

1 Diodo emettitore di luce

I diodi a emissione luminosa (LED) sono le più efficienti sorgenti luminose. In anni recenti sono apparse sul mercato le economiche, potenti e affidabili lampade a LED.

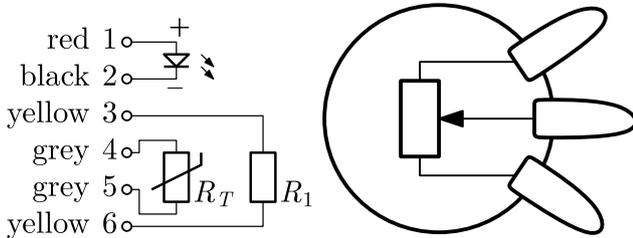
Ciò sta determinando una vera rivoluzione a livello mondiale, in quanto le altre lampadine (es. ad incandescenza, alogene e fluorescenti) vengono sostituite nelle case e negli uffici dalla illuminazione a LED.

In questo esperimento, analizzeremo proprietà termiche ed elettriche dei diodi emettitori di luce.

Non è necessario stimare alcuna incertezza, ma l'accuratezza dei metodi e dei risultati è importante e saranno valutate.

Disegnare sempre la configurazione usata per effettuare la misura! Se necessario, utilizzare i grafici per la determinazione delle quantità richieste.

Attrezzatura: 2 schede con LED, resistenza e un sensore di temperatura; 2 bottiglie trasparenti; 2 tappi a tenuta stagna; 2 tubi; acqua; siringa; 3 multimetri (Il multimetro denominato "solo tensione" deve essere utilizzato solo per misurazioni di tensione); 2 potenziometri; alimentazione; cavi; supporti; strisce di carta millimetrata.



Gli schemi e le connessioni del circuito stampato (a sinistra) e il potenziometro (a destra) sono indicati nella figura.

La resistenza R_1 può essere utilizzata per riscaldare la scheda vicino al LED. Il sensore di temperatura (termistore) R_T è un'altra resistenza il cui valore dipende fortemente dalla temperatura assoluta T :

$$T = 2.254 \text{ K} \left(\ln \frac{R_T}{1 \text{ k}\Omega} \right)^2 - 32.46 \text{ K} \ln \frac{R_T}{1 \text{ k}\Omega} + 361.09 \text{ K}.$$

Avvertimento! Applicare la tensione al LED solo con la polarità mostrata! Il cavo rosso dell'alimentazione è "+" (e deve essere collegato al connettore rosso del LED) e il cavo nero è "-".

Il multimetro ha una modalità di impiego contrassegnata da "→" che agisce come fonte di una corrente all'incirca costante, quando un diodo è collegato tra il "mAVΩ" (alimentazione "+") e "COM" ("-"). In questa modalità il multimetro mostra la tensione nel diodo in Volt, fornendo circa 0.33 mA (si può supporre che la corrente si mantiene costante). In una teoria semplificata, la corrente del diodo I_d , la caduta di tensione V alla giunzione all'interno del LED dove la luce è emessa e la temperatura assoluta T della giunzione obbedisce a

$$I_d = A e^{-V_{G0}/(nV_T)} \left(e^{V/(nV_T)} - 1 \right) \text{ con } V_T = \frac{k}{q} T,$$

costante di Boltzmann $k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ e carica elementare $q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

La variabile V_T è chiamata tensione termica. Il parametro V_{G0} e n dipendono dai materiali del LED; il parametro A dipende anche dalla temperatura del LED.

Il parametro n è chiamato il fattore di idealità e di solito è compreso tra $1 < n < 2$. Il parametro V_{G0} viene chiamato tensione di banda nominale del materiale semiconduttore.

La tensione su un diodo fisico $V' = V + I_d R_s$ ha anche un contributo da una resistenza parassita in serie R_s che è dell'ordine di 1Ω . **Suggerimento:** nell'espressione precedente stimare lampiezze e semplificare di conseguenza i tuoi calcoli!

1. Misurare e tracciare il diagramma di tensione-temperatura del LED per una corrente costante (la tua corrente dovrebbe essere abbastanza piccola in modo che la caduta di tensione su R_s può essere trascurata).

Trova V_{G0} .

Trova i parametri n e A facendo ulteriori misure e un grafico adeguato.

A correnti più grandi, la resistenza in serie R_s diventa significativa. Misura questa R_s .

2. Definire l'efficienza del LED come rapporto tra la potenza irradiata come luce e l'energia elettrica consumata. Misurare un valore dell'efficienza η del LED senza utilizzare il sensore di temperatura.
3. Il LED si comporta anche come una cella solare (o un fotodiode). La fotocorrente I_p generata dalla luce non dipende dalla tensione ed è proporzionale all'intensità della luce; essa viene sottratta dalla corrente del diodo ($I = I_d - I_p$). La fotocorrente dalla luce ambientale è abbastanza bassa da non pregiudicare le precedenti misure.

Inserite due LED direttamente uno di fronte all'altro ad una distanza $d = 3.0 \text{ cm}$, e alimentare uno di loro con $I_1 = 0.50 \text{ A}$. Determinare la massima potenza elettrica P_{\max} che può essere raccolta dal LED in questa impostazione di illuminazione a temperatura ambiente.

Determinare la corrispondente fotoefficienza corrispondente η_p — potenza elettrica emessa divisa per la potenza della luce assorbita dall'area attiva del LED. Questa area è $S = 1.56 \text{ mm}^2$. Supponiamo che il LED irradia uniformemente dentro un angolo solido di $\alpha = 33\%$ della sfera.