



Gadget “La luce e i raggi infrarossi”

Si coglie un'altra occasione per commemorare l'Anno Internazionale della Luce e delle tecnologie basate sulla luce 2015, corredando la cartella congressuale con questo gadget, che contiene tre emettitori, di cui un *light emitting diode* (LED) rosso e due *infrared emitting diode* (IRED) della lunghezza d'onda di 850 nm e 940 nm, rispettivamente.

I tre emettitori sono corredati dei rispettivi resistori adeguati per poter alimentare il gadget con una tensione di alimentazione compresa fra 9 V e 12 V (ottenibile da una pila, o un alimentatore/caricabatterie). Il gadget contiene anche una morsettiera a viti (nota come mammut) e due cavetti intestati con morsetti a denti di coccodrillo, utili per collegare il dispositivo alla tensione di alimentazione. La Figura 1 mostra lo schema elettrico del gadget.

Ciascun ramo che include il diodo emettitore, vede questo in serie ad un resistore di valore $R = (E - V_{ak})/I_a$ dove E è la tensione della batteria, V_{ak} è la tensione fra l'anodo e il catodo del i -esimo diodo e I_a è l'intensità di corrente che lo attraversa. Il legame fra tensione e corrente sul diodo è dato dal costruttore. I diodi usati nel gadget hanno le seguenti caratteristiche riportate in Tabella 1:

Diodo	Modello	λ_0 [nm]	I_a [mA]	V_{ak} [V]
D1	TSAL6200	940	8	1,1
D2	TSHG6210	850	3	1,8
D3	L-7113C	625	20	2,0

Tabella 1. La lunghezza d'onda di picco nel vuoto/aria, la corrente anodica e la rispettiva tensione, per ciascuno dei tre diodi selezionati.

Con una tensione di alimentazione $E = 9$ V, si ottengono i seguenti valori delle resistenze dei resistori: $R_1 = 988 \Omega$ approssimata con il valore commerciale di 1000Ω , $R_2 = 2400 \Omega$ approssimata con il valore commerciale di 2700Ω , $R_3 = 350 \Omega$, approssimata con il valore commerciale di 390Ω . I valori delle intensità di corrente associate a ciascun diodo sono stati scelti per ottenere un'intensità radiante pari a 5 mW/sr lungo l'asse frontale (di fronte) ad ogni diodo. Tale valore è il massimo ottenibile dal LED rosso, a cui gli IRED sono stati adeguati; purtroppo i valori sono affetti da notevole incertezza a seguito della forte dispersione delle caratteristiche di emissione di ciascun dispositivo, così come risulta dai corrispondenti data-sheet. Abbiamo scelto di fare emettere la stessa intensità radiante a ciascun diodo per confrontare, ad esempio, come vengono rilevati da fotocamere o videocamere. Gli IRED scelti possono fornire intensità radianti molto più elevate: il TSAL6200 può fornire 60 mW/sr in corrispondenza di un'intensità della corrente anodica di $0,1 \text{ A}$ con $V_{ak} = 1,35 \text{ V}$. Il TSHG6210 può emettere 230 mW/sr con $I_a = 0,1 \text{ A}$ e $V_{ak} = 1,5 \text{ V}$.

Indicazioni per il montaggio

Il montaggio è semplice ed intuitivo, usando efficientemente il mammut per i collegamenti. I valori delle resistenze dei resistori, si ottengono dal codice a colori (reperibile facilmente online con qualsiasi motore di ricerca), che corrisponde a: marrone-nero-rosso per 1000Ω , rosso-viola-rosso per 2700Ω , arancione-bianco-marrone per 390Ω . Una possibile configurazione di montaggio è riportata in Figura 2, ed utilizza 5 dei 6 morsetti del mammut.

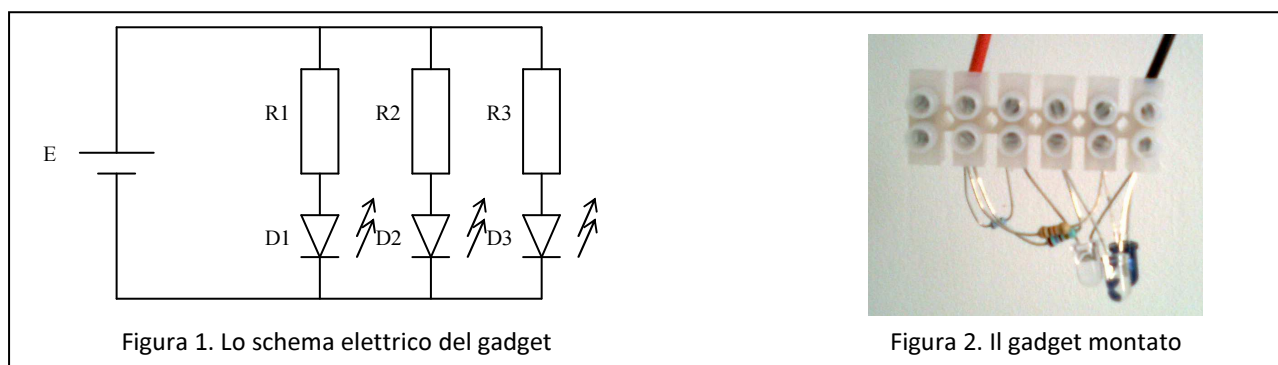


Figura 1. Lo schema elettrico del gadget

Figura 2. Il gadget montato

Con riferimento alla Figura 2, al morsetto all'estrema destra, lato basso, sono collegati i catodi di ciascun diodo; gli anodi insieme ad un terminale del resistore sono collegati ai morsetti via via adiacenti, il secondo morsetto in basso, a partire da sinistra, collega i terminali in comune dei resistori.

Sul secondo morsetto a partire da sinistra, lato alto, è collegato il filo che dovrà essere connesso al polo positivo della batteria. Sul morsetto all'estrema destra, lato alto, è collegato il filo destinato al polo negativo della batteria.

Avvertenze

Nonostante la semplicità, gli aspetti di modesta criticità sono rappresentati da:

- riconoscimento dei diodi: il TSAL6200 ha l'involucro scuro, il TSHG6210 e il L-7113C sono apparentemente identici, guardando attentamente di fronte entrambi, il quadratino nero di semiconduttore che si vede all'interno è **più grosso** nel TSHG6210;
- riconoscimento dei terminali dei diodi: il terminale del catodo è più lungo di quello dell'anodo; qualora si fossero tagliati i terminali da non poter confrontare la loro lunghezza originale, la circonferenza alla base del diodo ha un taglio dal lato del catodo. Nei modelli forniti nel gadget il rettangolino nero di semiconduttore è alloggiato sul catodo (non è sempre vero per altri LED o IRED);
- tenuta delle viti: è critica poiché dal lato dei fili, (una volta spellati sono molto sottili), si consiglia una spellatura di almeno 2 o 3 cm, per poi ripiegare due o tre volte il rame su se stesso per inspessirne la parte che sarà stretta dalla rispettiva vite. Non avvitare il rame insieme ai terminali dei componenti. Dal lato dei componenti, siccome i terminali sono piuttosto rigidi, si corre il rischio che una vite stringa il più spesso, lasciando allentati i rimanenti. Si consiglia di guardare bene come si comporta ciascuna vite. In particolare, conviene collegare prima i fili dal loro lato, quindi i tre catodi dei LED/IRED, ignorando la posizione degli anodi e, quando i catodi sono ben stretti, muovere delicatamente i tre diodi in modo da inserire gli anodi nelle posizioni corrette, insieme ai terminali dei resistori. I rimanenti tre terminali dei resistori possono essere intrecciati insieme, dato che sono più flessibili di quelli dei diodi, per poi essere inseriti nel morsetto della morsettiera;
- contatti indesiderati: prestare attenzione che i terminali non afferenti allo stesso morsetto, non entrino in contatto fra loro.

Utilizzo del gadget

Uno degli aspetti "piacevoli" dei LED/IRED è quello di avere emettitori della stessa forma e (quasi) dello stesso colore che emettono a lunghezze d'onda diverse.

luce visibile e raggi infrarossi: dei tre emettitori solo uno sembra acceso, ma la radiazione è emessa da tutti;

rivelazione dei raggi infrarossi: fotocamere, videocamere, fotoresistenze, esposimetri ecc, possono essere avvicinati alle tre sorgenti per confrontare le risposte. In alcuni casi potrebbe essere utile accendere un emettitore alla volta;

confini della luce visibile: abbagliati dal LED rosso i nostri occhi non vedono la debole luce emessa dal IRED che emette a 850 nm. Se si spegne solo il LED e si osserva il dispositivo al buio, si vede una debole luce rossa dall'emettitore a 850 nm, non si vede nulla dall'emettitore a 950 nm. L'intensità percepita è bassissima, se paragonata a quella del LED, considerando che le intensità radianti sono approssimativamente uguali per tutti gli emettitori. Questo semplice esperimento fa comprendere l'importanza delle grandezze fotometriche.

Riproducibilità e costi

Tutti i componenti usati sono facilmente reperibili in negozi di componentistica elettronica. Il mercato online offre in genere maggiori possibilità di scelta ed è più probabile disporre dei data-sheet degli emettitori. Il costo del materiale di ogni esemplare è stato di circa 1 €.

L'uso delle grandezze fotometriche nella realizzazione del gadget

La realizzazione di questo gadget ha richiesto l'impiego delle grandezze fotometriche per ottenere l'intensità radiante del LED; infatti, i costruttori dei LED forniscono l'intensità luminosa espressa in candele dei loro dispositivi, riferiti alla direzione ottimale che, nel caso della forma dell'emettitore fornito, coincide con l'asse di simmetria, "di fronte" al LED. Se l'emissione del dispositivo fosse monocromatica, allora sarebbe possibile risalire all'intensità radiante nell'angolo solido unitario facilmente, impiegando la curva dell'efficienza luminosa in visione fotopica $f(\lambda)$, che permette di convertire ad una lunghezza d'onda specifica, i lumen in watt e viceversa (<http://donklipstein.com/photopic.html>). Siccome l'intensità luminosa J in candele è ottenuta dal flusso luminoso nell'angolo solido unitario ($1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$), l'intensità radiante I_e nell'angolo solido sarebbe data da $I_e = J / f(\lambda)$. In particolare, il LED L-7113C alimentato con 20 mA fornisce un'intensità $J = 0,4 \text{ cd}$. Se l'emissione fosse concentrata sulla lunghezza d'onda di picco di 625 nm, si avrebbe $f(625 \text{ nm}) = 219 \text{ lm/W} = 219 \text{ cd/(W/sr)}$, da cui si otterrebbe $I_e = 0,4/219 = 1,8 \text{ mW/sr}$. Siccome l'emissione non è monocromatica, bisogna considerare lo spettro di emissione del LED, di cui il costruttore fornisce solo il grafico della densità spettrale (in funzione della lunghezza d'onda), normalizzata alla lunghezza d'onda di picco. "De-normalizzando" il grafico conoscendo l'intensità luminosa emessa è stato possibile, tramite procedure di integrazione grafica, risalire a I_e . Dettagli saranno forniti in occasione della pubblicazione degli atti del Congresso. Per approfondimenti sulle grandezze radiometriche e fotometriche si rimanda all'Appendice 5 del testo *E. Fabri, U Penco, "Optica nel Mondo Reale"*, consultabile online all'url: <http://www.lanaturadellecose.it/files/documenti/otticafabri/aql0110.pdf>