

# Strumenti di misura, caratteristica I-V di una lampadina ed interruttori

Thomas Robiglio<sup>1</sup>, Lorenzo Stefanuto e Sergio G. Tamburi

<sup>1</sup> Thomas Robiglio, e-mail: thomas.robiglio@edu.unito.it

Inviato	03/03/2020
Ricevuto	.....
Valutato	.....

## OBIETTIVI DELL'ESPERIENZA

L'esperienza svolta è articolata in 3 parti distinte, ciascuna con obiettivi differenti.

La prima parte dell'esperienza mira a determinare la resistenza interna di un tester digitale (AMPROBE 37XR-A) e di un tester analogico (SUPERTESTER 680R), impiegati sia come voltmetro che come amperometro, andando a calcolare anche la potenza consumata dagli strumenti per fornire le misure.

La seconda parte dell'esperienza è volta a determinare, effettuando misure di corrente e tensione, la caratteristica  $I - V$  di una lampadina e a verificare la validità della legge di corpo nero per un filamento di tungsteno riscaldato.

La terza parte dell'esperienza - puramente operativa - consiste nell'implementare, utilizzando due switch, un generatore di tensione e una lampadina, un circuito AND, un circuito OR e un circuito *two-way switching*.

**NOTA:** Per le procedure sperimentali e la simbologia si è fatto riferimento alle dispense fornite dal docente.

Per la prima parte dell'esperienza, in riferimento a quanto presente nelle dispense, si è impiegata una resistenza da  $(487 \pm 3)k\Omega$  misurata con AGILENT U1731A.

## 1 Elaborazione dei dati

### 1.1 Multimetri impiegati come voltmetri

Per determinare la resistenza interna dei multimetri impiegati come voltmetri, dalla formula per il partitore di tensione [boyestad] si ha:

$$\frac{V_{AG}}{R + R_i} = V_{BG} \Rightarrow R_i = \frac{V_{BG} \cdot R}{V_{AB} - V_{BG}} \quad (1)$$

La potenza consumata si determina a partire dalla legge di Ohm [Boy07]:

$$P = \frac{V_{BG}^2}{R_i} = \frac{V_{AB} - V_{BG}}{R} \cdot V_{BG} \quad (2)$$

### 1.2 Multimetri impiegati come amperometri

La resistenza interna e la potenza dissipata si ricavano direttamente dalla legge di Ohm.

### 1.3 Potenza dissipata per una lampadina a filamento di tungsteno

Dalle letteratura ([AM00] e [CRR01]) sono note, per una lampadina a filamento di tungsteno, le relazioni:

$$P = k(T - T_0) + e\sigma A_s(T^4 - T_0^4) \quad (3)$$

$$R = R_0\left(\frac{T}{T_0}\right)^b \Rightarrow T = \beta R^\gamma \quad (4)$$

Note (3) e (4) è possibile operare alcune approssimazioni per descrivere i dati raccolti.

In prima approssimazione (**ipotesi 1**) si trascura sia il termine conduttivo e convettivo della potenza dissipata sia il termine  $e\sigma A_s T_0^4$  - si ipotizza infatti che la temperatura iniziale della lampadine  $T_0$  sia trascurabile rispetto alle temperature raggiunte dal filamento ( $> 2000^\circ\text{C}$ ); si ha quindi una relazione del tipo:

$$P = mR^q \quad (5)$$

L'altra ipotesi (**ipotesi 2**) tiene conto di tutti i termini presenti in (3):

$$P = mR^q + nR^{\frac{q}{4}} + K \quad (6)$$

Si noti che in (6) il termine  $K$  deve assumere valore negativo.

Si procede quindi effettuando delle regressioni sui dati sperimentali (avendo ricavato dai dati raccolti i valori di  $R$  e  $P$  con la legge di Ohm) con le forme funzionali delle 2 ipotesi.

### 1.4 Caratteristica I-V di una lampadina a filamento di tungsteno

Dalla relazione (7) si può ricavare (ricordando che  $P = VI$  e  $R = \frac{V}{I}$ ) la relazione tra la corrente e la tensione ai capi della lampadina:

$$VI = m\left(\frac{V}{I}\right)^q \Rightarrow I = sV^p \quad (7)$$

dove  $s = \frac{q+1}{m}$  e  $p = \frac{q-1}{q+1}$ .

Si esegue quindi una regressione sui dati di  $I$  e  $V$  raccolti per verificare sperimentalmente la coerenza tra l'ipotesi di corpo nero e la caratteristica  $I - V$  della lampadina.

## 2 Risultati

In riferimento a §1.1 i valori ottenuti per lo strumento SUPERTESTER 680R con fondo scala a 10V sono:

- $R_i = (180 \pm 13)k\Omega$
- $P = (2,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-5}W$

Per lo strumento AMPROBE 37XR-A:

- $R_i = (9,2 \pm 0,4)M\Omega$
- $P = (6,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}W$

In riferimento a §1.2 i valori ottenuti per lo strumento SUPERTESTER 680R con fonda scala a 5mA sono:

- $R_i = (63 \pm 2)\Omega$
- $P = (18,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-5}W$

Per lo strumento AMPROBE 37XR-A:

- $R_i = (11,1 \pm 0,2)\Omega$
- $P = (32,8 \pm 0,7) \cdot 10^{-6}W$

In riferimento a §1.3 solo l'**ipotesi 2** risulta significativa e coerente con le previsioni teoriche sull'intero set di misure, con i parametri:

parametro $m$	$(6,3 \pm 1,4) \cdot 10^{-6} \frac{W}{\Omega^2}$
parametro $n$	$(0,55 \pm 0,02) \frac{W}{\Omega^{\frac{3}{4}}}$
parametro $q$	$(3,96 \pm 0,05)$
parametro $K$	$(-5,2 \pm 0,5)W$

Con cui si ha il valore:

$$\gamma = \frac{q}{4} = (0,989 \pm 0,012)$$

L'**ipotesi 1** risulta significativa considerando le ultime 19 coppie di valori; con i parametri:

parametro $m$	$(2,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-5} \frac{W}{\Omega^2}$
parametro $q$	$(3,65 \pm 0,03)$

Con cui si ha il valore:

$$\gamma = (0,913 \pm 0,008)$$

In riferimento a §1.4 i parametri ottenuti dalla regressione (eseguita sulle ultime 19 coppie di valori, coerentemente con quanto visto sopra) sono:

parametro $s$	$(23,76 \pm 0,17) \frac{A}{V^p}$
parametro $p$	$(0,571 \pm 0,004)$

É quindi possibile ricavare il valore dell'esponente  $q$ :

$$p = \frac{q-1}{q+1} \Rightarrow q = \frac{1+p}{1-p} = (3,66 \pm 0,02)$$

Che da il valore:

$$\gamma = (0,916 \pm 0,005)$$

## 3 Osservazioni e conclusioni

I risultati della prima parte dell'esperienza appaiono apprezzabili e coerenti con le previsioni teoriche [Boy07] per i valori delle resistenze interne di voltmetri e amperometri. L'analisi della seconda parte dell'esperienza ha mostrato che la legge di corpo nero descrive in maniera soddisfacente il comportamento  $P(R)$  di una lampadina solo a temperature sufficientemente elevate; considerando l'intero set di dati i termini di potenza consumata per via convettiva e conduttiva non risultano trascurabili.

Sul set di dati ristretto l'ipotesi di corpo nero si è dimostrata consistente con la caratteristica  $I - V$  della lampadina (compatibilità tra i valori del parametro  $q$  ottenuti).

I valori sperimentali di  $\gamma$  determinati nelle due differenti ipotesi non sono risultati compatibili tra loro; si ipotizza che tale risultato sia legato a un comportamento diverso da quello descritto da (4) per basse temperature. Inoltre tali valori non si sono mostrati significativamente consistenti con i valori teorici (nonchè privi di errore) presenti in letteratura ([GK08], [CRR01] e [AM00]), si evidenzia quindi la necessità di approfondire le ricerche per evidenziare eventuali fonti di errore non considerate.

La terza parte dell'esperienza è stata svolta con successo; sono state verificate le tavole di verità e i comportamenti dei tre circuiti.

*Si presentano in appendice i grafuci, i parametri dei test di verifica delle bontà dei fit per i risultati ottenuti e le modellizzazioni dei circuiti implementati nella terza parte dell'esperienza.*

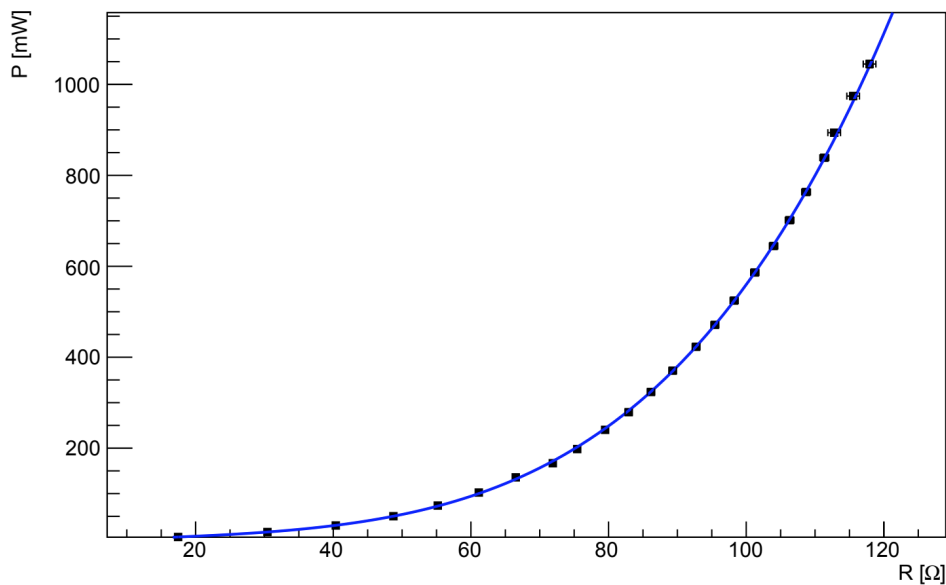
## Riferimenti bibliografici

- [AM00] D. C. Agrawal e V. J. Menon. "Light Bulb Exponent-Rules for the Classroom". In: *IEEE Transaction on education* 43 (2000), pp. 262–265.
- [CRR01] D. A. Clauss, R. M. Ralich e R. D. Ramsier. "Hysteresis in a light bulb: connecting electricity and thermodynamics with simple experiments and simulations". In: *European Journal of Physics* 22 (2001), pp. 385–394.
- [Boy07] R. L. Boylestad. *Introductory circuit analysis*. Pearson Education, 2007. ISBN: 0131730444.
- [GK08] P. Gluck e V. J. King. "Physics of Incandescent Lamp Burnout". In: *The Physics Teacher* 46 (2008), pp. 29–35.

## APPENDICE

In riferimento a §1.3, per l'**ipotesi 2**:

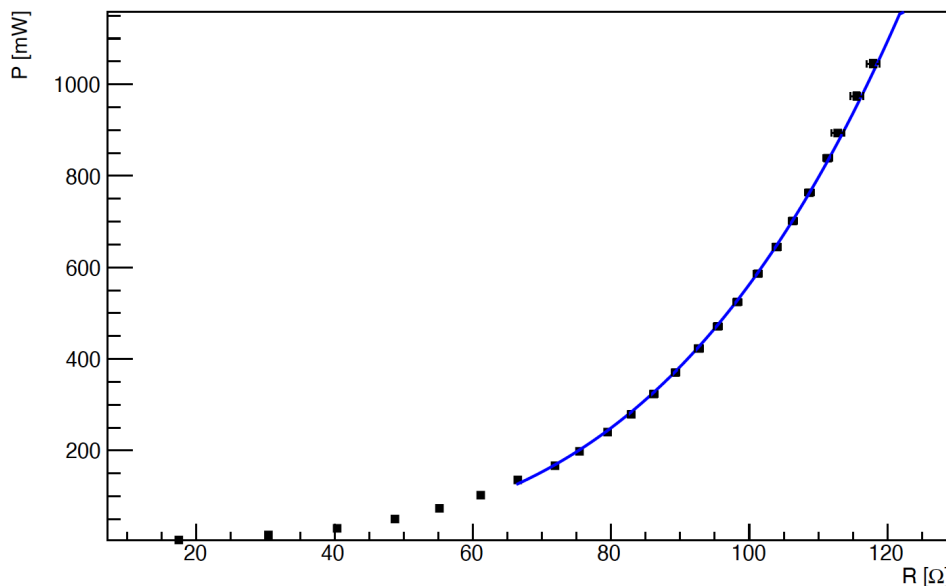
Figura 1: Grafico  $P(R)$  per l'**ipotesi 2**



$\chi^2$	6,55
Gradi di libertà	20
Probabilità	0,9979

In riferimento a §1.3, per l'**ipotesi 1**, dalla regressione eseguita sulle ultime 19 coppie di valori:

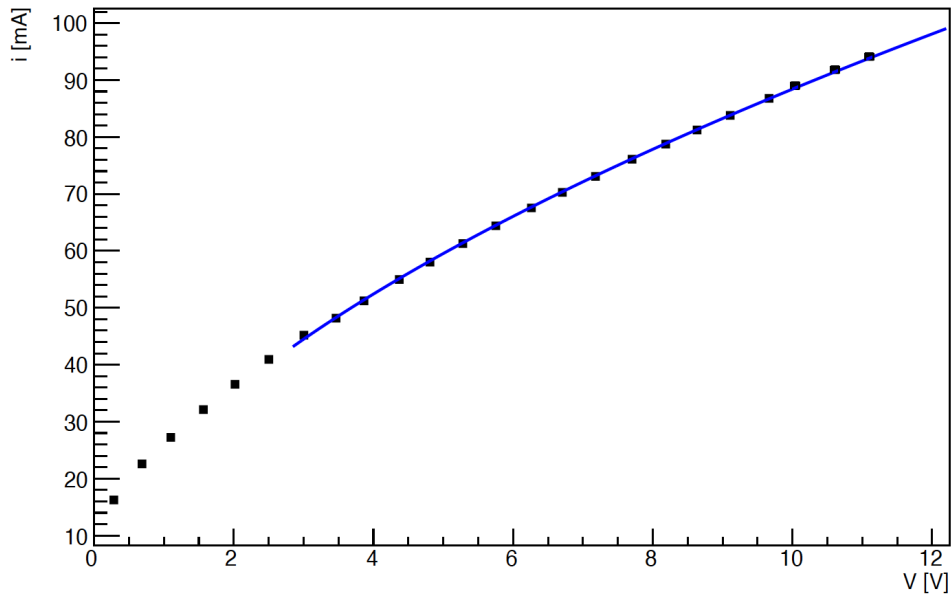
Figura 2: Grafico  $P(R)$  per l'**ipotesi 1** - Radiazione di corpo nero



$\chi^2$	11,15
Gradi di libertà	16
Probabilità	0,8002

In riferimento a §1.4 dalla regressione eseguita sulle ultime 19 coppie di valori:

Figura 3: Grafico  $I(V)$  - Caratteristica I-V di una lampadina



$\chi^2$	8,21
Gradi di libertà	16
Probabilità	0,9423

Per la terza parte dell'esperienza i 3 circuiti sono stati implementati come mostrato nelle figure.

Figura 4: Circuito AND

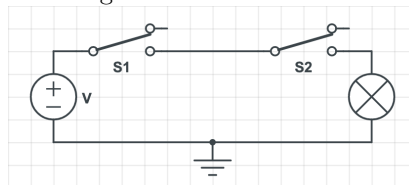


Figura 5: Circuito OR

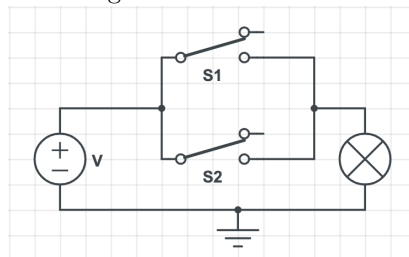


Figura 6: Circuito *two-way switching*

