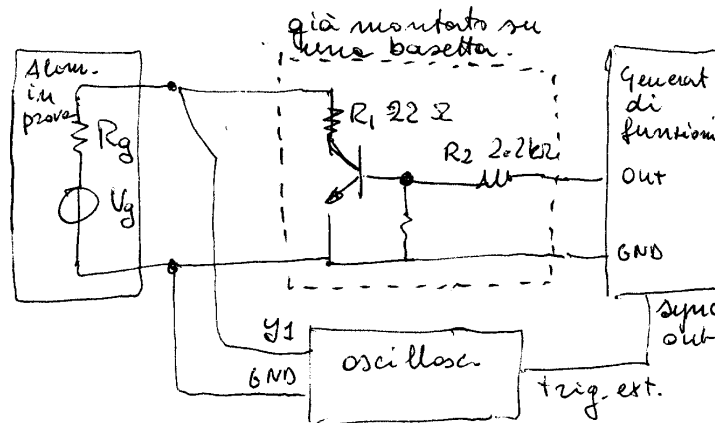


Figure 4: Schema a commutazione.

funzioni (ampiezza e offset) in modo da pilotare opportunamente il transistor, verificando con l'oscilloscopio *accoppiato in dc* la tensione di collettore. *Suggerimento*: quando il transistor è saturato la corrente di collettore dipende solo dal carico, ed è *indipendente* dalla corrente di base, almeno per piccole variazioni. Quando è interdetto, la tensione di collettore è uguale alla tensione di alimentazione.

Potete ancora usare la caduta di tensione dovuta al carico e la formula $R_g = -(V_2 - V_1)/(I_2 - I_1)$, a condizione di conoscere la corrente. Leggete $(V_2 - V_1)$ all'oscilloscopio, e vi basta conoscere I_2 perché se il transistor è interdetto $I_1 = 0$; quindi vi manca solo più I_2 . E' meglio ricavarla da V_g e R_1 , oppure con un amperometro analogico in dc conoscendo il duty cycle? *Suggerimento*: pensate all'incertezza di misura.

3.1 Incertezza e risoluzione

Considerando l'incertezza dell'oscilloscopio e dei componenti del circuito interruttore, e facendo *ragionevoli* ipotesi su eventuali parametri mancanti, valutate l'incertezza di misura di R_g . Valutate anche la risoluzione della misura.

3.2 Quesiti

Perché è importante usare il trigger esterno collegato al generatore?

Alcuni alimentatori sono caratterizzati da una bassa resistenza interna e da una bassa stabilità della tensione di uscita rispetto alla temperatura. I componenti serie 78xx, ad esempio, hanno una resistenza tipica di 5 mΩ e un coefficiente di temperatura di 1.1 mV/K; il transistor regolatore di tensione è termicamente accoppiato al riferimento di tensione e causa variazioni di tensione in funzione della corrente di carico. Se si dovesse misurare la resistenza di uno di tali dispositivi che metodo si dovrebbe adottare?