

Tecnologie Digitali - Logbook Week 5

Salvatore Bottaro¹ and Lorenzo M. Perrone²

¹salvo.bottaro@hotmail.it

²lorenzo.perrone.lmp@gmail.com

Sommario—Logbook di laboratorio di Tecnologie Digitali, a.a. 2015/2016. Week 5.

I. MECCANISMO E CARATTERISTICA I-V DEL LED

In un LED il meccanismo di emissione della luce avviene in seguito ad un processo di ricombinazione fra le cariche presenti nella banda di conduzione e quelle nella banda di valenza. Il processo porta all'emissione di un fotone di energia:

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Dal momento che $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$, questo suggerisce una regola mnemonica per convertire in eV le lunghezze d'onda espresse in nm:

$$\Delta E = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} \text{ eV} \quad (2)$$

Ad esempio nel caso di luce blu, $\lambda = 470 \text{ nm}$, si ottiene $\Delta E \approx 2.6 \text{ eV}$.

Per una prima stima della costante di Planck abbiamo impiegato un LED rosso (645 nm) modello HLMP-C115, realizzando sulla breadboard il circuito dello schema in figura 1.

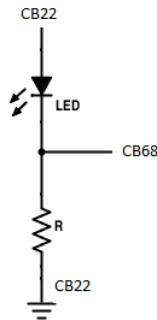


Figura 1: Schema del circuito realizzato sulla breadboard. Sono indicate anche le porte della scheda di acquisizione impiegate.

Dal datasheet di HLMP-C115 è possibile leggere il massimo valore per la corrente diretta:

$$I_F = 30 \text{ mA} \quad (3)$$

che pone un vincolo sul valore minimo della resistenza R. Questo può essere dedotto osservando la caratteristica I-V del LED riportata nel datasheet (figura 2).

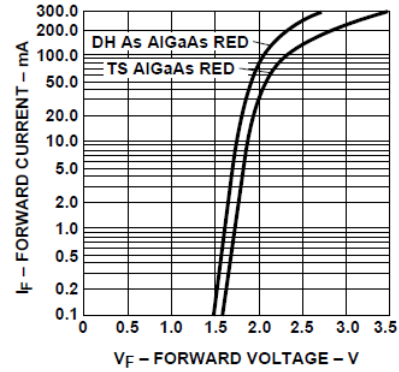


Figura 2: Curva caratteristica del LED che si può leggere nel datasheet. Il modello da noi impiegato corrisponde al DH As AlGaAs RED.

Come si vede se V è la tensione di ingresso, ΔV la tensione diretta ai capi del LED in funzione della corrente I , si ha che R vale:

$$R = \frac{V - \Delta V}{I} \quad (4)$$

Per $V = 10 \text{ V}$ (massima tensione generata dalla scheda), $I = I_F$, $\Delta V \approx 1.8 \text{ V}$ (tensione diretta a cui la corrente che scorre nel LED è quella massima) si ottiene:

$$R_{min} \approx 275 \Omega \quad (5)$$

Nell'esperienza abbiamo impiegato una resistenza $R = 470 \pm 0.8 \%$. In queste condizioni è possibile stimare sempre dalla curva di figura 2 che applicando una tensione di ingresso da 10 V la corrente massima nel circuito risulti circa 18 mA . Infatti bisogna individuare il punto di intersezione fra la curva caratteristica del LED e la retta $V = 10 \text{ V} - R \cdot I$, che si vede facilmente essere compreso in $1.5 \text{ V} \leq V \leq 2 \text{ V}$ e $1.7 \text{ mA} \leq I \leq 1.8 \text{ mA}$.

Abbiamo infine montato il circuito di figura 1 sulla breadboard. Con il VI **Vin_Vout_2015** abbiamo impostato diversi valori della tensione di ingresso, ricavando da V_{out} il valore della corrente che scorreva nel LED. I valori misurati sono riportati in tabella I.

Abbiamo poi effettuato delle misure impostando V_{in} fra 1 V e 2 V , poiché si è visto che il LED si accende proprio in questo intervallo. Le misure effettuate sono riportate in tabella II.

In particolare abbiamo individuato il punto di prima accensione del LED per $V_{in} = 1.35 \text{ V}$, cui corrisponde una *forward*

Tabella I: Prime misure della corrente nel LED. I valori di V_{in} riportati sono quelli impostati nel VI.

V_{in} (V)	V_{out} (V)	I (mA)
1	0	0
2	0.4053(7)	0.862(7)
3	1.3289(11)	2.83(2)
4	2.297(4)	4.89(4)
5	3.299(8)	7.02(6)

Tabella II: Determinazione della corrente di prima accensione del LED.

V_{in} (V)	V_{out} (mV)	V_{LED} (V)	I (μ A)
1.3	0	0	0
1.35	2.44(0)	1.348	5.19(4)
1.4	4.88(6)	1.39	10.38(8)
1.5	22.1(4)	1.4779	47.0(4)

voltage $V_f = 1.348(\text{BOH})$ e una corrente $I_f = 5.19(4) \mu\text{A}$. Per quanto riguarda l'errore riportato per alcuni valori di V_{out} , il fatto che in qualche caso si sia riportato 0 è dovuto al fatto che l'errore calcolato dal VI **Vin_Vout_2015**, ovvero la deviazione standard su un certo numero di misure, era più piccolo del minimo valore riportabile. Eseguendo infatti la stessa misura con **Traccia_Vin_Vout** nelle stesse condizioni con fondoscala 0.05 V, i punti ottenuti avevano la stessa ordinata a parte 2 punti che differivano dagli altri di COME SI CHIAMA?

A. Stima di h

Tramite il VI **Traccia_Vin_Vout** abbiamo campionato l'equivalente della caratteristica I-V del LED. Infatti come si vede in figura 3, si è misurata la tensione V_{out} in funzione di V_{in} , da cui ovviamente è possibile risalire alla corrente che scorre nel LED semplicemente dividendo per la resistenza R.

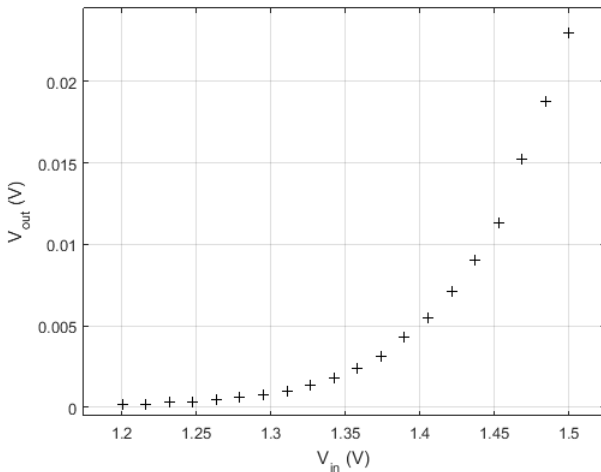


Figura 3: Grafico dei dati sperimentali di V_{out} in funzione di V_{in} equivalente alla caratteristica I-V.

Dal grafico si vede come la corrente comincia a crescere rapidamente per $V_{out} = 1.37 \text{ V} \pm 0.02 \text{ V}$, compatibile con il valore trovato per la tensione di prima accensione del LED,

e che può essere presa come stima della V_{gap} fra la banda di conduzione e di valenza. Da qui, tramite:

$$h = \frac{\lambda e V_{gap}}{c} \quad (6)$$

è possibile fornire una prima stima di h . Utilizzando i valori di e e c universalmente accettati forniti da CODATA:

$$e = 1.6021766208(98) \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (7)$$

$$c = 299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (8)$$

mentre come valore della lunghezza d'onda emessa dal diodo abbiamo preso $\lambda = 645 \text{ nm} \pm 12 \text{ nm}$, ovvero il valore di picco e come errore la HWHM che si può dedurre dal grafico dell'intensità relativa in funzione della lunghezza d'onda che si trova nel datasheet. Si ottiene così:

$$h_{ext} = (4.7 \pm 0.2) \cdot 10^{-34} \text{ J s} \quad (9)$$

Come si può notare, il valore stimato differisce di circa il 30 % da quello attualmente accettato. Difatti il metodo impiegato si basa su una scelta soggettiva del valore di soglia per la stima di V_{gap} nella caratteristica I-V del LED. Tuttavia nonostante ciò la stima è ragionevole.